

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA DE HARINA DE TRIGO
(*Triticum vulgare*) Y AMARANTO (*Amaranthus dubius*) EN DIFERENTES
PROPORCIONES, PARA LA ELABORACION DE UN ALIMENTO TIPO
PAN.**

REALIZADO POR:

**JULIO ALEJANDRO
PEREZ SILVA**

**LAURA GABRIELA
CHENG MARÍN**

Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente como
requisito parcial para optar al título de:

INGENIERO QUÍMICO

Barcelona, Marzo de 2013

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA DE HARINA DE TRIGO
(*Triticum vulgare*) Y AMARANTO (*Amaranthus dubius*) EN DIFERENTES
PROPORCIONES, PARA LA ELABORACION DE UN ALIMENTO TIPO
PAN.**

ASESOR

Ing. Quím Justa Rodríguez (M.Sc.)
Asesor Académico

Barcelona, Marzo de 2013

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA DE HARINA DE TRIGO
(*Triticum vulgare*) Y AMARANTO (*Amaranthus dubius*) EN DIFERENTES
PROPORCIONES, PARA LA ELABORACION DE UN ALIMENTO TIPO
PAN.**

JURADOS

Ing. Quím. Justa Rodríguez (M.Sc.)
Asesor Académico

Ing. Quím. Lucas Alvarez (Ph.D.)
Jurado Principal

Lic. Rafael Alemán
Jurado Principal

Barcelona, Marzo de 2013

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajo de grado:

“Los trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedicamos primeramente a nuestros padres, familiares, amigos y profesores quienes estuvieron a nuestro lado guiándonos y manteniéndonos firmes por sobre todas las cosas para alcanzar esta meta.

Julio Alejandro y Laura Gabriela.

AGRADECIMIENTO

Al llegar a este punto en el cual finalizó una etapa para abrir otra nueva, me doy cuenta que la cantidad de personas a las cuales debo agradecer infinitamente por haber estado allí, apoyándome creyendo en mí, en que todo terminaría y bien. Es por esto que debo hacer especial mención a cada una de las personas que formo parte de mi formación como estudiante, como persona, como individuo, porque al final de cuentas no solo obtengo el título de ingeniero químico, sino que obtengo un cerro de enseñanzas desde la humildad hasta la perseverancia por alcanzar lo que se quiere.

Antes que nada a mi mamá, una mujer que me dio lo mejor de sí para poder alcanzar esto, una mujer que luchó día a día y con mucha esfuerzo por hacernos a mi hermano y a mi mejores personas, que no desistiéramos, una mujer que es un ejemplo de sacrificio, gracias mamá por tu dedicación, gracias mamá por tus ejemplos, gracias mamá por tus regaños. Te amo muchísimo.

A mi abuela quien es mi segunda madre, ya que con mucho cariño me enseñó a comprender y aceptar, a no quedarme estancados, a despertar todas las mañanas para cumplir con las labores diarias que nos pone la vida, a luchar hasta con los dientes por lo que defendemos. Gracias abuela por tu comprensión y por ser mi cómplice siempre. Siempre te voy a amar.

A mi tía, mi tercera madre quien con disciplina, carácter, sentido del humor y amor me enseñó los valores que deben imperar todos los días de mi vida, una mujer que me enseñó lo que es ganarse las cosas a pulso, convirtiéndose en uno de mis grandes ejemplos a seguir. Te amo por ser quien eres.

A mi hermano Ernesto, quien es la persona que más admiro, me enseñó que para lograr los objetivos no hay que llevarse a nadie por el medio, hay que hacerlo junto con esas personas que están en el medio, me enseñó que todo siempre tiene una recompensa, me enseñó a ser constante, me enseñó la fuerza del trabajo, me enseñó a ser humilde, me enseñó a vivir un mejor estilo de mi vida, me apoyó en cada una de mis decisiones, me apoyó durante cada uno de los días en la UDO. Gracias teto por ser quien eres y por estar siempre ahí para mí. Te amo con más que el corazón.

A mi papá por ser quien es y por poder contigo cuando lo necesitaba, eres y fuiste un gran apoyo para culminar esta etapa de mi vida. Te amo papá.

A mi tía Alicia quien siempre confió en mí, que gracias a ella comenzó mi amor por la universidad. Gracias por siempre dar lo mejor de ti para mí. A mis primas Susan, Gabriela, Ángela y María por hacer de mis días, días más alegres y llenos de familiaridad. A mi tío Ramón por siempre estar pendiente y por todo el cariño depositado.

Un especial agradecimiento a mi gran amigo Javier García, quien es uno de los grandes pilares en mi vida, a través de su experiencia y enseñanzas logré culminar esta etapa, logré aprender muchísimo, me enseñó a callar cuando hay que callar, a pelear cuando hay que pelear, a nunca dejar a un lado nuestros sueños y metas, me mostró que el camino se hace al andar, que si el viento está en contra tenemos dos piernas para seguir adelante, gracias amigo, gracias hermano por haberme enseñado y encausado en cómo vivir la etapa universitaria. Se te quiere.

A mis amigos que hicieron que la estancia en la UDO fuera mucho más llevadera, Scarlet Guerra, Laura Bónoli, Gonzalo Torres, Isabella Mallón y Leonel Requena, Carlos Hurtado, Samuel Zapata, Daniel Uso, Maylen Ferrer ya mi peor amiga Felaurys Vásquez. Los quiero muchísimo.

A la siempre amorosa profesora Justa Rodríguez, ya que con palabras de amor y con su sabiduría permitió que se llevase a cabo este proyecto.

A Albis Pérez, Jesús y todo el personal de la Escuela Latinoamericana de Molinería, quienes nos permitieron llevar a cabo las pruebas farinográficas y fisicoquímicas en su sede, regalándonos su tiempo y experiencia para completar nuestra tesis.

A todo el personal encargado del área de Postgrado en Alimentos, ya que sin ellos, la tesis nunca se hubiera podido completar. Así como también a Gladys, por permitirnos utilizar la sede del Laboratorio de Hidrocarburos junto con sus equipos.

Julio Alejandro Pérez Silva.

AGRADECIMIENTO

Hoy, lo único que puedo es agradecer a Dios y a todas las personas que me brindaron su apoyo durante todos estos años, pues no fue fácil alcanzar esta meta y jamás lo hubiese podido lograr sola.

Mami, ni te imaginas todo el mérito y reconocimiento que mereces. Simplemente sin ti este día jamás hubiese llegado. Qué forma de dar amor, apoyo y al mismo tiempo enseñanzas, estoy segura que no hay mejor madre que tu, no hay madre mas incondicional, guerrera y paciente, y por quien eres con tus hijos es que un título universitario es lo más pequeño que puedo regalarte y dedicarte, pues todo se debió a ti Lena te amo.

Papi, mi gordito tierno, trabajador incansable y perseverante, me demostraste que con humildad todo se puede alcanzar, te amo mi súper héroe.

Mis hermanos: Denis José y Marylib, los mejores hermanos, gracias mano por tanta paciencia y amor, por tus sacrificios pensando siempre en mi antes que en ti mismo, se me quedan cortas las palabras para expresarte tanto agradecimiento durante la carrera y mi vida en general simplemente sin palabras, te amo inmensamente, fuerza y compromiso para que pronto seamos colegas. Mary mi gordita, gracias a ti también por ayudarme a resolver siempre mis problemas con una sonrisa y a pasar los tragos amarga riéndonos, te amo.

Mis abuelitos: Maritza y Liberato, mis ángeles uno en el cielo y otro en la tierra, mis segundos padres, mis protectores. Gracias por nunca abandonarnos. Los amo con el alma.

Juan Nicolás, gracias por tu amor, protección, por ayudarme a ser mejor persona y siempre hacerme recapacitar de mis errores. Además por

compartir este momento tan importante en mi vida brindándome tu apoyo incondicional, te amo.

Estefanía, hermana, has sido un pilar para mi toda mi vida, eres lo máximo, parte muy importante de mí, te adoro miwi.

Gracias a la dedicada Profesora Justa Rodríguez, excelente persona y profesional, la mejor guía con la que pudimos contar en este trayecto.

Gracias a todo el personal de la Universidad de Oriente y ESLAMO, que prestaron su ayuda para alcanzar cada etapa de este proyecto.

Laura Gabriela ChengMarín.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación está basado en el estudio de la presencia del producto pulverulento del follaje de amaranto (*Amaranthus dubius*) en los atributos de la harina de trigo para panificación. Para ello se produjo primeramente el producto pulverulento de amaranto; esto se logró empleándose un secador de bandeja a 60°C durante cuatro horas y luego se procedió a llevar a molienda para obtener el producto fino. Una vez obtenido dicho producto fino se mezcló en diferentes proporciones junto con harina de trigo especial para panificación, a fin de obtener mezclas con un 30 y 40% de amaranto. Una vez realizadas las mezclas se evaluaron los porcentajes de humedad, cenizas, proteínas, fibra cruda, grasas y carbohidratos, así como también en el amaranto puro. A su vez se evaluó el perfil farinográfico de las mezclas trigo-amaranto, el pH y la acidez en base al ácido sulfúrico. Una vez alcanzados los resultados se compararon con los de la harina comercial de panificación utilizada. Por último se prepararon panes para estudiar el grado de aceptación de las mezclas de trigo y amaranto. En cuanto al análisis proximal de las mismas, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en todas las variables estudiadas (humedad, ceniza, proteína, fibra cruda y grasa), siendo mayor el contenido de las últimas cuatro en mezcla con 40% de sustitución, mientras que la mezcla con un 30% presentó mayor contenido de humedad. Todos los resultados del análisis proximal de ambas mezclas presentan diferencias significativas con respecto a la harina 100%trigo ($p < 0,05$). En cuanto al pH y el contenido de ácido sulfúrico se determinó que se encuentran por debajo del máximo permitido en la Norma COVENIN, por lo que las harinas son seguras para el consumidor. En el análisis del perfil farinográfico se observó que los valores

reportados por la harina con un 40% fueron superiores a los de la harina de trigo 100% en todos los atributos estudiados (absorción de agua, tiempo de llegada, tiempo de estabilidad e índice de tolerancia). La evaluación sensorial de los panes determinó que los panelistas mostraron preferencia ($p < 0,05$) por el sabor, olor y color del pan de trigo; en cuanto a la textura todos tuvieron igual aceptación ($p < 0,05$). Los resultados muestran que se pueden elaborar y comercializar panes que contienen producto pulverulento del follaje de amaranto, lo que permite un uso alternativo del amaranto y mejorar la calidad nutricional del pan.

CONTENIDO

RESOLUCIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	ix
RESUMEN	xi
CONTENIDO.....	xiii
LISTA DE TABLAS.....	xviii
LISTA DE FIGURAS.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	22
CAPÍTULO I	23
1.1 Planteamiento del problema	23
1.2 Objetivos	26
1.2.1 Objetivo general	26
1.2.2 Objetivos específicos.....	26
CAPITULO II.....	27
MARCO TEÓRICO.....	27
2.1 Antecedentes	27
2.2 Fundamentos teóricos	28
2.2.1 Amaranto.....	28
2.2.2 Historia del Amaranto.....	30
2.2.3 El Trigo	35

2.2.4 Producción del trigo en el mundo	37
2.2.5 El pan	39
2.2.6 Componentes Químicos de las harinas.....	43
2.2.7 Determinaciones generales de una harina para panificación	54
2.2.8 La Evaluación sensorial.....	60
CAPÍTULO III.....	65
DESARROLLO DEL PROYECTO	65
3.1 Caracterizar fisicoquímicamente el producto obtenido del follaje de amaranto.	65
3.1.1 Obtención del producto pulverulento del follaje de amaranto	65
3.1.2 Caracterización fisicoquímica del producto pulverulento del follaje de amaranto	66
3.2 Realizar la caracterización fisicoquímica de las mezclas obtenidas de harinas de trigo y de amaranto a distintas proporciones.....	69
3.2.1 Preparación de la harina compuesta.	69
3.2.2 Variables involucradas en el proceso de la elaboración de la harina compuesta.	70
3.2.3 Evaluación fisicoquímica de las harinas compuestas.....	71
3.3 Determinar el perfil farinográfico de las distintas mezclas de harinas estudiadas.	80
3.3.1 Cálculo de la cantidad de muestra utilizada	80
3.3.2 Obtención de la curva farinográfica	81
3.3.3 Medición del FallingNumber	83

3.3.4 Equipos, materia prima, materiales y sustancias implementados durante la evaluación fisicoquímica y farinográfica	83
3.4 Contrastar la calidad sensorial de los alimentos tipo panelaborados con las mezclas, en base a los atributos sabor, olor, color y textura.	86
3.4.1 Elaboración del alimento tipo pan	86
3.4.2 Evaluación sensorial del pan obtenido	87
3.5 Análisis estadístico	89
CAPÍTULO IV	90
DISCUSIÓN DE RESULTADOS,	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
4.1 Determinaciones generales de la materia prima (<i>Amaranthus dubius</i>)	90
4.1.1 Determinación del rendimiento de la hoja de Amaranto	90
4.2 Caracterización fisicoquímica del producto pulverulento del follaje de amaranto	91
4.2.1 Contenido de humedad	92
4.2.2 Contenido de cenizas	92
4.2.3 Contenido de proteínas	93
4.2.4 Contenido de fibra cruda	93
4.2.5 Contenido de grasas	93
4.2.5 Contenido de carbohidratos	94
4.3 Caracterización fisicoquímica de las mezclas farináceas trigo y amaranto	95

4.3.1 Contenido de humedad	96
4.3.2 Contenido de cenizas	96
4.3.3 Contenido de proteínas	97
4.3.4 Contenido de fibra cruda	98
4.3.5 Contenido de grasas	99
4.3.6 Contenido de carbohidratos	99
4.3.7 Calorías	100
4.3.8 pH en las harinas compuestas de trigo y amaranto	100
4.3.9 Acidez titulable de las harinas compuestas de trigo y amaranto.....	101
4.4 Comparación de la calidad nutricional de las distintas harinas con respecto a la harina de trigo 100%.....	103
4.4.1 Humedad.....	103
4.4.2 Cenizas	104
4.4.3 Proteínas	105
4.4.4 Fibra cruda	107
4.4.5 Grasas.....	107
4.4.6 Carbohidratos.....	108
4.5 Estudio del perfil farinográfico en las diferentes formulaciones obtenidas.....	110
4.5.1 Absorción de agua	111
4.5.2 Tiempo de desarrollo, tiempo de estabilidad e índice de tolerancia	112

4.6 Evaluación sensorial de los panes preparados con las diferentes formulaciones de harinas	116
4.6.1 Sabor.....	117
4.6.2 Olor.....	117
4.6.3 Color.....	118
4.6.4 Textura	118
4.7 Conclusiones	119
4.8 Recomendaciones	120
BIBLIOGRAFÍA.....	122
Anexos	130
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:	145

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1 Masas medidas para el cálculo del porcentaje de rendimiento del producto pulverulento del follaje de amaranto.....	69
Tabla 3.2 Terminología de identificación de las muestras, de acuerdo con la relación porcentual de las harinas de trigo y amaranto.	70
Tabla 3.9. Ingredientes utilizados para la elaboración de los panes de harina compuesta y el pan control.	86
Tabla 4.1 Porcentaje de rendimiento de la hoja de amaranto	91
Tabla 4.2 Composición fisicoquímica en base seca del producto pulverizado del follaje de amaranto	91
Tabla 4.2 Continuación.....	92
Tabla 4.3 Composición fisicoquímica de las harinas compuestas en base seca	95
Tabla 4.4 Valores de pH de las harinas compuestas medidos con el pHmetro	101
Tabla 4.5 Porcentaje de la acidez titulable, expresada en ácido sulfúrico, a las formulaciones de harina compuesta.	102
Tabla 4.6 Composición fisicoquímica de la harina de panificación, marca Polar® (Fuente: MONACA).....	103
Tabla 4.7 Pesos de harina y agua a utilizar en cada ensayo farinográfico.	110
Tabla 4.8 Resultados farinográficos obtenidos para cada formulación.	111

Tabla 4.9 Medidas obtenidas del análisis sensorial de los panes
realizados con las diferentes harinas..... 116

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Cultivo de amaranto (FAO, 2011).....	29
Figura 2.2 Quenopodios y amarantos dibujados por Sahagun (Codice Florentino. De las yerbas que se comen, 1570).....	32
Figura 2.3 Amaranthus dubius (FAO, 2011).....	35
Figura 2.4 Distribución de la producción de trigo en el mundo (Fuente: UNICEF 2007).....	38
Figura 3.1 Esquema seguido para la obtención del producto pulverulento del follaje del amaranto.	66
Figura 3.2 Procedimiento experimental para la elaboración de los panes.	88
Figura 3.3 Formato de la prueba hedónica de nueve puntos realizada en el análisis sensorial de los panes.....	88
Figura 4.1 Distribución porcentual de los componentes fisicoquímicos en el producto pulverulento del amaranto.....	95
Figura 4.2 Distribución de los componentes fisicoquímicos en la harina con una formulación de 70% trigo y 30% amaranto.....	102
Figura 4.3 Distribución de los componentes fisicoquímicos en la harina con una formulación 60% trigo 40% amaranto	102
Figura 4.4 Grafico del porcentaje de humedad vs porcentaje de amaranto presente en las distintas muestras de harinas para panificación.	105
Figura 4.5 Grafico del porcentaje de cenizas vs porcentaje de amaranto presente en las distintas muestras de harinas para panificación.....	105

Figura 4.7 Grafico del porcentaje de proteínas vs porcentaje de amaranto presente en las distintas muestras de harinas para panificación	106
Figura 4.6 Grafico del porcentaje de fibra cruda vs porcentaje de amaranto presente en las distintas muestras de harinas para panificación.	108
Figura 4.8 Grafico del porcentaje de grasas vs porcentaje de amaranto presente en las distintas muestras de harinas para panificación.	108
Figura 4.9 Grafico del porcentaje de carbohidratos vs porcentaje de amaranto presente en las distintas muestras de harinas para panificación.	109
Figura 4.10. Farinograma tipo de una harina optima para panificación (Fuente: AACC)	112
Figura 4.11 Farinograma de la harina de panificación con 30% de sustitución con producto pulverulento del follaje de amaranto.....	115
Figura 4.12 Farinograma de la harina de panificación con 40% de sustitución con producto pulverulento del follaje de amaranto.....	115
Figura 4.13 Evaluación sensorial de los panes	117

INTRODUCCIÓN

El amaranto forma parte de los nuevos cultivos en estudio por la mayoría de las naciones, a pesar de que el objeto de estudio se ha enfocado al grano, la hoja también presenta gran viabilidad como producto alimentario. La combinación de la harina de trigo junto al follaje de amaranto resultaría una mezcla promisoriosa, ya que este último posee una gran cantidad de proteínas que no posee la harina de trigo, estableciéndose un complemento entre ambas.

Por poseer Venezuela las condiciones idóneas para el cultivo de amaranto, y en base a lo expuesto, se ha decidido estudiar el comportamiento de este pseudocereal como sustituto parcial de la harina de trigo en el proceso de panificación, ya que con ello se lograría una reducción importante en la ingesta de dicha harina en la dieta del venezolano, y en consecuencia una disminución económica significativa en las importaciones de este producto. Para ello se estudiará el contenido de proteínas, carbohidratos, lípidos y fibra en harinas elaboradas con un 30% y 40% de reemplazo, para luego estudiar la aceptación lograrían de panes que presenten dicha sustitución.

CAPÍTULO I

1.1 Planteamiento del problema

Para poder hablar de seguridad alimentaria a largo plazo es necesario redoblar los esfuerzos en todos los niveles. Desde nuevas técnicas de cultivo, hasta cultivos emergentes que permitan el desarrollo de nuevos productos alimenticios, para así con esto, poder batallar las posibles crisis alimentarias a futuro. El alto precio de los alimentos y la desaceleración económica sufrida por muchos países ha empujado a alrededor de 115 millones de personas hacia la pobreza y el hambre. En 2009, el número total de personas hambrientas en el mundo alcanzó el millar de personas.

De acuerdo con los nuevos datos mundiales sobre el hambre, dicha cifra ha descendido a 925 millones de personas; sin embargo, la fuerte subida del precio de los alimentos experimentada recientemente, se refleja en un nuevo aumento en esta cifra (UNICEF en línea, 2011). A mediados del 2008 el índice de precios internacionales de alimentos alcanzó su nivel máximo en 30 años, en este momento se activaron las alertas internacionales, que permitieron disminuir en varios puntos este valor.

En diciembre de 2010, el índice de la FAO para los precios de los alimentos alcanzó de nuevo su máximo de 2008. En marzo del 2011, el índice ha bajado por vez primera tras ocho meses seguidos de incrementos. Los precios de los alimentos permanecieron prácticamente sin cambios en abril del 2011 (FAO en línea, 2011). De julio a septiembre de 2010, el trigo aumentó de un 60 a un 80% en respuesta a las pérdidas de cultivos provocadas por la sequía en Rusia y la posterior prohibición de las exportaciones de la Federación Rusa. Además, los precios del arroz y del maíz también subieron durante este período.

La dependencia del trigo por parte de la población venezolana es alta y supera al consumo de arroz y al de harina precocida de maíz. A su vez se encuentra como el tercer mayor consumo percapita del mundo (Instituto Nacional de Nutrición, 2009). Todo este trigo consumido en el país debe ser importado, ya que en Venezuela el cultivo del mismo no es factible debido al tipo de clima que posee.

En base al alto índice de consumo de trigo por parte de la población venezolana y al aumento excesivo en su precio es imposible hablar de soberanía alimentaria, ya que dependemos de cultivos foráneos y a los precios que otros países le impongan a dicho producto. Es indispensable, entonces, pensar en nuevas técnicas de cultivo, y desarrollo de productos alimenticios locales que permitan una disminución en el número de dichas importaciones, manteniendo un nivel nutricional equivalente al del trigo.

Las harinas compuestas representan en la actualidad una opción viable para satisfacer la crisis mundial del hambre. En Venezuela se han logrado grandes avances en el estudio de estas harinas, sustituyendo los cultivos tradicionales de la dieta, por nuevos cultivos en forma de complemento. La no continuidad o divulgación de los mismos es el mayor problema que afrontan este tipo de estudios, ya que si la población tomara conciencia de cuan beneficiosos estos resultan, como alternativa económica y nutricional de los cultivos foráneos, se tendría en la actualidad nuevos y mejores alimentos dentro de la canasta básica del venezolano.

El cultivo de *Amaranthus dubius* está considerado como uno de los más promisorios del mundo, debido a su alto índice proteico, fácil cultivo y manejo; a su vez está seleccionado como el mejor alimento de origen vegetal para consumo humano (Instituto Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, 1975). El amaranto, o pira como también es conocido, representa una excelente, sino la mejor alternativa para complementar el cultivo de trigo,

soya, maíz, entre otros, debido a su alto contenido de proteínas 29,75% (Bónolli, 2010), y condiciones favorables de cultivo en el país.

La combinación de la harina de trigo junto al follaje de amaranto resultaría una mezcla promisoriosa, ya que este último posee una gran cantidad de proteínas que no posee la harina de trigo, estableciéndose un complemento entre ambas. A su vez la harina de trigo, por su alto contenido de glutamina, no es factible su consumo por una cantidad importante de la población, donde destacan los diabéticos. (Kuhn, Sthele, Furst. 1996).

Por poseer Venezuela las condiciones idóneas para el cultivo de amaranto, y en base a lo expuesto, se ha decidido estudiar el comportamiento de este pseudocereal como sustituto parcial de la harina de trigo en el proceso de panificación, ya que con ello se lograría una reducción importante en la ingesta de dicha harina en la dieta del venezolano, y en consecuencia una disminución económica significativa en las importaciones de este producto. Para ello se estudiará el contenido de proteínas, carbohidratos, lípidos y fibra en harinas elaboradas con un 30% y 40% de reemplazo, para luego estudiar la aceptación lograrían de panes que presenten dicha sustitución.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento de una mezcla de harinas de trigo (*Triticum vulgare*) y amaranto (*Amaranthus dubius*) en diferentes proporciones, para la elaboración de un alimento tipo pan.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar fisicoquímicamente el producto obtenido del follaje de amaranto.
2. Realizar la caracterización fisicoquímica de las mezclas obtenidas de harinas de trigo y de amaranto a distintas proporciones
3. Comparar la calidad nutricional de las mezclas ensayadas con la de harina de trigo al 100%.
4. Determinar el perfil farinográfico de las distintas mezclas de harinas estudiadas.
5. Contrastar la calidad sensorial de los alimentos tipo pan elaborados con las mezclas, en base a los atributos sabor, olor, color y textura.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Bónolli (2010), estudió el proceso para la extracción de las proteínas totales del follaje del Amaranto. Para esto tuvo que conocer la cantidad de proteínas presentes en el follaje de la planta, el cual estuvo cercano al 29% en base seca para las muestras de harinas estudiadas.

Acevedo, García, Acevedo, y Perdomo. (2007), realizaron una evaluación nutricional en las hojas, tallos e inflorescencia de tres variedades de amaranto del Municipio Moran (Estado Lara). Los resultados obtenidos reflejaron un porcentaje de proteína cruda cercano al 18%.

Gonzales, Dyner, Drago, Piñeiro, Sánchez, Valencia y Villasmil (2007), evaluaron la composición y el aporte potencial de hierro, calcio y zinc en fideos elaborados con harina de trigo y amaranto. Concluyendo que la formulación de los productos mezcla mejoró significativamente el contenido de minerales, lípidos y fibra dietaria total respecto de los productos 100% trigo.

Por su parte, Martin, Reinaudi y Tassone (2005) llevaron a cabo una evaluación sensorial para olor, textura, sabor y color en diversos platillos, en los cuales se empleó amaranto en diversas presentaciones. Los resultados de la prueba arrojaron un buen grado de aceptación, por encima del 80% en cada uno de los parámetros evaluados.

Monasterios, (2001) estudió la complementación de la harina de maíz con harina de frijol en la preparación de un alimento tipo tortilla. Los

resultados arrojaron una mejora en la calidad proteica, así como una mayor cantidad de proteínas presentes en el alimento producido.

A diferencia de los trabajos anteriormente descritos, los cuales se abocaron al estudio del mejoramiento proteico a través de harina de las semillas de amaranto o harina de frijol, la presente investigación se basa en el empleo de harina del follaje de amaranto para la producción de pan. Por esto se ha contado como base el trabajo de Bónolli (Evaluación del proceso para extraer proteínas totales del follaje del amaranto), ya que se demostró que en el follaje existe una cantidad importante de proteínas. Esto con la finalidad de utilizar un cultivo nacional que permita reemplazar, en cierta medida a un cultivo foráneo como lo es el trigo, dicha iniciativa permitirá aprovechar todas las proteínas presentes en el follaje del amaranto y emplearlas en un alimento tan demandado en el país como lo es el pan.

2.2 Fundamentos teóricos

2.2.1 Amaranto

El amaranto es una planta considerada tanto un pseudocereal (inflorescencia), así como un vegetal (sus hojas); forma parte de los cultivos de crecimiento anual. Es una planta herbácea que es capaz de alcanzar 1,5 metros de altura, con hojas de pecíolo largo, oblongo-elípticas u ovals, angostadas en ambos extremos y de color que va del verde al rojo o morado. Las flores son pequeñas de color carmesí, naranja, púrpura, amarillo o verde, dependiendo de la especie, y se presentan en espigas muy apretadas o panículas, que van de totalmente erectas hasta decumbentes (caídos). Las flores son escariosas, es decir sin corola y presentan 5 estambres. Las semillas son lenticulares o globosas, con bastante endospermo, cuyo color va del negro al blanco (Bonolli, 2009)



Figura 2.1. Cultivo de amaranto (FAO, 2011)

La palabra amaranto significa inmarcesible, que no se marchita; y viene del griego *Amarantón*, de *a* (sin) y *marainein* (marchitar, palidecer). Los indígenas de Suramérica lo llamaban *huautli* o *huauquilitl*, y los europeos lo denominaron bledo.

La Asociación Mexicana de Amaranto recopiló en 2003 los nombres más usados para el amaranto en países latinoamericanos, los cuales son:

- Coime, ataco, aroma, coimi, cuimi o millmi, en Bolivia.
- Amaranto, bledo blanco o abanico, en Colombia.
- Amaranto, ataco, quinua negra o sangoroche, en Ecuador.
- Kiwicha, en Argentina.
- Hierba Caracas, pira o amaranto, en Venezuela.

Desde el punto de vista agronómico, el amaranto es un cultivo que prospera en regiones temporales de baja precipitación donde los

cultivos básicos tienen poco éxito. Es muy resistente a la sequía y al calor y requiere menos cantidad de agua. Es un cultivo fácil de establecer y crece vigorosamente, adaptándose a nuevos medios. Lo anterior hace del amaranto una excelente alternativa para la agricultura y para subsanar los problemas nutricionales en los países en desarrollo. Sin embargo, el amaranto como un cultivo marginado presenta ciertas limitaciones, ya que no ha recibido los beneficios del trabajo del fitomejorador. Los problemas principales que presenta el cultivo son: obtención de una baja producción, las plantas presentan acame, los frutos son dehiscentes y la cosecha de la semilla involucra mucha dificultad debido al tamaño tan pequeño que tienen. En este sentido, es necesario desarrollar más investigación en el futuro, con el objeto de poder resolver estas limitaciones, de tal manera que el amaranto llegue a expresar su enorme potencial como un cultivo alternativo. (Acevedo, 2007)

En Venezuela, una de las especies de amaranto más abundantes es el *Amaranthus dubius* (bledo o pira) la cual puede medir hasta un metro de altura. Sus hojas son ligeramente pecioladas y sus flores son verdes o blancuzcas, agrupadas en espigas terminales de 10 a 25 cm. Otras especies de amaranto presentes en Venezuela son: *Amaranthus viridis* o pira blanca y *Amaranthus spinosus* o pira brava. Aún cuando existen otras plantas en Venezuela que reciben el nombre de pira, tales como pira de puerco o pira de guacharaca, éstas no pertenecen a la familia Amaranthacea (Galindo, 2001)

2.2.2 Historia del Amaranto

Desde tiempos muy antiguos, el cultivo de amaranto ha formado parte de los cultivos básicos de América, logrando persistir hasta la fecha como parte de la agricultura tradicional en México, Bolivia y Perú.

En México existe una amplia tradición sobre el amaranto; desde tiempos precolombinos era muy utilizado y ha venido formando parte de

policultivos, junto con el maíz y el frijol. Sin embargo después de la conquista su cultivo se vio muy reducido, perdiéndose una buena cantidad de la variabilidad genética existente.

Evidencias arqueológicas muestran que México es uno de los centros de origen y domesticación del amaranto. Diversos autores han realizado estudios sobre las relaciones filogenéticas de las especies cultivadas y sus posibles ancestros. Siendo México el centro de diversidad y domesticación más importante, lo más probable es que los ancestros de las plantas cultivadas se encuentren en este lugar.

Evidencias históricas muestran que el término huautli ha sido aplicado de manera indistinta tanto a algunos quenopodios (*Chenopodium* spp.) como a los amarantos. Las mejores evidencias acerca de la identidad del huautli en la literatura son los dibujos del siglo XVI. Los dibujos de Sahagún (1570) demuestran claramente que se aplicaba el nombre de huautli a más de una planta. Algunos de los dibujos presentan hojas enteras que parecen ser amarantos, en tanto otros con hojas dentadas que parecen quenopodios.

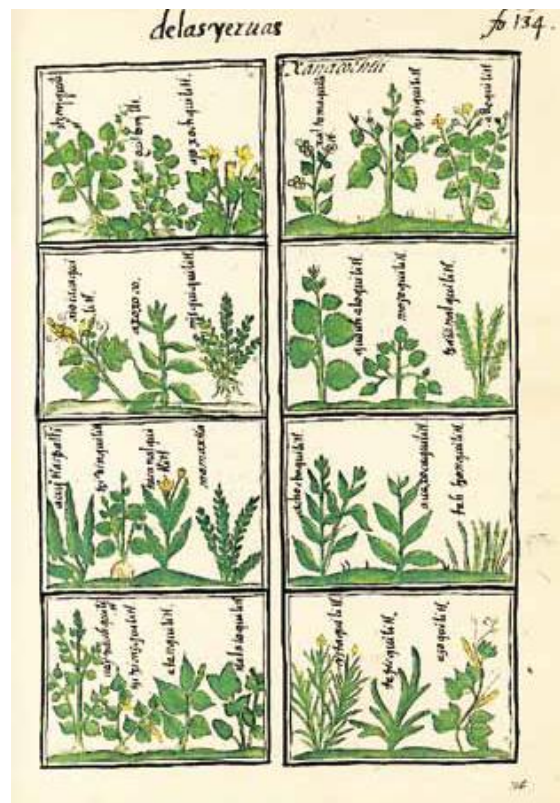


Figura 2.2 Quenopodios y amarantos dibujados por Sahagun(Codice Florentino. De las yerbas que se comen, 1570)

Hernández (1575) realizó una ilustración que se asemeja a un quenopodio, pero en el texto hace referencia que considera el término huautli, como un nombre que se utilizó para determinar a distintas plantas, algunas de las cuales usaban como granos, otras como verduras y finalmente, otras se consideraban malezas.

Los mismos indios probablemente usaban el nombre huautli para una gran variedad de plantas. Algunos de los nombres compuestos deben haber estado restringidos especies particulares. Por ejemplo el tiapalhuautli (huautli rojo) debe de haberse aplicado a un amaranto con hojas rojas o a un quenopodio con semillas rojas. Por otra parte, tanto en el pasado como en el presente se han usado términos específicos para el color de las semillas. Así que los términos de michihuautli (huautli

pescado) y tezcahuautli (huautli espejo), probablemente se referían a las semillas pálidas y oscuras respectivamente (Galindo, 2001).

En la cultura azteca el principal tributo que rendían las 17 provincias regidas por el imperio de Moctezuma II eran los amarantos de grano, enviaban a la Gran Tenochtitlán más de 20.000 toneladas de grano de amaranto, lo que sugiere que fue un elemento de gran valor comercial. Además de ser un cultivo básico, los granos de amaranto eran utilizados en rituales ceremoniales y religiosos, ya que era considerado un símbolo de la inmortalidad. Estudios arqueológicos demuestran que sus granos eran mezclados con miel y sangre humana para formar el tzoalli, una pasta con la cual elaboraban estatuillas de sus dioses para luego ser ingeridas durante sus rituales sagrados.

En 1577, la Corona Española aplicó un cuestionario entre la población con el objeto de conocer cuáles eran los cultivos más importantes en cada pueblo. Las respuestas indicaron que el amaranto era uno de los cultivos más importantes. Un cuestionario muy similar aplicado en 1890 por el Gobierno de México demostró una total desaparición del cultivo. Al parecer, el uso del amaranto en rituales religiosos muy parecidos a la comunión cristiana provocó su censura por parte de los conquistadores españoles, quienes no estaban de acuerdo con los mismos, causando así que el cultivo fuera abandonado durante el periodo de la conquista. Sin embargo, no existen evidencias que demuestren dicha teoría, pero se especula que al ser prohibidos los rituales, al ser considerados paganos, esta prohibición se consideró extensiva al cultivo.

Las primeras plantas de amaranto introducidas en Europa fueron utilizadas de forma ornamental durante la época colonial y muchos de los especímenes introducidos al comienzo solo produjeron semillas negras. Posteriormente, en un herbario de plantas del siglo XVI crecidas en Alemania, se encontró un ejemplar de *A. hypochondriacus* con semillas blancas.

En Asia, los registros más antiguos se encuentran en Sri Lanka y en la India, y datan del siglo XVIII. Se piensa que en esto tuvieron que ver los holandeses, quienes obtuvieron las semillas por parte de los españoles y las introdujeron en Ceilán. Durante la primera mitad del siglo XIX el cultivo se diseminó a través de la planicie de Deccan y en la Cordillera del Himalaya, así como en Siberia.

Desde hace unos años el uso del amaranto como verdura ha despertado un gran interés en los países tropicales. Aunque esta forma de uso se ha llevado a cabo desde hace más de 2000 años y continúan en la actualidad como un cultivo importante.

En México e India se consumen diversos tipos de amaranto como verduras. Generalmente son malezas, arvenses o ruderales. Las especies no cultivadas son de menor tamaño que las productoras de grano, presentan flores y frutos más pequeños y semillas de color oscuro. En muchas ocasiones, han sido consideradas erróneamente como plantas silvestres. No obstante, una observación meticulosa muestra que son hierbas del tipo maleza, adaptadas para sobrevivir en hábitats perturbados por el hombre (pueden crecer incluso al lado de los postes eléctricos). Lo que se traduce en que sin la constante interacción del hombre a través de miles de años, estas formas no estarían presentes en cantidades suficientes para ser un recurso alimentario.

En la actualidad, el amaranto se consume en países como México y Perú, tradicionalmente en forma de dulces denominados “alegría” y otras preparaciones. Su cultivo ha sido retomado e intensificado gracias a los descubrimientos realizados sobre sus propiedades altamente nutritivas para el humano. Aparte de producirse en países en donde su cultivo es tradicional, como México, Perú o Bolivia, también ha comenzado a cultivarse en otros países como China, Estados Unidos o la India.

En la actualidad, este cultivo ha permanecido como un vestigio y sólo ha persistido entre algunos grupos indígenas de la Sierra Madre Occidental, en Oaxaca, Tlaxcala, Morelia y pueblos cercanos a la ciudad

de México. En muchas de estas regiones, el uso ceremonial de estas plantas ha sido incorporado dentro del ritual católico (Asociación Mexicana de Amaranto, 2003)



Figura 2.3 *Amaranthus dubius* (FAO, 2011)

2.2.3 El Trigo

Trigo (*Triticum* spp) es el término que designa al conjunto de cereales, tanto cultivados como silvestres, que pertenecen al género *Triticum*. Todos ellos son plantas anuales de la familia de las gramíneas, y su cultivo se ha extendido por todo el mundo. La palabra «trigo» proviene del vocablo latino *triticum*, que significa 'quebrado', 'triturado' o 'trillado', haciendo referencia a la actividad que se debe realizar para separar el grano de trigo de la cascarilla que lo recubre. Con el término trigo se designa tanto a la planta como a sus semillas comestibles, tal y como ocurre con los nombres de otros cereales. El trigo es uno de los tres cereales más cultivados globalmente, junto al maíz y el arroz, y el más consumido por el hombre en la civilización occidental desde la

Antigüedad. El trigo se cultiva preferentemente para ser destinado al consumo humano, y en menor cantidad para piensos. El grano del trigo se utiliza para hacer harina, harina integral, sémola y malta, así como una gran variedad de productos alimenticios derivados de estos, como pan, galletas, cerveza, whisky, pasta, cereales de desayuno, aperitivos, etc. En Europa, el trigo fue la principal fuente de almidón para la fabricación de papel y cartón, hasta que se introdujo el cultivo del maíz.

El trigo posee una raíz fasciculada, es decir, con numerosas ramificaciones, las cuales alcanzan en su mayoría una profundidad de 25 cm, llegando algunas de ellas hasta un metro de profundidad. El tallo del trigo es una caña hueca, poco ramificada, con seis nudos que se alargan hacia la parte superior, alcanzando entre 0,5 a 2 metros de altura, es poco ramificado. Las hojas del trigo tienen una forma linear-lanceolada (alargadas, rectas y terminadas en punta) con vaina, lígula y aurículas bien definidas. La inflorescencia es una espiga compuesta por un raquis (eje escalonado) o tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas 20 a 30 espiguillas en forma alterna y laxa o compacta, llevando cada una nueve flores (la mayoría de las cuales abortan) rodeadas por gluma, glumillas, lodículos o glomélulas. El cultivo del trigo comienza con la germinación del grano. Las semillas tras un periodo de latencia, comienzan a liberar hormonas (giberelinas) en el interior del germen. Estas hormonas desencadenan la producción y activación de las enzimas que permiten que el germen se alimente de las sustancias de reserva del grano (Kasarda, 1976).

El tiempo necesario para que se produzcan los procesos de crecimiento de la planta es muy variable y depende fundamentalmente de la variedad de la semilla. Así existen variedades denominadas de ciclo corto, en las que el tiempo que transcurre entre la siembra y la recolección es de tres o cuatro meses. Mientras que en las variedades de ciclo largo este tiempo se alarga a los 7-9 meses debido a que las semillas permanecen en estado latente durante los meses de invierno. El

rendimiento de los cultivos y la calidad del trigo recolectado dependerán de múltiples factores, entre los que cabe destacar la variedad, la fertilización, la disponibilidad de agua, el control de malas hierbas y plagas y el momento de la recolección. En general el trigo es una planta que crece con temperaturas entre 3 y 33 °C, aunque las temperaturas óptimas se sitúan entre los 10 y los 25 °C. Norequiere una humedad excesiva y crece bien en zonas donde las precipitaciones anuales se sitúan entre los 375 y 800 mm. En el momento del espigado las necesidades hídricas aumentan; sin embargo, durante la maduración son preferibles condiciones más secas para facilitar el secado de los granos y evitar los fenómenos de germinación.(Hoseney, 1973)

2.2.4 Producción del trigo en el mundo

El trigo se ha cultivado desde hace miles de años. Se encontró en las pirámides de Egipto y es mencionado en la Biblia. El trigo se cultiva en todo el mundo, cubriendo una gran parte de la superficie cultivada. Sin embargo, basándose en la producción de los años 2004-2006, ocupa el tercer lugar entre los cereales, detrás del maíz y el arroz.

El trigo fue uno de los primeros granos cultivados, se localizó inicialmente en el Oriente Medio hace unos 9000 u 11.000 años. Posteriormente, 4000 años a. C., se extendió la zona geográfica de su cultivo, convirtiéndose en el alimento básico en Inglaterra y China. Sin embargo, con el paso del tiempo el arroz contribuyó más notablemente al desarrollo de la cultura asiática, mientras que el trigo constituyó la base de la alimentación en Europa y Asia Occidental; a su vez, el maíz constituía el principal alimento del continente americano. Los españoles introdujeron el trigo en México hacia el año 1520, y posteriormente lo hicieron en las demás colonias americanas. Centrándose en la evolución ocurrida en períodos más recientes, la producción de trigo en el mundo aumentó un 3,3% anual entre 1949 y 1978. Este incremento fue inicialmente debido a la expansión de las zonas de cultivo y al aumento

de los rendimientos (Triboi y Triboi-Blondel 2002). Sin embargo, desde 1960 el mayor impacto en el crecimiento de la producción del trigo lo tuvo la revolución verde que supuso la adopción de nuevas tecnologías de producción. La producción de trigo experimentó un gran cambio a partir de 1980, ralentizándose la velocidad de crecimiento del trigo a 1,5% entre 1982-1991. China mantuvo su crecimiento (2,6% anual), convirtiéndose en el mayor productor del mundo. La producción de trigo en India y Pakistán también aumentó considerablemente (3% crecimiento anual) durante dicho periodo. La producción de trigo en Rusia fue bastante errática durante el mismo periodo y su contribución al comercio mundial sufrió una caída del 16%. La producción mundial de trigo en el periodo 1995-1999 fue de 580,1 millones de toneladas anuales y se espera un aumento del 11,9% en los próximos 10 años (Álvarez, 2012).

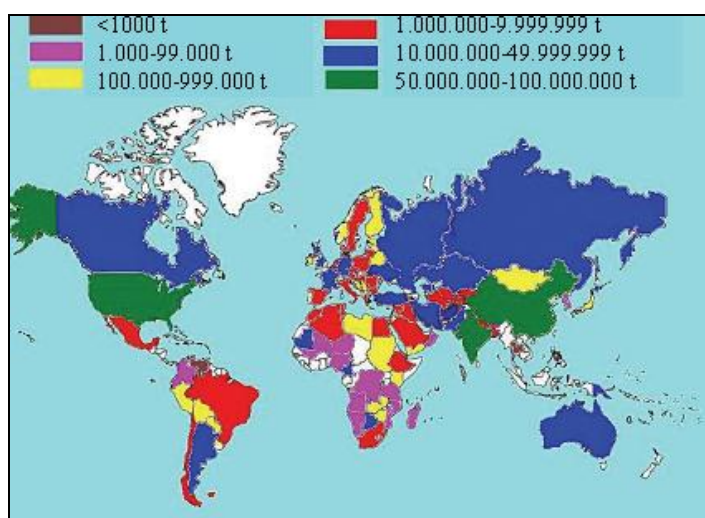


Figura 2.4 Distribución de la producción de trigo en el mundo
(Fuente: UNICEF 2007)

El consumo de trigo se sitúa alrededor de 578,5 millones de toneladas anuales y se estima un aumento de 14,4% en los próximos 10 años, superando los niveles de producción. El trigo es uno de los cultivos más abundantes en el mundo, cultivándose en 115 países. Los

principales países productores son China, Estados Unidos e India; una gran extensión de cultivo se localiza también en Rusia, Europa, Canadá, Australia y Argentina. La localización de los mayores productores se muestra en la Figura 2.4.

El trigo es uno de los principales cereales que se cultivan en Estados Unidos, considerándose como el cuarto productor a escala mundial y el primero en volumen de exportación. Los estadounidenses consumen el 36% del total de la cosecha de Estados Unidos y el 50% se destina a exportación. Respecto a Iberoamérica, destaca como país eminentemente productor Argentina, seguido de Brasil, y con una producción muy similar México y Chile. El trigo es el cereal dominante en el comercio mundial. Es fácil de transportar y almacenar, y se usa en la fabricación de una gran variedad de productos. El comercio mundial de trigo está dominado por un número bastante reducido de países, como son Estados Unidos, la Unión Europea, Canadá, Argentina y Australia. El comercio controlado por estos países representa el 80% del comercio mundial de trigo, que se situó en 108 millones de toneladas anuales durante el periodo 1995-1999.

2.2.5 El pan

2.2.5.1 Definición

Según la norma venezolana vigente COVENIN, pan, sin otro calificativo, designa el producto de consistencia esponjosa resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por la adición de levaduras activas. A su vez se puede definir a un pan especial a aquel que se le ha añadido la harina de uno o más cereales, tubérculos y leguminosas, los cuales pueden ser:

- Pan integral (con harina integral)

- Pan con grañones (integral con grañones)
- Pan con salvado (con salvado añadido)
- Pan de Viena (con azúcar y/o leche)
- Pan enriquecido (con harinas enriquecidas)
- Pan de otro cereal (con harina de trigo y harina de otros cereales)

2.2.5.3 Formulación y Justificación de ingredientes

Hay diversos factores que determinan la formulación de un producto de panadería y que se deben tener en cuenta a la hora de formular; por ejemplo la identidad del propio producto, la legislación vigente, el proceso de producción, etc. Esto hace que no exista una metodología universal de formulación, sino que esta va a depender de numerosas variables cuyo conocimiento se adquiere con la experiencia, el análisis y la formación.

Para la elaboración de pan hay tres ingredientes esenciales: harina de trigo, agua y levadura. Cuando se añade agua a la harina de trigo y se amasa, las proteínas insolubles en agua se hidratan y forman el gluten. Desde un punto de vista estructural, el sistema que constituye la masa de pan es complejo. Tiene una estructura de espuma con alveolos de gas dispersos en una fase con propiedades viscoelásticas formadas por el gluten, una fase líquida continua y diferentes constituyentes incorporados (la levadura, el almidón y otros). Además de la complejidad estructural y puesto que en el seno de la masa tiene lugar un proceso de fermentación, cualquier variable que afecte a dicho proceso (pH, temperatura, concentración de solutos, etc.) repercutirá en mayor o menor medida sobre el comportamiento de la masa.

De la masa de pan se destacan tres propiedades que determinan una parte importante de los ingredientes de una formulación: las capacidades de producción y de retención de gas, y la dependencia de su estructura y comportamiento frente a la manipulación mecánica, frente al

proceso de producción. La funcionalidad de la mayoría de los ingredientes está relacionada con alguna o algunas de estas propiedades (Calaveras, 2004).

2.2.5.4 Proceso de elaboración

Según Calaveras (2012) existen diversos procesos de producción de pan. Todos ellos tienen la mayoría de las etapas en común y se diferencian principalmente en el número de etapas de fermentación y en la duración de las mismas. Para la fabricación de pan hay dos procesos de producción empleados de forma mayoritaria: el proceso Chorleywood y el proceso esponja-masa. El primero tiene una etapa de fermentación (en el molde), mientras que el segundo dos, la fermentación de la esponja y la fermentación en el molde. El resto de las etapas del proceso son comunes en ambos.

A continuación se presenta un esquema del proceso Chorleywood de fabricación de pan de molde y se describen las principales etapas del proceso.

- La etapa de amasado: es especialmente importante para la calidad del producto final. Un amasado óptimo dará lugar a piezas con gran volumen, tiernas, con un grano sedoso y suave y buenas cualidades de conservación. Si no se llega a ello será difícil en las etapas posteriores corregir las diferencias en el producto. Las principales funciones del amasado son: homogenizar los ingredientes, desarrollar la masa y ocluir aire.
- Etapas de división: finalizado el amasado, la masa se divide en porciones. El peso de cada porción de masa determinará el peso del producto final. Después de la división de la masa se bolea y se deja reposar. A esta etapa de reposo se la denomina reposo o fermentación intermedia, en la que aumenta el tamaño de los alveolos

de gas y la masa se relaja. La fermentación intermedia suele variar entre 5 y 15 minutos. Finalizada la fermentación intermedia se produce al modelado de la masa, etapa que define la forma básica del producto final.

- Etapa de fermentación en el molde; se coloca la masa en un ambiente de temperatura y humedad controladas, alrededor de los 40°C y 80% de humedad, respectivamente. En esta etapa la levadura fermenta la masa produciendo el gas que expandirá la pieza, modificando las propiedades reológicas de la masa.
- Etapa de horneado: finalizada la fermentación, la masa se hornea. La cocción del pan difiere de las operaciones anteriores en que la masa se sitúa en un ambiente alrededor de los 220°C.

Durante el horneado tienen lugar una serie de cambios que determinan las características de la miga del pan:

- Impulso en el horno: Al introducir la masa fermentando en el horno, la levadura continúa produciendo CO₂ hasta que se inactiva a temperaturas posteriores a los 50°C. Parte del agua de la masa se evapora. El CO₂ y el etanol disueltos en la fase líquida de la masa también se evaporan. Finalmente, todos los gases de los alveolos se expanden como resultado del incremento de temperatura. La masa se expande hasta que se forma la corteza, alcanzando el máximo volumen en los primeros 6-8 min. Dependiendo del tamaño de la pieza, el volumen relativo de la masa aumenta entre 4-5 a entre 5-7 veces.
- La masa, predominantemente líquida se transforma en miga o corteza, predominantemente elástica. Mientras la temperatura de la masa aumenta, la viscosidad de la misma disminuye hasta alcanzar los 60°C, la viscosidad de la masa aumenta de forma marcada debido al proceso de gelatinización del almidón. También tiene lugar una

desnaturalización de la estructura proteica del gluten que contribuye al aumento en la viscosidad del sistema, el cual se transforma de predominantemente viscoso a predominantemente elástico o sólido en la corteza del pan.

- La estructura de espuma con alveolos separados se transforma en una estructura con alveolos interconectados.
- En la etapa final del horneado disminuye la velocidad de evaporación de agua de la superficie y su temperatura aumenta. Se forma la corteza y adquiere color: tienen lugar la caramelización de los azúcares presentes en la masa y la reacción de estos con las sustancias nitrogenadas presentes (reacción de Maillard).

Tras la etapa de horneado y después de separar los moldes de los panes, éstos se encuentran con una distribución de humedad y temperatura heterogénea: la temperatura de la corteza es superior a los 100°C y la humedad baja, mientras que en el interior de la miga, la temperatura ronda los 98°C y la humedad es superior al 36%. El proceso de enfriado se realiza manteniendo los panes a temperatura ambiente durante aproximadamente 60 minutos (Edel, 2006).

2.2.6 Componentes Químicos de las harinas

2.2.6.1 Proteínas

Las proteínas son sustancias orgánicas poliméricas, nitrogenadas y complejas que se hallan en las células animales y vegetales. Actúan como componentes estructurales de mensajeros y de receptores de mensajeros. Algunas proteínas se unen al ADN y regulan la expresión de los genes; otras participan en la replicación, la transcripción y la traducción de la información genética; otras están relacionadas con el sistema inmunitario (inmunoglobulina); con la contracción muscular (actina

y miosina); con el transporte de oxígeno y la respiración celular (hemoglobina y citocromos) (López, 2001).

2.2.6.2 Función de las proteínas

Las proteínas de la dieta sirven para desempeñar las tres principales funciones de los alimentos. Mediante la acción de los aminoácidos individuales, las proteínas son la base estructural para la inmensa mayoría de los tejidos corporales, son esenciales para la regulación del metabolismo y se utilizan como fuente de energía. De una manera u otra, las proteínas están implicadas en casi todas las funciones del organismo.

Las proteínas son el principal nutriente utilizado en la formación de todos los tejidos corporales. Esta función es extremadamente importante en los periodos de crecimiento rápido de la infancia y adolescencia. Los deportistas que desean ganar tejido muscular también necesitan un adecuado suministro dietético de proteínas para conseguir un equilibrio energético positivo. Algunos aminoácidos como los de cadena ramificada (AACR), la lisina, la isoleucina y la valina son una parte significativa de los tejidos musculares.

Las proteínas son fundamentales para la regulación del metabolismo humano. Se utilizan en la formación de casi todas las enzimas, muchas hormonas y otros compuestos que controlan las funciones corporales. La insulina, la hemoglobina y las enzimas oxidativas de las mitocondrias son todas proteínas que desempeñan una importante función en la regulación del metabolismo. Otras funciones metabólicas de las proteínas son el mantenimiento del equilibrio hídrico y el equilibrio ácido-base, la regulación de los procesos de coagulación sanguínea, la prevención de las infecciones y el desarrollo de la inmunidad frente a las enfermedades. Las proteínas también sirven como transportadores de nutrientes en la sangre, como los ácidos grasos libres (AGL) y las lipoproteínas, además de ayudar al transporte de los nutrientes al interior de las células.

En el equilibrio nutricional la principal utilización de las proteínas de la dieta es generar la síntesis de las proteínas esenciales para una estructura y un funcionamiento óptimos. No obstante el exceso de proteínas de la dieta puede ser convertido en hidratos de carbono o grasas y a continuación entrar en la vía metabólica para la producción o el almacenamiento de energía. Por otra parte, durante los periodos de ayuno o semiayuno es probable que los hidratos de carbono y las grasas necesarios no estén disponibles en la dieta o en el interior del organismo, en cuyo caso las proteínas de la dieta o almacenadas en el organismo serán empleadas en la producción de energía, puesto que la energía es una función con prioridad sobre la construcción de tejidos en el metabolismo. De ello se deduce que si el individuo desea mantener una masa corporal sana y estable, es necesario contar con una adecuada ingesta de proteínas, además de la suficiente cantidad de hidratos de carbono. En otras palabras, las calorías de los hidratos de carbono serán utilizadas para la producción de energía, con lo cual se evitará el uso de las proteínas como fuente de energía, lo que permitirá emplearlas en sus funciones metabólicas más importantes (Osbourne, 1974)

2.2.6.3 Variación del contenido proteico en los cereales

La composición química de los granos de los cereales, como la de todos los materiales biológicos, es muy variable, en el trigo oscila desde menos de 6% hasta más de 27% de proteína, aunque la mayoría de las suertes comerciales están entre 8 y 16% de proteína. Esta diversidad es producto tanto de efectos ambientales, como genéticos. La proteína se sintetiza durante todo el periodo de fructificación de la planta. La síntesis del almidón, en cambio, comienza más tarde, durante la fructificación y se acelera al aproximarse a la maduración. Así, cuando las condiciones de cultivo en la etapa última de la fructificación, son buenas (con humedad

adecuada y nutrientes), el rendimiento en almidón será bueno y alto el rendimiento del grano, pero el contenido proteico será relativamente bajo.

Hasta hace relativamente poco tiempo, se pensaba que el contenido proteico estaba regido únicamente por factores ambientales; se encontró, sin embargo, que algunas variedades producían persistentemente grano con mayor riqueza proteica que la producida por variedades de control. Esto condujo a investigaciones que demostraron que el contenido proteico del trigo está bien controlado genéticamente (Crim, 1988).

El contenido proteico de los cereales es importante por dos motivos: en primer lugar la proteína es un nutriente valioso en la dieta humana, por lo que el tipo y la cantidad de proteína es importante desde el punto de vista de la nutrición; en segundo lugar, la cantidad y tipo de proteína lo es también desde el punto de vista funcional en la utilización de la harina, y por esto, el contenido proteico es probablemente el factor más importante en la calidad de la harina de panificación. (Hoseney, 1991).

2.2.6.4 Proteínas en el trigo y amaranto

Entre las harinas de los cereales, solamente la de trigo tiene la habilidad de formar masa fuerte, cohesiva, capaz de retener gas y rendir por cocción un producto esponjoso. Se atribuyen dichas propiedades, fundamentalmente, a las proteínas presentes en el gluten del trigo.

El complejo gluten está compuesto por dos grupos principales de proteínas: gliadina y glutenina. Las gliadinas son un grupo amplio de proteínas con propiedades similares. Su peso molecular medio es de unos 40.000, son de cadena simple y son extremadamente pegajosas cuando están hidratadas. Tienen poca o nula resistencia a la extensión, ellas parecen conferir la propiedad de coherencia. Por otro lado, las gluteninas también parecen ser un grupo heterogéneo de proteínas. Son de cadena ramificada con un peso molecular que oscila entre unos 100.000 y varios millones, con un promedio de unos tres millones. La

gliadina físicamente es elástica, pero no coherente. Ellas aportan aparentemente la propiedad de resistencia a la extensión.

La composición de aminoácidos de las proteínas del gluten muestra que estas son muy ricas en ácido glutámico (35%), seguidas por la prolina (14%); del resto de los aminoácidos básicos son muy pobres, estando presente la lisina en menos proporción a todos (menos de un 1%) (Hoseney, 1991)

En general, la composición de aminoácidos del gluten demuestra que aproximadamente la mitad de la proteína está formada por dos aminoácidos (ácido glutámico y prolina). La carga de la proteína es extraordinariamente baja, con niveles bajos de aminoácidos básicos, y con prácticamente todos los grupos ácidos en forma de amidas.

En cambio en el amaranto se observa un contenido proteico alto y su composición en aminoácidos esenciales bastante bien balanceada. Con una digestibilidad proteica es 88%, lo cual es bastante alta. La proteína principal del amaranto es la globulina, soluble en soluciones salinas. Específicamente se ha identificado la globulina como amarantina, globulina 11S y también como globulina 7S. Estas dos subunidades tienen diferentes propiedades nutricionales y reológicas. Las globulinas 7S tienen menor contenido de aminoácidos esenciales que las globulinas 11S. A su vez, posee una cantidad importante de lisina, un aminoácido esencial en la alimentación humana, que no suele encontrarse, o su cantidad es relativamente pobre en los cereales. El contenido de lisina de las especies de amaranto es relativamente alto (3,2 – 6,4 %), comparado con la mayoría de los cereales (2,2 – 4,5 %); y las concentraciones de aminoácidos azufrados (2,6-5,5 %), como el triptófano, son más elevadas que en la mayoría de las leguminosas. Presenta ligeras limitaciones en valina, isoleucina y treonina, siendo más deficiente en leucina. A pesar de ello, el amaranto cumple satisfactoriamente con los estándares nutricionales requeridos en la dieta humana (Sharoba, 2009).

2.2.6.5 Carbohidratos

Los carbohidratos o glúcidos son polihidroxialdehídos o polihidroxicetonas y sus derivados. Los glúcidos son los compuestos orgánicos más abundantes y se los encuentra en las partes estructurales de los vegetales, producidos por la fotosíntesis y también en los tejidos animales en forma de glucosa o glucógeno, que sirven como fuente de energía para las actividades celulares vitales (Boatella, sin fecha)

2.2.6.7 Función de los carbohidratos

- Energética: los almidones y azúcares representan más de la mitad (50 al 60%) de la ingesta calórica diaria. Junto con las grasas satisfacen los requerimientos energéticos del organismo, aportando de modo convencional 4 Kcal/g. Tejidos como el sistema nervioso, en condiciones normales solo utilizan carbohidratos como combustible celular. Una vez cubiertas las necesidades energéticas, una pequeña parte de los carbohidratos se almacenan en el hígado y músculo como glucógeno y el resto se transforma en grasa, acumulándose como tejido adiposo.
- Regulación del metabolismo de las grasas: para una normal oxidación de las grasas es necesario un correcto aporte de carbohidratos. Cuando se restringe severamente la cuota de los mismos, las grasas se metabolizan anormalmente, acumulándose en el organismo productos intermedios de este metabolismo, provocando cetosis.
- Estructural: los carbohidratos constituyen estructuralmente una parte muy pequeña del peso del organismo, aunque de vital importancia. Se los encuentra en numerosos compuestos que regulan el metabolismo, como el acidoglucorónico, que cumple una función de detoxificación, al combinarse en el hígado con sustancias tóxicas, el ácido

hialurónico, los ácidos nucleicos y los galactolípidos en las membranas de las células nerviosas.

- **Metabolismo:** la glucosa es el principal hidrato de carbono del cual depende el organismo; la galactosa y la fructosa pueden ser transformadas en glucosa en el hígado. En estado de ayuno el valor de la glucosa en la sangre o glucemia varía entre 70 y 115 mg. A nivel celular la glucosa es utilizada como suministro de energía de acuerdo a las demandas del organismo, entre las varias vías metabólicas en las cuales participa se encuentran la glucólisis y el ciclo de Krebs. Participa en la síntesis de triglicéridos, ya que a través del gliceraldehído se provee glicerol, necesario para la lipogénesis. A su vez participa en numerosas reacciones de síntesis, dentro de las que cabe destacar la síntesis de ácidos nucleicos, ya que estos solo pueden sintetizarse a través de la glucosa-6-fosfato (MAFF, 1985)

2.2.6.8 Fibra cruda

La fibra ha sido definida como la suma de los polisacáridos y la lignina presentes en los vegetales que no pueden ser digeridos por las secreciones endógenas del tracto intestinal. Una definición más reciente que integra el rol fisiológico de las fibras en el organismo, incluye a otros compuestos asociados a las paredes celulares, como los fitatos, cutinas, ceras, suberinas. El almidón resistente, es aquel que resiste el ataque enzimático, es metabolizado por la microflora intestinal del colon del mismo modo que las fibras y ejerce efectos fisiológicos similares a estas. Así como las distintas vitaminas tienen diferentes funciones en el organismo, los distintos tipos de fibra poseen efectos fisiológicos diferentes. Teniendo en cuenta sus funciones dentro de la planta, las fibras pueden dividirse en tres grupos:

- Polisacáridos estructurales: asociados con la pared celular, incluyen principalmente a la celulosa y compuestos no celulósicos como la hemicelulosa y las pectinas.
- No-polisacáridos estructurales: la lignina.
- Polisacáridos no-estructurales: gomas y mucílagos secretados por las células y polisacáridos de algas.

La clasificación más importante desde el punto de vista nutricional es la que las divide de acuerdo a su capacidad de hidratarse y formar geles en un medio acuoso:

- Solubles: gomas, pectinas, mucílagos y algunas hemicelulosas.
- Insolubles: celulosa, hemicelulosa y lignina(Boatella, sin fecha)

2.2.6.9 Funciones de las fibras

- En el estómago: las pectinas y las fibras solubles demoran el vaciado gástrico, reteniendo a los alimentos en el estómago durante tiempos más largos. El mayor grado de saciedad que se asocia a los alimentos con alto contenido en fibra se relaciona con estos efectos gástricos.
- En el intestino delgado: las fibras solubles retardan el tránsito intestinal, por lo que aumentan el tiempo de tránsito. Este efecto se debe a la capacidad de formación de geles de estas fibras, las que al hidratarse forman glóbulos gelatinosos que actuarían como tamices moleculares en el intestino delgado.
- En el colon: las fibras constituyen los nutrientes de elección de las bacterias colónicas. Prácticamente todas las fibras, exceptuando la lignina se digieren casi completamente del lado derecho del colon. Mientras que en el lado izquierdo, responsable de la formación de las heces, las fibras insolubles aumentan el volumen fecal al incrementar su contenido en agua y bacterias; las fibras solubles tienen un efecto

mucho menor en el peso, pues son degradadas casi totalmente por las bacterias del colon.

- Efectos metabólicos: las fibras solubles modifican la metabolización de ciertos nutrientes como la glucosa y el colesterol. Está comprobado que la insulinemia disminuye luego de una comida rica en fibra. La fibra aumenta la sensibilidad periférica a la insulina, aumentando el número de receptores de insulina y la sensibilidad del músculo esquelético a la misma. Además, la formación de geles en el intestino disminuye la velocidad de absorción de la glucosa(MAFF, 1985)

2.2.6.10 Los lípidos

Los lípidos o grasas son sustancias orgánicas, insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos. Las grasas se diferencian de los aceites por el punto de fusión; a temperatura ambiente (20°C) las grasas son sólidas y los aceites líquidos.

Considerando su estructura química, los lípidos pueden clasificarse en tres grupos:

- Lípidos simples: contienen solo carbono, hidrógeno y oxígeno; químicamente son ésteres de ácidos grasos con alcoholes de estructura química variable. En los lípidos simples se encuentran los triglicéridos y las ceras, representando los triglicéridos el 98% de las grasas dietéticas, conformados por una molécula de glicerol esterificada con tres ácidos grasos. Las ceras son ésteres de alcoholes alifáticos superiores, de alto peso molecular; estos alcoholes poseen un número par de átomos de carbono, el cual varía entre 16 y 36.
- Lípidos compuestos: además de carbono, hidrógeno y oxígeno contienen nitrógeno, fósforo o ambos a la vez. Algunos contienen azufre. Son ésteres o amidas complejas formadas por ácidos,

alcoholes y bases diversas. En los lípidos compuestos se encuentran a los fosfolípidos y los glucolípidos. En la estructura de los glucolípidos participan un alcohol, esfingosina, un ácido graso y un carbohidrato, en cambio en los fosfolípidos se encontrará una molécula de glicerol, una base nitrogenada, un ácido graso y un ácido fosfórico.

- Lípidos derivados: están conformados por los esteroides, los cuales son sustancias cíclicas, derivadas del núcleo del ciclopentanofenantreno. Pertenecen a este grupo los esteroides, las hormonas sexuales y las suprarrenales, y la provitamina D. Los principales esteroides de origen animal es el colesterol y el ergosterol, el cual es el precursor de la vitamina D (Boatella, sin fecha).

2.2.6.11 Funciones de los lípidos

- Energética: cada gramo de grasa aporta más del doble de energía que los carbohidratos y las proteínas. Cuando la ingesta calórica excede las necesidades diarias, el organismo almacena triglicéridos en el tejido adiposo; estas reservas proveen de energía por períodos más prolongados que las reservas de glucógeno.
- Estructural: los lípidos son constituyentes de las membranas celulares como fosfolípidos y colesterol.
- Transporte de vitaminas liposolubles: una adecuada cantidad de grasas en la alimentación asegura el aporte, transporte y absorción de vitaminas liposolubles.
- En el estómago: las grasas retardan el vaciado gástrico, por lo que aumentan la sensación de saciedad después de la ingesta.
- Función Biocatalizadora: En este papel los lípidos favorecen o facilitan las reacciones químicas que se producen en los seres vivos. Cumplen esta función las vitaminas lipídicas, las hormonas esteroideas y las prostaglandinas. (MAFF, 1985).

2.2.6.12 Humedad

La humedad en un alimento representa la cantidad de agua libre que se encuentra en el mismo. Aporta una cantidad importante del peso de un alimento, aunque usualmente esta parte no es importante nutricionalmente.

El agua se encuentra en los alimentos esencialmente en dos formas: como agua enlazada y como agua disponible o libre. El agua enlazada incluye moléculas de agua unidas en forma química, o a través de puentes de hidrógeno a grupos iónicos o polares; mientras que el agua libre es la que no está físicamente unida a la matriz del alimento y se puede congelar o perder con facilidad por evaporación o secado. Puesto que la mayoría de los alimentos son mezclas heterogéneas de sustancias, contienen proporciones variables de ambas formas.

En las harinas el contenido de humedad es de gran importancia por muchas razones científicas, técnicas y económicas, ya que al ser productos que se almacenarán por períodos de tiempos medianamente largos, estarán predispuestos al ataque de microorganismos. En una harina con un bajo contenido de humedad no prosperarán los hongos, pero con un 14% o poco más, empieza el desarrollo fúngico. Entre 14% y 20% un pequeño aumento del nivel de humedad, hace variar grandemente la velocidad de crecimiento fúngico, y también hace variar las especies que se desarrollarán. A su vez la cantidad de humedad afectará directamente el peso de una harina, y por ende al precio de compra-venta, ya que el porcentaje de humedad representará un beneficio neto al vendedor, justo en el porcentaje presente de humedad y para el comprador representará una pérdida neta en el mismo porcentaje. Por supuesto, tanto el comprador como el vendedor conocen estos hechos y en consecuencia acuerdan una humedad para el grano. [49, 8]

2.2.7 Determinaciones generales de una harina para panificación

2.2.7.1 Determinación del porcentaje de humedad

Existen muchos métodos para determinar el contenido de humedad en alimentos, por lo cual la proporción de los tipos de humedad que se encuentran en el alimento es variable y a menudo se obtiene una pobre correlación de resultados. Sin embargo la mayoría de los métodos dan resultados reproducibles si se siguen con cuidado las instrucciones empíricas, y permiten obtener resultados satisfactorios de uso práctico. Los métodos para la determinación de la humedad pueden clasificarse en secado, destilación, procedimientos químicos e instrumentales.

Los métodos de secado son los más utilizados para determinar el contenido de humedad en una muestra de harina; estos se basan en la determinación de la pérdida de peso debida a la evaporación de agua en el punto de ebullición o temperaturas cercanas a él. Son muy precisos al considerarlos sobre una base comparativa, pero es necesario recordar que el resultado obtenido puede no ser una medida verdadera del contenido del agua presente en la muestra, ya que hay aceites volátiles que también se pueden perder por secado a temperatura de 100 °C. En algunos alimentos solo una porción del agua presente se pierde a la temperatura de secado; el resto (agua enlazada) es difícil de eliminar y está asociada con las proteínas presentes.

Dentro de este tipo de métodos, la porción de agua perdida aumenta al elevar la temperatura; por lo tanto, es importante comparar solo los resultados obtenidos usando las mismas condiciones de secado, más aún si es factible que ocurra alguna descomposición, como en el caso de alimentos que contienen una proporción apreciable de azúcares.

La pérdida de peso también depende de otros factores, incluyendo el tamaño de partícula y el peso de la muestra, el tipo de cápsula de porcelana y las variaciones de temperatura entre hornos (Kramer, 1966).

2.2.7.2 Determinación del porcentaje de cenizas

La ceniza de un producto alimenticio es el residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica. La ceniza obtenida no tiene necesariamente la misma composición que la materia inorgánica del alimento original, ya que puede haber pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los componentes. Las condiciones de incineración se especifican para diversos materiales en la norma británica (BS 4603: 1970). EL valor de las cenizas se puede considerar como una medida general de la calidad o grado, y a menudo es un criterio útil en la identificación de la autenticidad de un alimento. Un valor alto de cenizas sugiere la presencia de un adulterante inorgánico, por lo tanto es recomendable determinar también las cenizas insolubles en ácido.

El método general para la determinación de cenizas consiste en pesar 5g de una muestra en un crisol de porcelana (de unos 7cm de diámetro), previamente calcinado y enfriado antes de pesarlo. A continuación el crisol y su contenido se incineran, primero a 100°C y luego en una mufla a 550°C. De manera alterna, si la mufla tiene control de temperatura, la muestra puede incinerarse y luego calcinarse colocando el crisol en la mufla fría que se enciende y se deja funcionar toda la noche (Kropf, 1989).

2.2.7.3 Determinación del porcentaje de proteínas

Hasta hace poco, el contenido total de proteínas en los alimentos se determinaba a partir del contenido de nitrógeno orgánico determinado por el método Kjeldahl. En la actualidad, existen varios métodos alternativos físicos y químicos, algunos de los cuales han sido automatizados y semiautomatizados. Meloan (1978) elaboró una lista general de los métodos para la determinación de nitrógeno en materiales alimenticios.

El Método Kjeldahl es el método por excelencia para la determinación de la cantidad de nitrógeno orgánico presente en un

alimento. Aunque con el tiempo ha estado sujeto a modificaciones, el mismo se ha mantenido básicamente sin cambios significativos desde que Johann Kjeldahl lo desarrolló en 1833. En consecuencia, se incluye en métodos oficiales y reglamentarios y está aprobado por organizaciones internacionales; más aun, los resultados obtenidos por el método Kjeldahl se usan para calibrar métodos físicos y automáticos. Este método se basa en la combustión en húmedo de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores metálicos y de otro tipo para reducir el nitrógeno orgánico de la muestra hasta amoníaco, el cual queda en solución en forma de sulfato de amonio. El digerido, una vez alcalinizado, se destila directamente o por arrastre con vapor para desprender el amoníaco, el cual es atrapado y luego se titula.

Se emplean diversos catalizadores. El mercurio, como óxido de mercurio es el más eficaz, junto con el selenio, que casi tiene la misma eficacia; pero ambos tienen propiedades tóxicas y plantean problemas para desecharlos. Por ello, varios autores recomiendan una mezcla de sulfato de cobre (II) y dióxido de titanio.

También se ha logrado reducir el tiempo de digestión mediante la adición de sulfato de sodio o de potasio, los cuales elevan la temperatura de digestión. Los catalizadores metálicos se encuentran disponibles en la forma conveniente de tabletas en una mezcla a base de sulfato de potasio. Tradicionalmente, el amoníaco liberado del digerido alcalinizado se destila y se recolecta en una cantidad estándar de acidodiluido que, como última etapa, se titula con un álcali estándar para dar el contenido de nitrógeno orgánico de la muestra. En la actualidad, es más común destilar y recolectar el amoníaco en una solución de ácido bórico al 4% y titularlo en forma directa con una solución estándar de ácido sulfúrico.

La determinación de nitrógeno total por el método normal Kjeldahl no incluye el nitrógeno inorgánico de, por ejemplo, nitratos y nitritos. Sin embargo, los métodos radioquímicos y de análisis elemental detectan y miden el nitrógeno en todas sus formas de combinación. El contenido de

nitrógeno no proteínico es alto en ciertos alimentos (pescado, frutas y verduras), pero los factores de comúnmente usados para convertir nitrógeno en proteína cruda se basan en el contenido promedio de nitrógeno de las proteínas encontradas en alimentos particulares (Kramer, 1966).

2.2.7.4 Determinación del porcentaje de lípidos

Los constituyentes grasos de los alimentos son diversas sustancias lípidicas. El contenido de “grasa” (algunas veces llamado extracto etéreo, grasa neutra o grasa cruda), el cual puede ser considerado como un formado de constituyentes lípidos libres; es aquel que puede ser extraído por los disolventes menos polares, como fracciones ligeras del petróleo y éter etílico; mientras que los lípidos “enlazados” requieren disolventes más polares para su extracción. Estos pueden separarse por hidrólisis u otros tratamientos químicos para obtener el lípido libre; de aquí que la cantidad de lípido extraído de un producto alimenticio dependa del método de análisis usado.

El contenido de lípidos libres, que básicamente involucra a las grasas neutras (triglicéridos) y ácidos grasos libres, se determina sin mayor problema en los alimentos por extracción del material seco y molido con una fracción ligera de petróleo; o con éter etílico en un aparato de extracción continua. Existen varios diseños disponibles, aunque actualmente el más empleado consiste en someter a la muestra a solventes poco polares y luego evaporar el solvente, quedando la materia grasa recolectada que luego es medida por diferencia de pesos (Kropf, 1989).

2.2.7.5 Determinación de la fibra cruda

En el proceso de la determinación de la fibra cruda se trata de simular el proceso de digestión que ocurre normalmente dentro del aparato digestivo de los animales; esta simulación se efectúa sometiendo

a la muestra a una “digestión” (hidrólisis) en un medio ácido, como ocurriría en el estómago de los animales. Y posteriormente se somete la misma muestra a otra “digestión” en un medio alcalino, como sucedería en el intestino delgado.

Hay que señalar que en el proceso de digestión descrito, no intervienen las enzimas digestivas propias del organismo de los animales y que el proceso se lleva a cabo hirviendo la muestra (primero en una solución de ácido sulfúrico diluido), seguido de una ebullición en una solución de hidróxido de sodio diluida. Esto permitirá que la hidrólisis de las proteínas, grasas y la mayoría de los carbohidratos sea completa. Para esta determinación, se requiere que la muestra esté seca y desengrasada (Kropf, 1989).

2.2.7.6 Calidad panadera de la harina

Para medir la calidad panadera de la harina se utiliza el farinógrafo, que mide la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y la absorción del agua necesaria para alcanzar esta consistencia. El principio de la medida se basa en el registro de la resistencia que la masa opone a una acción mecánica constante en unas condiciones de prueba invariables.

El farinógrafo produce una curva que reproduce en forma visual el conjunto de características de la calidad de la harina. La curva aumenta hasta un máximo de consistencia a medida que las proteínas de la harina se desdoblán en gluten y cae, a medida que éste pierde resistencia por el amasado continuo.

Los índices que normalmente se determinan con el análisis farinográfico son la absorción de agua, el tiempo de llegada o de desarrollo de la masa, el tiempo de estabilidad y el índice de tolerancia.

- La absorción del agua representa la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia de 500 unidades farinográficas en el amasado. Se encuentra directamente relacionada con la cantidad de pan que puede ser producida por kilo de harina, y depende de la cantidad y calidad de gluten, y la dureza de endospermo. Los trigos duros generalmente tienen un endospermo vidrioso que requiere mayor energía en la molienda y el mayor trabajo de molienda daña los gránulos de almidón, aumentando la capacidad de absorción de agua
- El desarrollo de la masa o el período de desarrollo, es el tiempo necesario para alcanzar la máxima consistencia. En una harina fuerte, este período puede ser notablemente largo y es posible que este hecho esté en relación con la alta calidad del gluten o también con la velocidad de absorción de agua por parte de la misma.
- La estabilidad es el intervalo de tiempo durante el cual la masa mantiene la máxima consistencia y se mide por el tiempo en que la curva se encuentra por encima de 500 unidades farinográficas
- El índice de tolerancia de la masa o grado de ablandamiento representa la diferencia entre la máxima consistencia y la que se obtiene después de 10-20 minutos.

Pantanelli (2009) clasificó la aptitud de una harina para panificación, utilizando los análisis farinográficos definió los diferentes tipos de calidad que se pueden presentar en una harina, los cuales son:

- Calidad óptima: caída de la masa entre 0 y 30 unidades farinográficas, y una estabilidad superior a 10 minutos.
- Calidad buena: caída de la masa entre 30 y 50 unidades y estabilidad no inferior a 7 minutos.
- Calidad discreta: caída de la masa entre 50 y 70 unidades farinográficas y estabilidad no inferior a 5 minutos.

- Calidad mediocre: caída de la masa entre 70 y 130 unidades farinográficas y estabilidad no inferior a 3 minutos.
- Calidad baja: caída superior a 130 unidades farinográficas y estabilidad inferior a 2 minutos.

Con respecto al FallingNumber, este es un análisis que mide la actividad alfa-amilásica en una harina para panificación. Dicho análisis es fundamental, ya que la misma afecta a la calidad de los cereales y harinas, especialmente trigo, harina de trigo, cebada y centeno.

El principio de determinación consiste en la gelatinización de una suspensión de harina en un tubo de análisis dispuesto en un baño maría y su posterior grado de licuefacción bajo la influencia de las amilasas. El FallingNumber del grano y sus productos es el criterio de actividad de las enzimas alfa-amilásicas, las cuales se producen en pequeñas cantidades cuando ha crecido de una manera sana y ha sido almacenado en condiciones ambientales secas. En situaciones de altos contenidos de humedad del grano por encima del 15%, especialmente cuando las cosechas se recogen con tiempo lluvioso, se produce una activación y aumento de la cantidad de alfa-amilasa debida a la germinación incipiente de los granos que produce un perjuicio sobre el comportamiento de los almidones y una degradación muy importante del valor comercial de los granos y harinas.

Las masas producidas con harinas de alto contenido alfa-amilásico tienen propiedades fisicoquímicas inapropiadas que influyen negativamente la calidad del pan. Dado que un pequeño lote de producto con un bajo FallingNumber (alto contenido de alfa-amilasa) es capaz de perjudicar a lotes muy grandes. Es por ello que se torna imprescindible identificar y separar los lotes dañados a tiempo.

2.2.8 La Evaluación sensorial

El Instituto Tecnológico de Alimentos de EEUU (IFT), define la evaluación sensorial como “la disciplina científica utilizada para evocar,

medir analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído”

Otro concepto que se le da a la evaluación sensorial es el de la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. Es necesario tener en cuenta que esas percepciones dependen del individuo, del espacio y del tiempo principalmente.

También se considera simplemente como: el análisis de las propiedades sensoriales; se refiere a la medición y cuantificación de los productos alimenticios o materias primas evaluados por medio de los cinco sentidos. La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que significa sentido. Para obtener los resultados e interpretaciones, la evaluación sensorial se apoya en otras disciplinas como la química, las matemáticas, la psicología y la fisiología entre otras (Watts, 1989).

2.2.8.2 Logística de una prueba de evaluación sensorial

La evaluación sensorial comprende una metodología que necesita de una logística mediante la cual se sigan los pasos apropiados para el desarrollo de un análisis sensorial en sus distintas fases, las cuales comprenden la siguiente secuencia:

1. identificación del problema
2. evaluación preliminar
3. diseño del estudio sensorial
4. selección de muestras
5. selección de los jueces
6. hoja de respuestas o cuestionario
7. hoja de vaciado de datos y resultados

8. prueba definitiva
 9. análisis de datos
 10. interpretación de resultados
- b) jueces

2.2.8.3 Métodos de evaluación sensorial

Estos métodos se dividen en dos grandes grupos: el primero está constituido por pruebas analíticas, las cuales se ejecutan en condiciones controladas de un laboratorio y con jueces entrenados; el segundo grupo lo integran las pruebas afectivas que se realizan con consumidores (personas no entrenadas en técnicas sensoriales) y en condiciones que no les sean ajenas o extrañas para utilizar o consumir el producto en estudio.

Entre los métodos afectivos se encuentran:

- Prueba de aceptación: esta prueba tiene por objetivo evaluar de acuerdo con un criterio personal subjetivo, si la muestra presentada es aceptable o rechazable para su consumo. Este concepto de aceptabilidad puede utilizarse de distintas maneras: ¿le gusta esta muestra de caramelo?, ¿compraría o no este producto?, ¿daría usted este puré de manzana a su hijo?.
- Prueba de preferencia: tiene por objetivo ordenarse según las opiniones de un grupo de consumidores, un par o una serie de muestras de acuerdo con un aprecio personal o una preferencia. Las variaciones que se ejemplifican de esta prueba son: a) Ordene de izquierda a derecha, las tres muestras que se le presentan, desde la que más prefiera hasta la que menos prefiera. b) Indique en secuencia numerada (del 1 al 4) el orden de mayor a menor preferencia. c) De estas dos muestras ¿Cuál prefiere?

- Prueba hedónica: este método pretende localizar el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica. Se utiliza una escala no estructurada (también llamada escala hedónica), sin mayores descriptores que los extremos de la escala, en los cuales se puntualiza la característica de agrado. Esta escala debe contar con un indicador del punto medio, a fin de facilitar al juez consumidor la localización de un punto de indiferencia a la muestra (Poste, 1991)

La importancia de la evaluación en las industrias de alimentos radica principalmente en varios aspectos como:

- Control del proceso de elaboración: la evaluación sensorial es importante en la producción, ya sea debido al cambio de algún componente del alimento o por que se varíe la formulación; a la modificación de alguna variable del proceso, o tal vez por la utilización de una máquina nueva o moderna.
- Control durante la elaboración del producto alimenticio: el análisis sensorial se debe realizar a cada una de las materias primas que entran al proceso, al producto intermedio o en proceso, al producto terminado. Esto permite hacer un seguimiento al producto evitando o previniendo algunos inconvenientes que puedan alterar las características del producto en cada etapa del proceso.
- Vigilancia del producto: este principio es importante para la estandarización, la vida útil del producto y las condiciones que se deben tener en cuenta para la comercialización de los productos, cuando se realizan a distancias alejadas de la planta de procesamiento o cuando son exportados, ya que se deben mantener las características sensoriales de los productos durante todo el trayecto hasta cuando son preparados y consumidos.
- Influencia del almacenamiento: es necesario mantener el producto que se encuentra en almacenamiento, bajo condiciones óptimas, para

que no se alteren las características sensoriales. Para lograr este propósito es necesario verificar las condiciones de temperatura, ventilación, tiempo de elaboración y almacenamiento, las condiciones de apilamiento y la rotación de los productos.

- Sensación experimentada por el consumidor: se basa en el grado de aceptación o rechazo del producto por parte del consumidor, ya sea comparándolo con uno del mercado (competencia), con un producto nuevo con diferentes formulaciones o simplemente con un cambio en alguno de los componentes con el fin de mejorarlo. Se debe tener claro el propósito y el aspecto o atributo que se va a medir.
- Además de medir la aceptación de un producto, la evaluación sensorial permite también medir el tiempo de vida útil de un producto alimenticio, ya que esto permitirá conocer la variación de las propiedades organolépticas con respecto al tiempo (Poste, 1989)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Caracterizar fisicoquímicamente el producto obtenido del follaje de amaranto.

3.1.1 Obtención del producto pulverulento del follaje de amaranto

Para llevar a cabo la caracterización fisicoquímica del producto pulverulento del follaje de amaranto se utilizaron cultivos provenientes del sur del Municipio Simón Rodríguez (estado Anzoátegui); para ello se seleccionaron las plantas con mejor apariencia y se le removieron todas las hojas ubicadas tanto en los tallos principales como en los tallos secundarios, utilizando para ello una tijera de cocina de acero inoxidable. Posteriormente se seleccionaron las hojas que no presentaran magulladuras o zonas muertas; estas fueron lavadas con agua destilada tres veces, se les removió el exceso de agua utilizando paños de algodón limpios y se pesaron. Una vez que las hojas estuvieron limpias se llevaron al secador de bandeja a una temperatura de operación de 60°C por cuatro horas, girándolas durante el proceso para que la operación de secado se realizara uniformemente. Luego del secado las hojas pesadas y molidas, empleándose para ello una licuadora. Por último se hizo pasar el producto de la molienda por un tamiz de acero inoxidable, con una apertura de 60 mesh. Una vez obtenido el producto pulverulento se pesó y se obtuvo la relación de rendimiento.

En la figura 3.1 se muestra un esquema representativo del proceso para obtener el producto pulverulento del follaje de amaranto

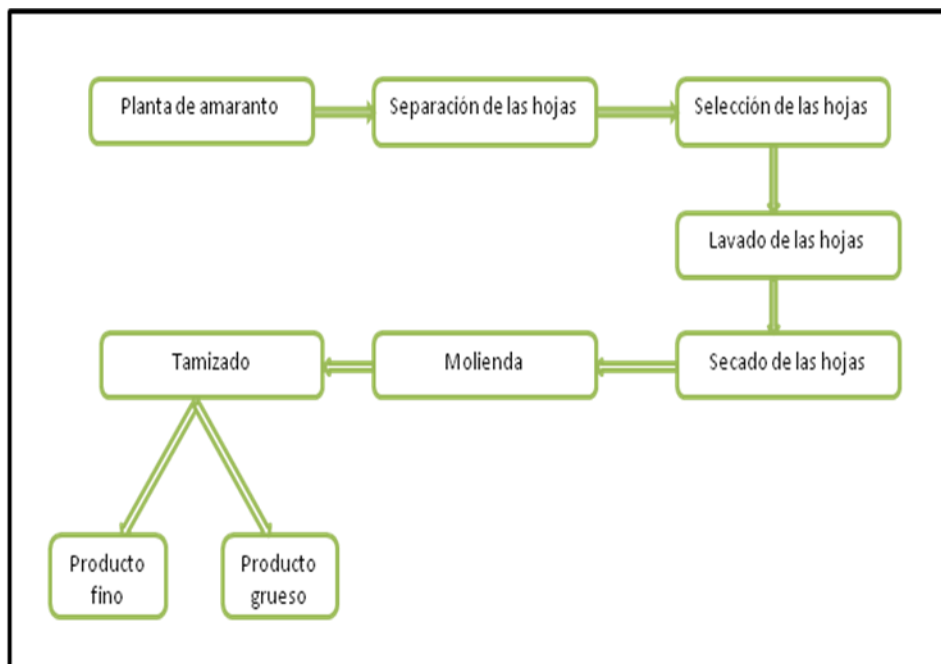


Figura 3.1 Esquema seguido para la obtención del producto pulverulento del follaje del amaranto.

3.1.2 Caracterización fisicoquímica del producto pulverulento del follaje de amaranto

Para llevar a cabo la etapa de la caracterización fisicoquímica se realizaron los estudios establecidos por la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).

3.1.2.1 Contenido de humedad

Para este análisis se colocó aproximadamente 2g de muestra en un crisol de porcelana vacío. Se procedió a pesar la muestra, la cual fue introducida posteriormente en una estufa a 80°C de temperatura; después de 5 horas se retiró de la estufa, se colocó en un desecador para enfriarlo hasta temperatura ambiente y se pesó nuevamente en el crisol hasta verificar que el peso se mantuvo constante.

3.1.2.2 Contenido de ceniza

Para este análisis se agregaron aproximadamente 2g de muestra dentro de un crisol de porcelana vacío, se colocó en una mufla para ser calcinado a 550°C durante 8 horas, se trasladó a un desecador para que enfriara a temperatura ambiente y finalmente se pesó el crisol.

3.1.2.3 Contenido de proteínas

El cálculo del contenido de proteínas de la muestra se basó en el método Kjeldahl. Para esta prueba se empleo 1g de muestra, la cual se hizo digerir con 15ml de ácido sulfúrico al 98% junto con 0,2g de catalizador para proteínas (sulfato cúprico pentahidratado y sulfato potásico); durante cuatrohoras en calentamiento gradual. Luego de que la solución se torno color verdoso, se retiró de la plancha de calentamiento, para permitirle enfriarse hasta temperatura ambiente. Una vez fría, se procedió a destilarla en la unidad de destilación automática, recolectándose el destilado en un matraz Erlenmeyer junto con 25ml de solución de ácido bórico al 4% y 5 gotas de la mezcla de indicadores. Finalizada la destilación se procedió a titularla con una solución de ácido clorhídrico 0,1N.

3.1.2.4 Contenido de grasas

Para llevar a cabo este análisis se tomó un dedal de extracción de celulosa, en el cual se pesaron 2g de muestra. Este dedal se llevó al aparato de extracción de grasas, junto con un *beaker* de extracción, el cual sirvió para recibir la grasa. La extracción se realizó a cabo en tres pasos, siendo el primero la inmersión por 10 minutos del dedal en 30ml de hexano, transcurrido este tiempo empezará la etapa de lavado por 10min más, y por último la evaporación del solvente para así con esto dejar las

grasas depositadas. Luego se llevó el *beakera* la estufa por razón de 30min a 100°C, para luego trasladarlo al desecador hasta su completo enfriamiento y pesado.

3.1.2.5 Contenido de fibra cruda

Para este análisis se debió contar con 1,5g de muestra desgrasada, la cual se llevó a digestión durante 30min en una solución al 1,25% de ácido sulfúrico hirviendo. Transcurrido este tiempo se procedió al filtrado en un crisol de Gooch empacado con lana de vidrio usando una bomba de vacío. Una vez filtrado se procedió a digerir el residuo con una solución al 1,25% de hidróxido de sodio y se filtró mediante el mismo proceso. Finalizada la etapa de digestión y filtrado, se llevó a la estufa durante 60min a 100°C. Finalizado el calentamiento, se trasladó a un desecador hasta su completo enfriamiento para proceder a pesarlo. Una vez pesado se llevó a la mufla a 550°C durante 60min. Los crisoles se pesaron una vez fríos.

3.1.2.6 Contenido de carbohidratos.

El contenido de carbohidratos se obtuvo mediante la diferencia entre los porcentajes de humedad, cenizas, proteínas, fibra cruda y grasas determinados previamente en base a 100%.

3.1.2.7 Rendimiento en producto pulverizado

El rendimiento del producto pulverizado del amaranto se calculó tomando la masa de la porción comestible de las hojas de amaranto junto con la masa de lo retenido por el tamiz (producto grueso) y la masa de lo que atravesó el tamiz (producto fino), después de la molienda. En la tabla

3.1 se muestran los resultados de las masas medidas para cada una de las muestras

Tabla 3.1 Masas medidas para el cálculo del porcentaje de rendimiento del producto pulverulento del follaje de amaranto.

Muestra	Masa (g)
Hojas frescas	286,86
Producto grueso	32,79
Producto fino	19,57

3.1.2.8 Cálculo del porcentaje de rendimiento

Para el cálculo del porcentaje de rendimiento se empleó la ecuación 3.1

$$\%Rendimiento = \frac{Masa\ del\ producto\ pulverulento}{Masa\ de\ la\ porción\ comestible} \times 100 \quad (Ec\ 3.1)$$

Los resultados para el porcentaje de rendimiento se reportan en la tabla 4.1

3.2 Realizar la caracterización fisicoquímica de las mezclas obtenidas de harinas de trigo y de amaranto a distintas proporciones.

3.2.1 Preparación de la harina compuesta.

Para la preparación de las harinas compuestas se partió como base preparar 200g de harina. Para el caso de la harina 70% trigo, 30% amaranto se colocó en un tazón 140g de harina de trigo junto con 60g del

producto pulverulento del follaje de amaranto, se mezcló con una cuchara de madera y se hizo pasar por el tamiz de 60 mesh con el fin de homogenizar la mezcla. En cuanto a la harina 60% amaranto y 40% trigo, se repitió el mismo procedimiento, utilizando 120g de harina de trigo y 80g del follaje pulverizado de amaranto.

3.2.2 Variables involucradas en el proceso de la elaboración de la harina compuesta.

Durante el proceso se tomó en cuenta solo una variable específica: relación entre la cantidad de harina de trigo y harina de amaranto. Se utilizaron dos relaciones porcentuales, las cuales fueron 70% harina de trigo y 30% harina de amaranto, y 60% harina de trigo y 40% harina de amaranto, esto sirvió para estudiar la influencia que tiene la cantidad de harina de amaranto en el proceso de panificación y su valor nutricional sobre el mismo. En la tabla 3.2 se muestran los términos asignados a cada formulación en base a los porcentajes de amaranto y trigo empleados.

Tabla 3.2 Terminología de identificación de las muestras, de acuerdo con la relación porcentual de las harinas de trigo y amaranto.

Término	%Trigo	%Amaranto
A	0	100
T	100	0
T7A3	70	30
T6A4	60	40

3.2.3 Evaluación fisicoquímica de las harinas compuestas

Para la evaluación fisicoquímica de las harinas compuestas, se llevaron a cabo las mismas pruebas que se emplearon para la evaluación fisicoquímica del producto pulverulento del follaje de amaranto.

3.2.3.1 Determinación de Humedad (Norma COVENIN 1553-80)

Para la determinación de la humedad presente en las diversas muestras se tomó el siguiente procedimiento por duplicado y triplicado, según Norma Covenin:

1. Pesar un crisol (M1).
2. Colocar en el crisol 2 g de muestra y registrar el peso (M2).
3. Colocar el crisol en la estufa a 80 °C durante 5 horas.
4. Abrir la estufa y dejar enfriar.
5. Pasar al desecador hasta enfriar totalmente y pesar (M3).

3.2.3.2 Cálculo del contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad del producto pulverulento del amaranto y de las harinas compuestas obtenidas se utilizó la ecuación 3.2.

$$\%H = \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} \times 100 \quad \text{Ec 3.2}$$

Donde:

%H: Porcentaje de humedad.

M1: peso del crisol vacío (g).

M2: peso del crisol con la muestra (g).

M3: peso del crisol con la muestra después del calentamiento (g).

Tomando los valores M1, M2 y M3 para la muestra 1A de la tabla A.1 y sustituyéndolos en la ecuación 3.2u se tiene:

$$\%H = \frac{(18,9798 - 18,8604)gH_2O}{(18,9798 - 16,9806)gmuestra} \times 100$$

$$\%H = 5,97 \%$$

3.2.3.3 Determinación del contenido de Cenizas (Norma COVENIN 1783-81)

El procedimiento que se llevó a cabo es el siguiente:

1. Pesar un crisol (C1).
2. Colocar 2 g aproximadamente de harina y pesar (C2).
3. Colocar el crisol en la mufla a 550 °C durante 8 horas.
4. Llevar al desecador hasta enfriar a temperatura ambiente y pesar (C3).

3.3.3.4 Cálculo del contenido de cenizas

Para este cálculo se utilizó la ecuación 3.3

$$\%C = \frac{C_3 - C_1}{C_2 - C_1} \times 100 \quad Ec 3.3$$

Donde:

%C: porcentaje de cenizas.

C1: peso del crisol vacío (g).

C2: peso del crisol con la muestra (g).

C3: peso del crisol con la muestra después de incineración (g).

Tomando los valores C1, C2 y C3 de la muestra 1A, de la tabla A.2 y sustituyendo en la ecuación 3.3, para la determinación del contenido de cenizas, se tiene:

$$\%C = \frac{(17.3934 - 16.9806)g \text{ cenizas}}{(18.8604 - 16.9806)g \text{ muestra}} \times 100$$

$$\%C=21,96 \%$$

3.2.3.5 Determinación del contenido de proteínas (Norma COVENIN 1195-80)

El procedimiento es el siguiente:

1. Pesar en un papel de filtro 1 g de muestra.
2. Colocar el papel de filtro junto con la muestra en un matraz Kjeldahl.
3. Agregar 20 ml de ácido sulfúrico al 98% dentro del matraz Kjeldahl.
4. Llevar a calentamiento gradual por cuatro horas.
5. Dejar enfriar hasta temperatura ambiente.
6. Colocar 25 ml de solución de ácido bórico al 4% en un erlenmeyer junto con 5 gotas de la mezcla de indicador de proteínas.

7. Trasladar el erlenmeyer y el matraz Kjeldahl a la unidad de destilación.
8. Una vez finalizada la destilación titular la solución de ácido bórico junto con el destilado con una solución de HCl al 0,1N.

3.3.3.6 Cálculo de la cantidad de proteínas

La cantidad de proteínas de la muestra se determinó utilizando la ecuación 3.4

$$\%P = \%N * 6,25 \quad \text{Ec 3.4}$$

Donde:

%P: Porcentaje de proteínas.

%N: Porcentaje de nitrógeno convertido.

6,25: Factor de conversión nitrógeno-proteína

Para el cálculo del porcentaje de nitrógeno se utilizo la ecuación 3.5

$$\%N = \frac{0,014 \times P2 \times P3}{P1} \times 100 \quad \text{Ec 3.5}$$

Donde:

P1: masa de la muestra (g).

P2: Volumen gastado de titulante (ml)

P3: Concentración del titulante (Eq/L)

Tomando los valores de P1, P2 y P3 correspondientes a la muestra 1A de la tabla A.3 y sustituyéndolos en la ecuación 3.5 se tiene:

$$\%N = \frac{0,014 * 30,3 * 0.09796}{1,0740 \text{ g muestra}}$$

$$\%N = 3,87$$

Sustituyendo el valor de %N para la muestra 1A en la ecuación 3.4 se tiene

$$\%P = 3,87 * 6,25$$

$$\%P = 24,19$$

3.2.3.7 Determinación del contenido de grasas (Norma COVENIN 1785-81)

El procedimiento es el siguiente:

1. Pesar en un dedal de extracción 2g de muestra. (G1)
2. Pesar un beaker para grasas vacío (G2)
3. Verter 50ml de hexano en el beaker para grasas.
4. Llevar tanto el beaker como el dedal de extracción a la Unidad de Extracción de grasas por 30min.
5. Pesar el beaker para grasas luego de la operación de extracción (G3)

3.3.3.8 Cálculo de la cantidad de grasas

La cantidad de grasas de la muestra se determinó utilizando la ecuación 3.3

$$\%G = \frac{G_3 - G_2}{G_1} \times 100 \quad \text{Ec 3.6}$$

Donde:

%G: Porcentaje de grasas.

G3: Peso del beaker después de la extracción (g).

G2: Peso del beaker vacío (g).

G1: Peso de la muestra (g).

Tomando los valores de G1, G2 y G3 correspondientes a la muestra 1A de la tabla A.4 y sustituyéndolos en la ecuación 3.6 se tiene:

$$\%G = \frac{(80,9970 - 80,9579)g}{2,0121 \text{ g muestra}}$$

$$\%G = 1,94$$

3.2.3.9 Determinación del contenido de fibra cruda (Norma COVENIN 1789-81)

El procedimiento es el siguiente:

1. Colocar en un balón plano de 500ml 2g de muestra (F1).

2. Verter dentro del balón 200ml de solución de HCl al 0,1N caliente.
3. Llevar el balón a hervor durante 30min usando un condensador de reflujo.
4. Filtrar el contenido del balón en el crisol de gooch, utilizando una bomba de vacío para ello.
5. Colocar el contenido del crisol dentro del balón.
6. Verter dentro del balón 200ml de solución de hidróxido de sodio al 0,1N caliente.
7. Llevar el balón a hervor durante 30min usando el condensador de reflujo.
8. Filtrar el contenido del balón, en el mismo crisol de Gooch, utilizando la bomba de vacío.
9. Llevar a la estufa a 100°C durante 5 horas.
10. Llevar al desecador hasta su completo enfriamiento.
11. Pesar el crisol (F3)
12. Llevar el crisol a la mufla a 550°C durante 20 min.
13. Enfriar en desecador.
14. Pesar el crisol (F4).

3.2.3.10 Cálculo de la cantidad de fibra cruda

La cantidad de fibra cruda de la muestra se determinó utilizando la ecuación 3.7

$$\%FC = \frac{F_2 - F_3}{F_1} \times 100 \quad Ec\ 3.7$$

Donde:

%FC: Porcentaje de fibra cruda.

F3: Peso del crisol después de la incineración a 550°C (g).

F2: Peso del crisol después del calentamiento a 100°C (g).

F1: Peso de la muestra (g).

Tomando los valores de F1, F2 y F3 correspondientes a la muestra 1A de la tabla A.5 y sustituyéndolos en la ecuación 3.7 se tiene:

$$\%FC = \frac{(32,0942 - 31,9260)g}{1,5475 g \text{ muestra}}$$

$$\%FC = 10,87$$

3.2.3.11 Determinación del contenido de carbohidratos

El contenido de carbohidratos en las muestras se determinó por diferencia y para ello se tomaron los valores obtenidos en base seca de los porcentajes de humedad, grasas, proteínas, cenizas y fibra cruda. Para ello se utilizó la ecuación 3.7

$$\%CT = 100 - (\%H + \%P + \%C + \%G + FC) \text{ Ec 3.7}$$

Donde:

%CT: Porcentaje de carbohidratos.

%H: Porcentaje de humedad

%P: Porcentaje de proteínas.

%C: Porcentaje de cenizas.

%G: Porcentaje de grasas.

%FC: Porcentaje de fibra cruda.

Todos los resultados para los análisis fisicoquímicos realizados a las mezclas se reportan en la tabla 4.3; mientras que los del producto foliar del amaranto en la tabla 4.2.

3.2.3.12 Determinación del pH a las mezclas farináceas de trigo y amaranto (Norma COVENIN 1315-79)

La determinación del pH se llevo a cabo siguiendo el protocolo 1315-79 de las Normas COVENIN, el cual estipula que se deben mezclarse 10g de harina con 100ml de agua y dejarlos en reposo durante treinta minutos. Se filtra y se determina el pH utilizando un medidor de pH. Los resultados se reportan en la tabla 4.4

3.2.3.13 Determinación de la acidez de las mezclas farináceas de trigo y amaranto

La determinación de la acidez se llevo a cabo mediante el empleo del método de la extracción con alcohol, el cual estipula que deben mezclarse 10 g de harina con 100 ml de alcohol neutro (etanol) al 90% y dejarlo en reposo durante 24 horas con agitación ocasional. Luego se titulan 50 ml del sobrenadante con una solución de NaOH. El porcentaje de acidez para las harinas se calcula en base al ácido sulfúrico

3.2.3.14 Cálculo del porcentaje de acidez de las mezclas farináceas de trigo y amaranto

El porcentaje de acidez fue determinado empleando la ecuación 3.8

$$\%A = \frac{0,049 \times N \times V}{gMuestra} \times 100 \quad Ec 3.8$$

Donde:

%A: Porcentaje de acidez referido al ácido sulfúrico.

N: Normalidad del titulante.

V: Volumen gastado de titulante (ml).

0,049: miliequivalentes del ácido sulfúrico

Tomando los valores de N y V reportados en la tabla A.6 y sustituyéndolos en la ecuación 3.8 se tiene:

$$\%A = \frac{0,049 \times 0,0201 \times 2,9}{10 \text{ g}} \times 100$$

$$\%A = 0,0286$$

Los resultados para los porcentajes de acidez obtenidos son reportados en la tabla 4.5

3.3 Determinar el perfil farinográfico de las distintas mezclas de harinas estudiadas.

Para llevar a cabo el estudio del perfil farinográfico de cada una de las muestras de harina, se utilizó un Farinógrafo Brabender, modelo 881043. El mismo se encuentra en la Escuela Latinoamericana de Molinería, ubicada en Puerto Cabello, estado Carabobo.

3.3.1 Cálculo de la cantidad de muestra utilizada

La cantidad de muestra utilizada para cada ensayo, se determinó de acuerdo a la cantidad de agua absorbida por la misma. De acuerdo a la ecuación suministrada por el protocolo de la Norma AACCC 54-21, existe una ecuación que se basa en el peso constante de la masa, y que estipula que para una harina con humedad y un porcentaje de absorción conocidos y otra harina con humedad conocida, es posible estimar qué

porcentaje de agua será absorbido. Entonces, la ecuación se simplifica en:

$$\frac{\%A1 + H1}{100 - H1} = \frac{\%A2 + H2}{100 - H2} \quad Ec3.9$$

Donde:

%A1: Absorción desconocida de la masapanaria 1

%A2: Absorción conocida de la masapanaria 2

H1: Humedad conocida de la masapanaria 1

H2: Humedad conocida de la masa panaria2

Tomando el valor correspondiente a la humedad para la muestra T7A3 de la tabla 4.2 y sustituyéndolo en la ecuación se tiene:

$$\frac{\%A1 + 10,89}{100 - 10,89} = \frac{70 + 11,1}{100 - 11,1}$$

Una vez obtenidos los valores para el agua que será posiblemente absorbida, es necesario conocer la cantidad de harina y agua que se debe agregar dentro de la cámara de mezclado S-50 del farinógrafo. Para ello se emplea la tabla farinográfica de peso de agua y harina a varios niveles de absorción, anexada en la norma AACCC 54-21. En la tabla 4.7 se reportan la cantidad de agua y harina empleadas en cada ensayo farinográfico.

3.3.2 Obtención de la curva farinográfica

Para la obtención de la curva farinográfica de cada muestra se siguió el protocolo descrito en la norma AACCC 54-21, en un farinógrafo del

tipo Brabender, el cual permite conocer la cantidad de agua absorbida por la harina, así como los tiempos de llegada, desarrollo, rompimiento y estabilidad de la masa.

Primeramente se encendió el equipo con una hora de anticipación para permitir el precalentamiento la cámara de mezclado S50 y el depósito de agua; luego se encendió la bomba de circulación. Una vez alcanzados los 30°C en todo el equipo, se colocó la muestra dentro de la cámara de mezclado, con el fin de homogeneizarla. Para ello se encendieron las aspadas amasadoras durante un minuto, esto permitirá que no se formaran grumos en los cuales la mezcla se torne heterogénea y, por ende, se obtenga un perfil farinográfico errado.

Una vez alcanzado el minuto de homogenización se procedía a desenfundar la plumilla y se coloca en posición para luego volver a encender las aspadas de amasado durante un minuto más. Si la plumilla trazaba una línea recta sobre el bond de farinografía se sabe que el equipo está calibrado y listo para llevar la prueba a cabo. Se procedió entonces a agregar el agua a través de la bureta, teniendo en cuenta que una vez agregada se formaba la masa y esta empezaba a salir por las comisuras de la cámara de mezclado, es necesario tener la espátula a mano para volver a colocar la muestra dentro, lo cual permitirá poder medir la fuerza de la harina correctamente.

El tiempo que la masa permanecía en el proceso de amasado era variable, considerándose un tiempo máximo de amasado de 30 minutos; pero si el punto de quiebre se obtenía antes de ese tiempo, la prueba había terminado.

Los valores de tiempo de desarrollo, tiempo de estabilidad e índice de tolerancia fueron tomados directamente de las curvas farinográficas y son reportados en la tabla 4.8.

En caso de que la curva no alcance las 500 U.B. hay que repetir la prueba variando la cantidad de agua progresivamente.

3.3.3 Medición del FallingNumber

En la primera fase se colocaron cinco gramos de muestra dentro de un tubo viscométrico, junto con 25ml de agua destilada a 20°C; se le colocaba un tapón y se agita treinta veces con la mano, lo que permitía crear una suspensión. En la segunda fase se colocaba el tubo viscométrico dentro del analizador del FallingNumber y se situaba el émbolo en posición; se presiona el botón de arranque conllevando que el embolo agitara la muestra durante sesenta segundos a 100°C. Por último una vez alcanzados los sesenta segundos al caer el embolo se empezaba un conteo digital en el analizador hasta alcanzar la completa licuefacción.

Los valores de FallingNumber son reportados en la tabla 4.8

3.3.4 Equipos, materia prima, materiales y sustancias implementados durante la evaluación fisicoquímica y farinográfica

◆ Equipos

- ◆ Estufa de secado, con rango de temperatura entre 30-220°C HORO Dr. Ing. A Hofmann, StufeMarkierungweiss.
- ◆ Plancha de calentamiento con agitación magnética Lab-Line, modelo N°. 1266 de 120 V, 60 Hz y 500 Watts.
- ◆ Plancha de calentamiento dual Lab-Line, de 120V. 60Hz con rango de temperatura entre 50 y 350°C
- ◆ Secador de bandeja con rango de temperatura entre 30 y 80°C
- ◆ Bomba de vacío marca General Electric, modelo 5KH32EG 550 A, 1725 rpm, de 115 V.
- ◆ Mufla marca Vulcan, modelo A-130, con rango de temperatura entre 200°C y 1100 °C, y volumen de cámara de 2184 cm³.
- ◆ pHmetro, ThermoElectroncorporationOrion 3 star.

- ◆ Aparato de digestión tipo Kjeldahl, marca Labconco.
- ◆ Aparato de extracción para la determinación de grasa, marca VelpScientifica/ SER 148.
- ◆ Balanza digital, marca Ohaus, modelo Explorer Pro/ EP4102C.
- ◆ Farinógrafo, marca Brabender, modelo 810143.
- ◆ Aparato de FallingNumber, marca Labotec, modelo Z-II.
- ◆ Licuadora, marca Oster, modelo 4190.

◆ **Materia prima**

- ◆ **Harina de trigo:** se utilizó Harina marca Polar[®] enriquecida, elaborada por la empresa MONACA, Venezuela.
- ◆ **Plantas de amaranto:** las plantas de amaranto utilizadas fueron obtenidas de un cultivo artesanal ubicado en El Tigre, Edo. Anzoátegui.
- ◆ **Levadura:** se utilizó levadura en pasta de la marca Fleischmann, fabricada por la Compañía Argentina de Levaduras, S.A.I.C.
- ◆ **Aceite vegetal:** se utilizó aceite vegetal marca Mazeite, elaborado por Alimentos Polar Comercial, C.A.

❖ **Materiales**

- ◆ Embudo de separación Buchner de 350ml.
- ◆ Cilindros graduados de 10, 30 y 1000ml
- ◆ Erlenmeyers de 250ml.
- ◆ Pinza metálica.
- ◆ Agitador de vidrio.
- ◆ Kitasato de 250ml.
- ◆ Termómetro con rango de temperatura de -10 y 150°C.
- ◆ Vaso de precipitado.
- ◆ Pipeta de 10ml y 25ml.
- ◆ Bureta de 25ml y 50ml.
- ◆ Espátula.
- ◆ Crisol de porcelana.

- ◆ Magnetos para agitación.
- ◆ Papel de filtro.
- ◆ Cápsulas de Petri.
- ◆ Tamices.
- ◆ *Beakers* de PYREX de 50,150, 250, 600 y 800ml.
- ◆ *Beakers* para grasas.
- ◆ Balón de 500ml.
- ◆ Matraz aforado de 1000ml.
- ◆ Crisol de Gooch.
- ◆ Crisol de porcelana.
- ◆ Pinzas.
- ◆ Tubos de ensayo.
- ◆ Pera de succión.
- ◆ Matraz Kjeldahl.
- ◆ Tubos viscosimétricos.
- ◆ Tamiz EndecottsLtd, de 60 mesh.
- ◆ Desecador de vidrio con gel de silicona como material desecante.
- ◆ Condensador de reflujo.

❖ **Sustancias**

- ◆ Solución de NaOH al 0,1N.
- ◆ Solución de NaOH al 18N.
- ◆ Solución de NaOH al 0,313N.
- ◆ Solución de HCl al 0,1N.
- ◆ Solución de H₂SO₄ al 0,255N.
- ◆ Ácido sulfúrico al 98%
- ◆ Indicador rojo de metilo-verde de bromocresol.
- ◆ Indicador rojo de metilo-azul de metileno
- ◆ Sulfato de cobre pentahidratado.
- ◆ Sulfato de potasio.

- ◆ Solución de ácido bórico al 4%
- ◆ H₂SO₄ al 98%
- ◆ Hexano.
- ◆ Biftalato de potasio.
- ◆ Éter etílico.
- ◆ Alcohol etílico al 95%

3.4 Contrastar la calidad sensorial de los alimentos tipo pan elaborados con las mezclas, en base a los atributos sabor, olor, color y textura.

3.4.1 Elaboración del alimento tipo pan

Para la elaboración del alimento tipo pan, los ingredientes utilizados se muestran en la tabla 3.9

Tabla 3.9. Ingredientes utilizados para la elaboración de los panes de harina compuesta y el pan control.

Ingredientes	Pan control (100% HT)	Pan 70% HT – 30% PA	Pan 60% HT – 40% PA
Harina de trigo (HT)	200 g	140 g	120 g
Producto de amaranto (PA)	-----	60 g	80 g
Azúcar	5 g	5 g	5 g
Sal	2 g	2 g	2 g
Levadura en pasta	6 g	6 g	6 g
Aceite vegetal	10 ml	10 ml	10 ml
Agua	100 ml	100 ml	100 ml

HT: Harina de trigo; PA: Producto pulverulento de amaranto.

Para la elaboración de los panes se realizaron tres masas, una control con un 100% de harina de trigo y las otras dos con las harinas realizadas anteriormente entre trigo y amaranto. La realización de los panes fue de manera artesanal, empleándose para ello el procedimiento experimental descrito en la figura 3.2

3.4.2 Evaluación sensorial del pan obtenido

Para llevar a cabo la evaluación sensorial se utilizó como referencia la metodología descrita por Poste y col, para un ensayo preferencial de escala hedónica de nueve puntos, que va desde *me gusta extremadamente*, hasta *me desagrada extremadamente*, esto con motivo de observar la aceptación de las dos muestras de panes. En la realización de la prueba se proporcionaron pedazos de pan (3cm de largo, 3cm de ancho y 1cm de espesor, aproximadamente) a 25 panelistas no entrenados, con edades comprendidas entre los 18 y 50 años. Para ello los panes fueron entregados en platos con una muestra por vez, codificados con números aleatorios. En esta prueba fueron evaluados el sabor, olor, color y textura.

La prueba se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la panadería San Pedro del Pan C.A., ubicada en la Avenida Pedro María Freites, municipio Simón Bolívar, estado Anzoátegui. Para llevar a cabo la prueba se prepararon los panes la noche anterior y se mantuvieron dentro del horno hasta la mañana en la que fue realizada

El formato de la hoja de evaluación se muestra en la figura 3.3 y los resultados de esta en la tabla 4.9

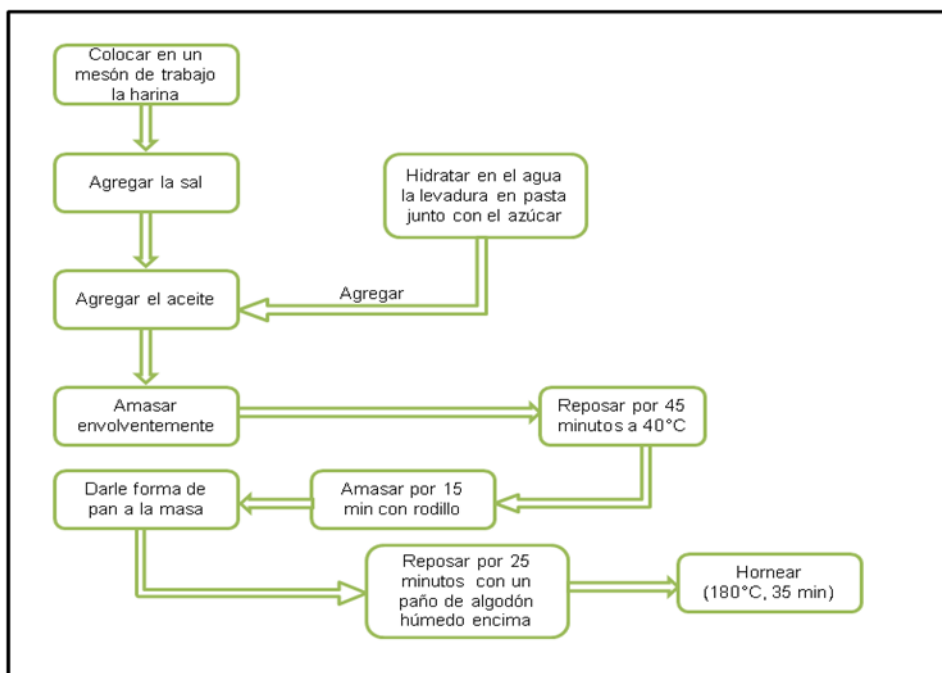


Figura 3.2 Procedimiento experimental para la elaboración de los panes.

Muestra: PAN CON 30% DE SUSTITUCIÓN DE AMARANTO

Edad: ____
Sexo: ____

Pruebe por favor la muestra e indique su nivel de agrado marcando el punto en la escala que mejor describe su reacción para cada uno de los atributos

	SABOR	COLOR	<u>COLOR</u>	TEXTURA
Me gusta extremadamente	_____	_____	_____	_____
Me gusta mucho	_____	_____	_____	_____
Me gusta moderadamente	_____	_____	_____	_____
Me gusta poco	_____	_____	_____	_____
Ni me gusta ni me disgusta	_____	_____	_____	_____
Me disgusta poco	_____	_____	_____	_____
Me disgusta moderadamente	_____	_____	_____	_____
Me disgusta mucho	_____	_____	_____	_____
Me disgusta extremadamente	_____	_____	_____	_____

Figura 3.3 Formato de la prueba hedónica de nueve puntos realizada en el análisis sensorial de los panes.

3.5 Análisis estadístico

Para determinar si existían diferencias significativas en los tratamientos durante la caracterización fisicoquímica del follaje pulverizado de amaranto y de las harinas compuestas trigo-amaranto, así como para el estudio farinográfico de las masas panarias, se realizaron los siguientes cálculos: análisis de t de student, análisis de la varianza de un factor (ANOVA), prueba de Kruskal-Wallis. Todos los cálculos se realizaron por medio del programa Statgwin 4.0.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS,

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Determinaciones generales de la materia prima (*Amaranthus dubius*)

4.1.1 Determinación del rendimiento de la hoja de Amarantho

En la tabla 4.1 se muestra el porcentaje de retención del producto pulverizado del follaje para las condiciones de secado que se emplearon en la desecación de las hojas de amaranto. Se observa una diferencia entre el valor de la masa de la materia prima inicial y la masa del producto pulverulento obtenido. Esto se explica ya que al ser un sólido con un alto porcentaje de humedad, la mayor parte de la masa se evaporó durante el proceso de secado, entre un 80 a un 82%. Posterior al secado una importante cantidad se retuvo en el tamiz con una apertura de 600 mesh, aquí se retuvo alrededor de un 11% de la masa inicial del follaje de amaranto. Finalmente se obtuvo una pequeña cantidad de producto pulverulento fino, como se puede apreciar en la tabla esta fue de aproximadamente 7%.

Tabla 4.1 Porcentaje de rendimiento de la hoja de amaranto

Muestra	Masa (g)	%Rendimiento
Masa de hojas inicial	286,86	-----
Producto grueso	32,79	11,35
Producto fino	19,57	6,77

4.2 Caracterización fisicoquímica del producto pulverulento del follaje de amaranto

Conocer la composición proximal (humedad, cenizas, proteínas, grasas, fibra cruda y carbohidratos) de los productos empleados en la panificación, permitirá comprender la influencia de este agregado dentro de la calidad nutricional en panes elaborados con las mismas, ya que con una correcta relación entre estos productos y la harina de trigo, se podrá obtener mezclas panarias con un mayor valor nutricional y en consecuencia, mejores panes.

En la tabla 4.2 se muestran los resultados para la caracterización fisicoquímica del producto pulverulento del follaje de amaranto.

Tabla 4.2 Composición fisicoquímica en base seca del producto pulverizado del follaje de amaranto

Parámetro	Hoja de Amaranto
Humedad (%)	6,73 ± 1,076
Cenizas (%)	23,39 ± 0,046
Proteínas (%)	25,90 ± 0,046

Tabla 4.2 Continuación

Parámetro	Hoja de Amaranto
Fibra Cruda (%)	13,76 ± 2,782
Grasas (%)	1,32 ± 0,134
Carbohidratos*	28,87

*Carbohidratos por diferencia

4.2.1 Contenido de humedad

El porcentaje de humedad que se obtuvo para el producto pulverulento del follaje de amaranto fue de 6,73%, al compararlo con el valor obtenido por Bónoli (2010) resulta que es un valor bajo ($p < 0,05$), ya que la misma reportó un valor de 9,5%. Esta diferencia porcentual depende de las manipulaciones previas realizadas en ambas muestras. A su vez este valor de humedad permitirá que el producto sea almacenado por un gran periodo de tiempo ya que el ataque microbiano aparece una vez alcanzados los catorce puntos porcentuales de humedad.

4.2.2 Contenido de cenizas

La ceniza de los productos alimentarios representa el residuo inorgánico que permanece una vez este ha sido incinerado; es decir, una medida de la cantidad de minerales presentes en el alimento.

En la tabla 4.2 se muestra el resultado obtenido del porcentaje de cenizas en el producto del follaje del amaranto (23,39%), superior ($p < 0,05$) al valor obtenido por Troiani (2005) de 20,60%. Al comparar este valor con los reportados por INN (2001), tanto para espinacas como para acelgas, 19% y 17% respectivamente, se observa que el contenido mineral del amaranto es superior ($p < 0,05$).

4.2.3 Contenido de proteínas

Las proteínas son los constituyentes más valiosos dentro de los alimentos, ya que son compuestos formativos indispensables para todas las células corporales. En la tabla 4.2 se observa que en el producto pulverulento del follaje de amaranto el porcentaje de proteínas obtenido fue de 25,904%, ubicándose entre los alimentos vegetales con mayor cantidad de proteínas. Al comparar este resultado con el reportado por Acevedo y col.(2007) de 25,44%, se observa que es superior ($p < 0,05$). Al evaluar este valor con los reportados por el INN(2001) para la espinaca y acelga, 29% y 20% respectivamente, se puede notar que el porcentaje de proteínas en el follaje pulverizado de amaranto se encuentra entre estos dos valores.

4.2.4 Contenido de fibra cruda

La fibra cruda es la suma de los polisacáridos y la lignina presente en los vegetales que no pueden ser digeridos por las secreciones endógenas del tracto intestinal. El contenido de fibra cruda presente en el producto del follaje de amaranto se muestra en la tabla 4.2; el cual fue de 13,763%. Al cotejar este valor con el reportado por Acevedo y col.(2007) 9,24% se observa que el valor obtenido es superior ($p < 0,05$). A su vez al comparar este valor con la cantidad de fibra cruda reportado por el INN(2001) presente en la espinaca y acelga, se percibe que el valor del follaje de amaranto (13,763%) es superior ($p < 0,05$) al de las espinacas (7,59%) y al de la acelga (10,41%).

4.2.5 Contenido de grasas

Las grasas son nutrientes esenciales en la dieta humana; ellas son la fuente de energía más concentrada conocida (9Kcal/g); aportan sabor y

participan en un gran número de actividades dentro del organismo, desde la formación de las membranas celulares hasta el transporte de las vitaminas liposolubles. Es por esto que el análisis de las grasas ha sido reconocido como de vital importancia.

En la tabla 4.2 se reporta que el valor del porcentaje de grasas del producto foliar del amaranto fue de 1,321%; este valor al ser comparado por el obtenido por Acevedo y col.(1,04%) se observa que dicho valor es superior ($p < 0,05$) en un 27%. Esto quizás se deba a la diferencia de los solventes empleados. Ya que al analizar la grasa extraída en el *beaker* de extracción se observó que esta presentaba una coloración verdosa. Esto sugiere que parte de los pigmentos (clorofila y carotenos) fueron extraídos junto con el solvente empleado (hexano).

Al comparar el valor obtenido con los valores de porcentaje de grasas en hojas de espinaca y acelga reportados por el INN (2001), se observa que la cantidad de grasas en el producto del amaranto es inferior ($p < 0,05$) al de la espinaca (3,79%) y al de la acelga (2,08%).

4.2.5 Contenido de carbohidratos

La fuente de energía por excelencia de las células son los carbohidratos, los cuales aportan la energía necesaria para que se lleven a cabo todas las actividades celulares vitales y forman parte de los compuestos que constituyen la materia orgánica.

En la tabla 4.2 se reporta un valor de 28,87% de carbohidratos presentes en el producto pulverulento del amaranto. Al comparar el valor obtenido de carbohidratos con los reportados por el INN (2001) para hojas de espinaca y hojas de acelga, se aprecia que el porcentaje es menor en ambos casos ($p < 0,05$), ya que el porcentaje de espinacas según el INN es 40,50 y para la acelga de 50%.

En la figura 4.1 se muestra la distribución de los componentes fisicoquímicos en el producto pulverulento del follaje de amaranto.

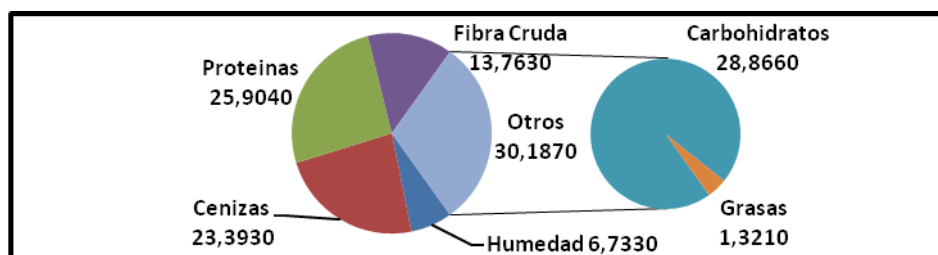


Figura 4.1 Distribución porcentual de los componentes fisicoquímicos en el producto pulverulento del amaranto

4.3 Caracterización fisicoquímica de las mezclas farináceas trigo y amaranto

La composición fisicoquímica de las harinas de panificación debe ser necesariamente evaluada, ya que cada uno de los parámetros que la conforman se encuentran regulados bajo diversas normas a nivel mundial. En el caso de Venezuela, dichos parámetros están regidos por la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), asignando para cada uno de ellos valores máximos y/o mínimos.

En la tabla 4.3 se muestran los resultados obtenidos para cada una de las caracterizaciones realizadas a las mezclas de trigo y amaranto formuladas.

Tabla 4.3 Composición fisicoquímica de las harinas compuestas en base seca

Parámetro	Mezcla T7A3	Mezcla T6A4
Humedad	10,89 ± 0,17 ^[A]	9,33 ± 0,94 ^[B]
Cenizas	7,09 ± 0,03 ^[A]	8,73 ± 0,03 ^[B]
Proteínas	16,07 ± 0,33 ^[A]	16,85 ± 0,47 ^[B]
Fibra Cruda	5,84 ± 0,09 ^[A]	6,87 ± 0,15 ^[B]
Grasas	1,36 ± 0,03 ^[A]	1,47 ± 0,02 ^[B]
Carbohidratos*	58,74	56,77
Calorías (kcal/100g)	234,98	227,06

Valores con letras iguales en una misma fila (A, B) estadísticamente son iguales a un nivel de confianza de 95 %. (*): Calculado por diferencia.

4.3.1 Contenido de humedad

La determinación de la humedad en una harina de panificación es de suma importancia, ya que de ella dependerán muchas variables, desde el precio de venta hasta su capacidad de almacenaje.

En la tabla 4.3 se observan los valores reportados del contenido de humedad para cada una de las formulaciones, los cuales van desde un 9,33% para la mezcla con 30% de producto foliar de amaranto, hasta 10,89% para la mezcla con 40% de dicho producto. Estos resultados presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) al ser comparados entre sí. A su vez se puede observar que mientras mayor es el agregado de producto pulverulento de amaranto la humedad de la harina es menor, lo cual permitirá un mayor tiempo de almacenaje de la misma, debido a que las harinas húmedas, con un contenido de humedad mayor al 13% están expuestas al ataque de microorganismos, arácnidos e insectos.

El INN (2001) reportó un valor de humedad para la harina de trigo de 12,2%, ambas formulaciones se encuentran por debajo de dicho valor ($p < 0,05$).

La Norma COVENIN (2001) estipula un valor máximo de humedad de 14%, ambas harinas se encuentran por debajo de dicho valor, satisfaciendo lo estipulado por la misma.

4.3.2 Contenido de cenizas

La determinación de las cenizas de una harina de panificación es de gran importancia, ya que esta reflejará si la harina de trigo se encuentra o no adulterada, puesto que es una medida directa si se le ha añadido salvado de trigo a la harina.

En la tabla 4.3 se observa que los valores reportados para las mezclas con un 30% y un 40% de amaranto son 7,09% y 8,73% respectivamente. Ambos resultados presentan diferencias significativas

entre sí ($p < 0,05$). Asimismo se puede notar que al agregar producto pulverulento de amaranto la cantidad de cenizas aumenta, siendo esta una medida directa de los minerales presentes en la harina de trigo se afirma que la mezcla con un 40% de producto pulverulento de amaranto es mineralmente superior ($p < 0,05$) que la mezcla con un 30%.

El INN (2001) reportó un valor de cenizas para la harina de trigo enriquecida de 0,4%, ambas mezclas se encuentran por encima de dicho valor ($p < 0,05$).

La Norma COVENIN (2001) estipula un valor máximo de cenizas de 0,9% esto con el fin de evitar adulteraciones por parte de los productores, en este caso ambas formulaciones superan el valor estipulado, pero al ser una materia prima diferente al trigo, este valor máximo permitido por la norma deberá ser reevaluado.

4.3.3 Contenido de proteínas

Las proteínas junto con la humedad conforman los parámetros de mayor importancia presentes en una harina de panificación. Todas las normas a nivel mundial estipulan un porcentaje mínimo presente de proteínas en la harina, puesto que durante el horneado del pan, una gran parte de ellas se desdoblaron y terminarán desnaturalizándose, perdiendo gran parte de su valor funcional.

En la tabla 4.3 se reportan los resultados obtenidos para las dos formulaciones de harina de trigo y amaranto, siendo 16,07% para la harina con un 30% de sustitución y 16,85% para la harina con 40% de sustitución. Al analizar estadísticamente ambos resultados se observa que existen diferencias significativas entre los mismos ($p < 0,05$); así mismo se aprecia que al agregar producto pulverulento de amaranto el porcentaje de proteínas aumenta.

El INN (2001) reportó un valor de proteínas de 12,8%, ambas mezclas se encuentran por encima de dicho valor.

La Norma COVENIN (2001) estipula un valor mínimo de proteínas en una harina de panificación de 11%, ambas formulaciones de trigo y amaranto superan dicho valor por más de un 5%.

Sharoba y col.(2009) identificó los aminoácidos presentes en la harina de granos de amaranto, reportando un mayor contenido de ácido glutámico (15,20%), arginina (10,08%), ácido aspártico (9,48%), glicina (7,86%), leucina (6,26%) y lisina (5,92%)

4.3.4 Contenido de fibra cruda

La fibra cruda se encuentra conformada por polisacáridos no digeribles, pero que están asociados a varias funciones corporales, como lo son la disminución de la insulinemia, genera un mayor tiempo de saciedad, combate el estreñimiento, así como al colesterol en la sangre.

En la tabla 4.3 se observan los valores reportados para las dos formulaciones realizadas de trigo y follaje de amaranto, siendo estos 5,84% y 6,87% para las mezclas con un 40% y 30% de sustitución, respectivamente. Como era de esperarse al aumentar el porcentaje de sustitución de trigo por producto pulverulento de amaranto el contenido de fibra cruda aumentaría, ya que al estar conformado por materia vegetal, los valores de lignina y hemicelulosa serán mayores que los aportados por el trigo.

El INN (2001) reporto un valor para la harina enriquecida de trigo de 0,4%, los valores obtenidos en ambas formulaciones superan dicho valor.

La Norma COVENIN (2001) a su vez estipula un valor máximo de fibra cruda presente en la harina de trigo de panificación de 0,6%; esto con motivo de evitar la adulteración de la harina. Ambas formulaciones superan dicho valor ($p < 0,05$), pero al igual que con el contenido de cenizas, dicho valor deberá ser reevaluado ya que el producto pulverulento del follaje de amaranto es una materia prima diferente del trigo.

Los resultados al analizarlos estadísticamente presentaron diferencias significativas entre sí ($p < 0,05$).

4.3.5 Contenido de grasas

En la tabla 4.3 se observan los valores obtenidos de grasas para las dos formulaciones de trigo y amaranto, siendo 1,36% para la formulación con un 30% de sustitución y de 1,47% para la formulación con un 40% de sustitución. Como se puede observar al agregar producto pulverulento del follaje de amaranto el porcentaje de grasas presentes aumenta. Entre las muestras se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$).

El INN (2001) reportó un valor para el porcentaje de grasa de 0,3%, ambas formulaciones superan dicho valor ($p < 0,05$).

Rodas y col. analizaron las grasas presentes en el grano de amaranto y reportaron un valor de 78% entre ácido oleico, linoleico y linolenico, 18% de ácido palmítico y un 4% de escualeno. Todos ellos ácidos grasos de gran valor nutricional.

La Norma COVENIN. (2001) no establece ningún valor máximo o mínimo en la cantidad de grasas presentes en la harina de panificación.

4.3.6 Contenido de carbohidratos

En la tabla 4.3 se observan los valores reportados para el porcentaje de carbohidratos. En dicha tabla se observa que el contenido de carbohidratos para la formulación con un 30% de amaranto fue de 58,74% mientras que para la formulación con un 40% de sustitución fue de 56,77%.

Como se esperó, el valor de este parámetro disminuiría al aumentar el porcentaje de sustitución, ya que al aporte nutricional por parte de los otros parámetros, provenientes del producto foliar de amaranto, siempre

fueron mayores al ser comparados con los valores reportados por la harina de trigo, tal y como se observa en la figura 4.4

El INN (2001) reportó un valor de 73,9% de carbohidratos presentes en la harina de trigo enriquecida, los valores obtenidos en ambas formulaciones es menor a este ($p < 0,05$).

La Norma COVENIN (2001) no establece ningún valor máximo o mínimo en la cantidad de carbohidratos presentes en la harina de panificación.

4.3.7 Calorías

El aporte calórico por parte de un alimento se refiere a la cantidad de energía que estos aportan al organismo, en el cálculo realizado a las harinas para panificación se obtuvo como resultado que la mezcla con un 30% de sustitución aporta 234,98 Kcal/100g, mientras que la harina con un 40% de sustitución 227,06 Kcal/100g. Esta diferencia se debe básicamente a la disminución en la cantidad de carbohidratos presentes en la formulación con un 40%, ya que estos se encuentran 2% por debajo de los carbohidratos aportados por la formulación con un 30% de amaranto. Las calorías presentes en un alimento se obtienen con la sumatoria de sus nutrientes en base a los siguientes factores proteínas: 4 Kcal/g; grasas: 9 Kcal/g).

El INN (2009) reportó un aporte calórico por parte de la harina de trigo de 359 Kcal/100g. El aporte calórico de ambas formulaciones se encuentra por debajo de dicha formulación.

4.3.8 pH en las harinas compuestas de trigo y amaranto

En la tabla 4.4 se muestran los valores promediados de pH para cada una de las muestras de harina compuesta. Como se puede observar el valor de pH aumento con respecto a la cantidad de harina de amaranto

incorporada, siendo el mayor valor de pH el de la harina con un 40% de amaranto, reportando un valor de $7,73 \pm 0,0436$. Ambas muestras de harina se consideran harinas neutras ya que ambos valores se encuentran muy cercanos al valor neutro de pH (7). Según la Norma COVENIN, no existen valores máximos permitidos para pH en una harina de panificación, sino un mínimo de 5,6. Como se muestra en la tabla 4.4, ambas harinas poseen un valor por encima del estipulado en la norma, por lo cual se consideran harinas aptas para el consumo humano.

Tabla 4.4 Valores de pH de las harinas compuestas medidos con el pHmetro

Muestra	pH
T7A3	$6,786 \pm 0,02$
T6A4	$7,73 \pm 0,04$

4.3.9 Acidez titulable de las harinas compuestas de trigo y amaranto

En la tabla 4.5 se muestran los valores promediados de acidez, en base al ácido sulfúrico, al haber titulado las muestras de harina con hidróxido de potasio. En dicha tabla se puede apreciar que los valores obtenidos son muy por debajo a lo que establece la Norma COVENIN estipula un valor máximo de 0,11. En este caso, los valores varían de $0,0286 \pm 0,100$, para la harina con un 30% de producto pulverulento de amaranto y de $0,0368 \pm 0,2082$, para la harina con un 40% de producto pulverulento de amaranto. Ninguna de las formulaciones de la harina presenta riesgo alguno en cuanto a la cantidad de ácido sulfúrico presente. Así que su ingesta está ampliamente permitida.

Tabla 4.5 Porcentaje de la acidez titulable, expresada en ácido sulfúrico, a las formulaciones de harina compuesta.

Muestra	%Acidez
T7A3	0,0286 ± 0,10
T6A4	0,0368 ± 0,21

En las figuras 4.2 y 4.3 se observan la distribución de los componentes químicos para las formulaciones con un 30% y 40% de sustitución respectivamente.

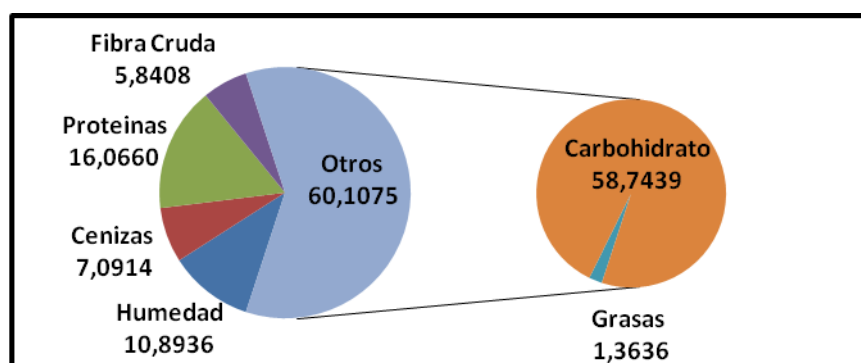


Figura 4.2 Distribución de los componentes fisicoquímicos en la harina con una formulación de 70% trigo y 30% amaranto

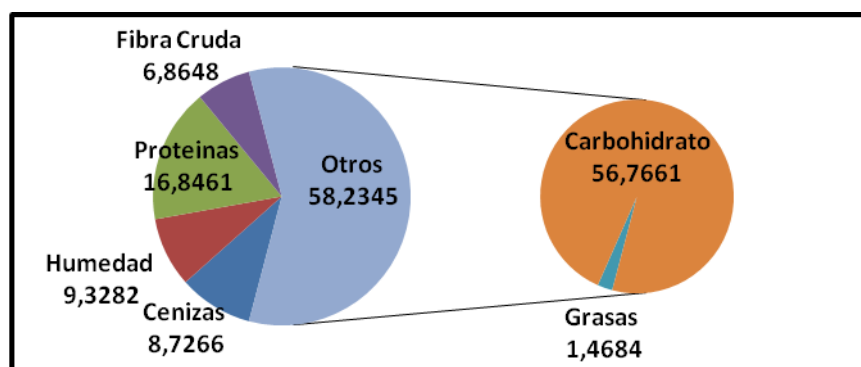


Figura 4.3 Distribución de los componentes fisicoquímicos en la harina con una formulación 60% trigo 40% amaranto

4.4 Comparación de la calidad nutricional de las distintas harinas con respecto a la harina de trigo 100%.

Para llevar a cabo la comparación nutricional de las harinas se debió primeramente estudiar la composición química de la harina de trigo. Para ellos se contó con una muestra de harina para panificación marca Polar®, elaborada por MONACA, Venezuela. La caracterización fisicoquímica fue aportada por parte de la empresa y como se observa en la tabla 4.6 cumple con lo establecido en la Norma COVENIN, excepto en el porcentaje de fibra.

Tabla 4.6 Composición fisicoquímica de la harina de panificación, marca Polar® (Fuente: MONACA)

Parámetro	Harina de trigo
Humedad	13,36
Cenizas	0,4700
Proteínas	11,98
Fibra Cruda	2,4000
Grasas	1,66
Carbohidratos	70,1300

Estudiando cada uno de estos parámetros, desde la humedad hasta los carbohidratos, en cada una de las mezclas se procedió a establecer graficas comparativas en base al porcentaje de amaranto presente.

4.4.1 Humedad

En la figura 4.4 se observa una disminución drástica de la cantidad de humedad presente. Siendo el valor más alto para la harina con 0% amaranto y el valor más bajo para una harina con un 40% de amaranto.

La humedad de una harina está directamente enlazada con las condiciones de secado y tratamiento de la misma, ya que siempre se querrá un valor de humedad fijo, estas condiciones deberán permanecer fijas para que se noten cambios en el tiempo. En este caso la harina de trigo presenta un mayor valor que cualquiera de las dos formulaciones de harina compuesta. El porcentaje de disminución con respecto al porcentaje de sustitución fue de 2,47% con un 30% de sustitución y de 4,03% con un 40% de sustitución. Esta disminución de la humedad le permitirá a las harinas permanecer un mayor tiempo en almacenaje ya que el ataque microbiano será retrasado por la baja humedad presente en las mezclas y empezará una vez se alcance el 14% de humedad.

4.4.2 Cenizas

A través de la figura 4.5 se observa el comportamiento del porcentaje de cenizas presente en cada muestra de las harinas estudiadas, ello se logró comparando el porcentaje de cenizas obtenido con el porcentaje de amaranto presente. En dicha gráfica se observa que ambas mezclas farináceas se encuentran por encima de la harina con 100% trigo empleada, no con ello representando una adulteración dentro de los parámetros establecidos por la Norma COVENIN, ya que el agregado no proviene del salvado de trigo. El resultado se traduce en que las mezclas poseen más del 500% de minerales que la harina 100% trigo para panificación sin ningún tipo de adulterante.

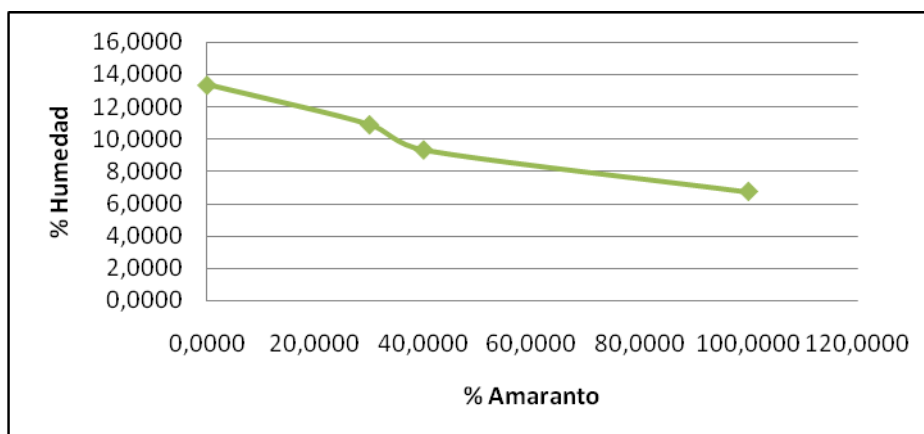


Figura 4.4 Grafico del porcentaje de humedad vs porcentaje de amaranto presenten las distintas muestras de harinas para panificación.

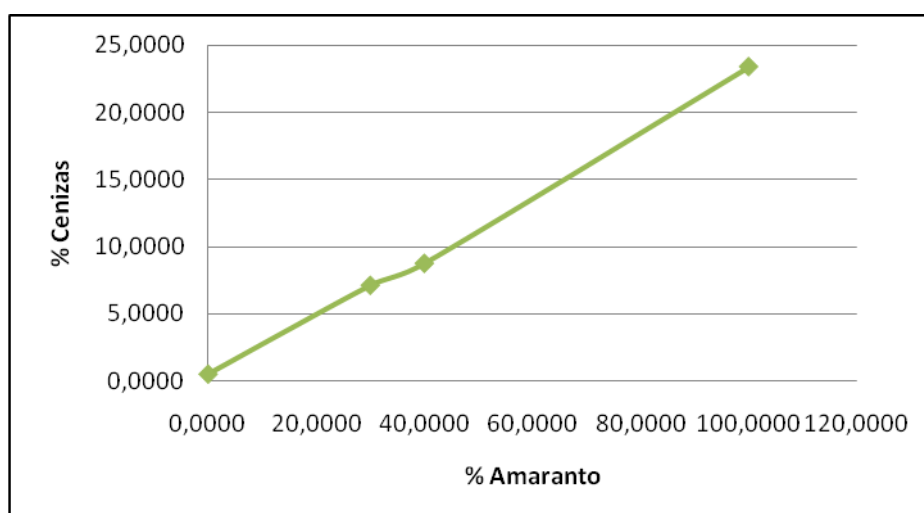


Figura 4.5 Grafico del porcentaje de cenizas vs porcentaje de amaranto presenten las distintas muestras de harinas para panificación

4.4.3 Proteínas

En la figura 4.7 se observa el crecimiento lineal del porcentaje de proteínas mientras aumenta el porcentaje de amaranto presente en las distintas formulaciones. Como era de esperarse al ir sustituyendo parcialmente la harina de trigo por producto pulverulento de amaranto, el nivel proteico de las harinas aumentó, ubicando a la muestra con un 30%

de sustitución 4 puntos porcentuales por encima de la harina de trigo 100%, a su vez la harina con un 40% de sustitución se acercó a los 5 puntos porcentuales de aumento. El aumento del nivel proteico si bien es muy interesante en estas nuevas mezclas, el aumento de la calidad proteica lo es más, ya que las proteínas presentes en la harina de trigo poseen una baja densidad de cargas, así como también presentan pobreza en aminoácidos básicos, aunque vale recalcar su gran contenido de ácido glutámico (en su forma de amida, glutamina) y de prolina Kasarda(1971), en cambio las proteínas presentes en el follaje de amaranto presentan una calidad proteica extraordinaria, pocas veces vista en los vegetales, con la presencia de todos los aminoácidos esenciales, una gran presencia de aminoácidos sulfurados así como de Lisina (FAO, 1975). En base a lo anterior es completamente valido decir que la mezcla de harinas no solo superó en cantidad el nivel de proteínas de la harina de panificación, sino que también superó en calidad proteica, lo cual resultará más beneficioso al momento de comer un pan preparado con cualquiera de las mezclas.

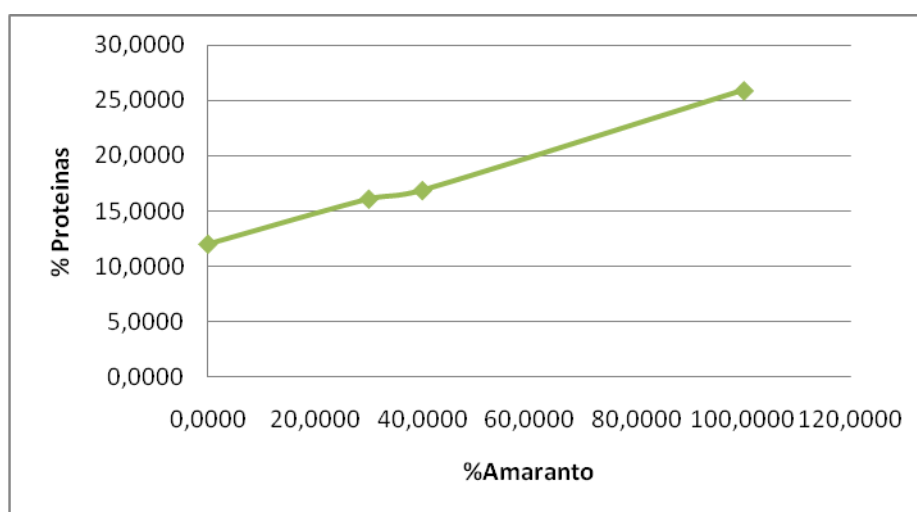


Figura 4.7 Grafico del porcentaje de proteínas vs porcentaje de amaranto presente en las distintas muestras de harinas para panificación

4.4.4 Fibra cruda

En la figura 4.6 se observa el comportamiento de la cantidad de fibra cruda con respecto a la cantidad de amaranto presente en cada una de las muestras estudiadas. En dicha figura se observa un crecimiento de la cantidad de fibra con respecto a la cantidad de producto pulverulento agregado, resaltando que con un 30% de amaranto agregado, el valor de fibra cruda presente se duplica con respecto al valor de la harina 100% trigo y con un 40% casi se triplica. El agregado de fibra cruda en ambas formulaciones permite compararlo, con la cantidad de fibra cruda que establecen ciertas normas internacionales para una harina de panificación integral, en algunas de ellas, supera dicho valor.

4.4.5 Grasas

El comportamiento del porcentaje de grasas presente en cada una de las muestras se observa en la figura 4.8. Como se aprecia en la figura 4.8, en las mezclas farináceas hay una caída en el porcentaje de grasas con respecto al trigo y al amaranto, esto se explica debido a que durante el proceso de extracción con éter la harina blanca de trigo se tiñó con los pigmentos presentes en el producto pulverulento del amaranto. Esto permitió que parte de los pigmentos quedaran en el seno de la mezcla y otros bajaran junto con el extracto etéreo. Aún así la calidad de los ácidos grasos presentes en el amaranto representa un aumento en la calidad nutricional de la harina de panificación puesto que todos ellos son beneficiosos en la dieta humana, como lo reporto.

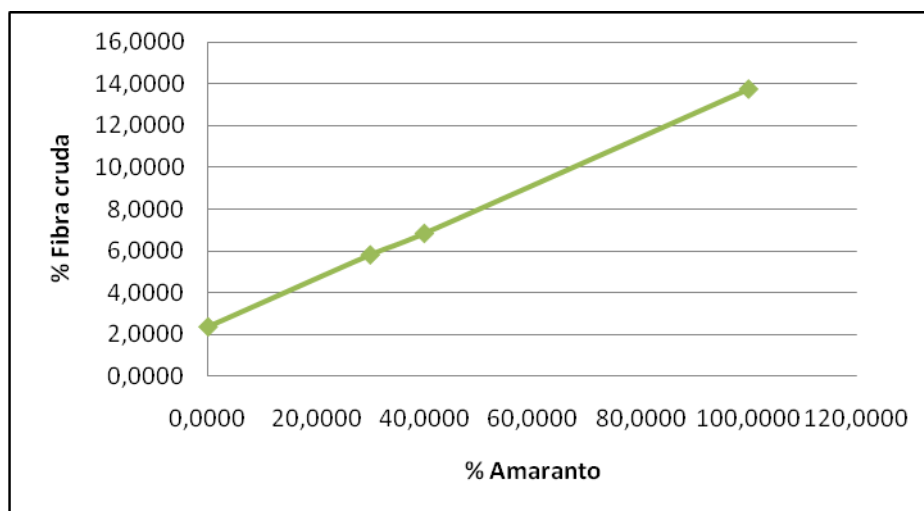


Figura 4.6 Grafico del porcentaje de fibra cruda vs porcentaje de amaranto presente en las distintas muestras de harinas para panificación.

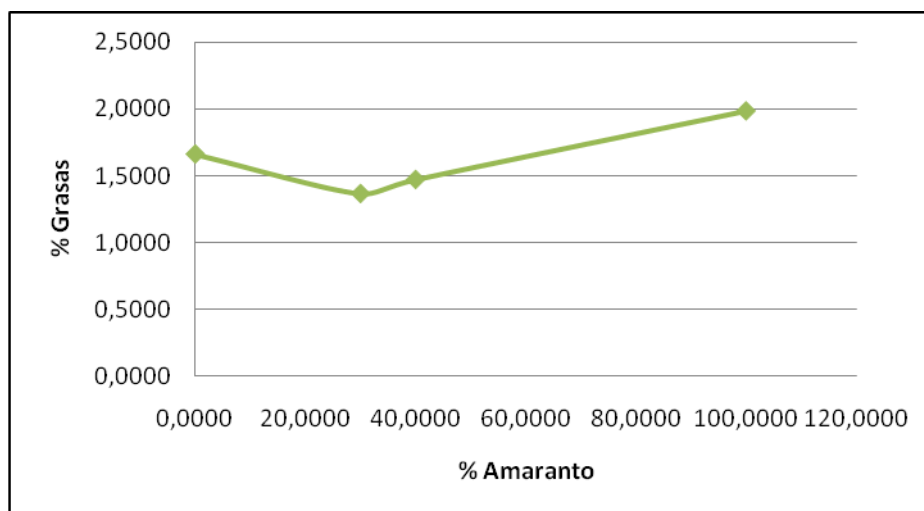


Figura 4.8 Grafico del porcentaje de grasas vs porcentaje de amaranto presente en las distintas muestras de harinas para panificación.

4.4.6 Carbohidratos

En la figura 4.9 se observa el descenso del porcentaje de carbohidratos presentes a medida que aumenta el porcentaje de amaranto agregado en la harina de trigo. Al analizar este resultado se

nota lo importante del mismo, ya que la disminución para ambas mezclas trigo-amaranto superó el 10%. Al evaluar los carbohidratos presentes en la harina de trigo y los carbohidratos presentes en los vegetales, se observa que el índice glicémico de la harina de trigo es bastante alto en comparación con los carbohidratos presentes en los vegetales, incluso es superior al del azúcar refinada. Al retirar parte de la carga glicémica a un producto alimentario se le retira parte de su función dañina, ya que un producto con un gran valor glicémico, se considera perjudicial, ya que eleva los niveles de insulina en la sangre y podría degenerar en una patología conocida como resistencia a la insulina, lo cual conlleva a aumentar de peso con mucha facilidad y en casos más severos a diabetes tipo. Las nuevas mezclas contarán con un agregado importante de carbohidratos, lo cual no le restará función energética, pero sustituirán los carbohidratos simples de la harina de trigo y por consecuencia sustituyendo carbohidratos dañinos, por carbohidratos beneficiosos para la salud.

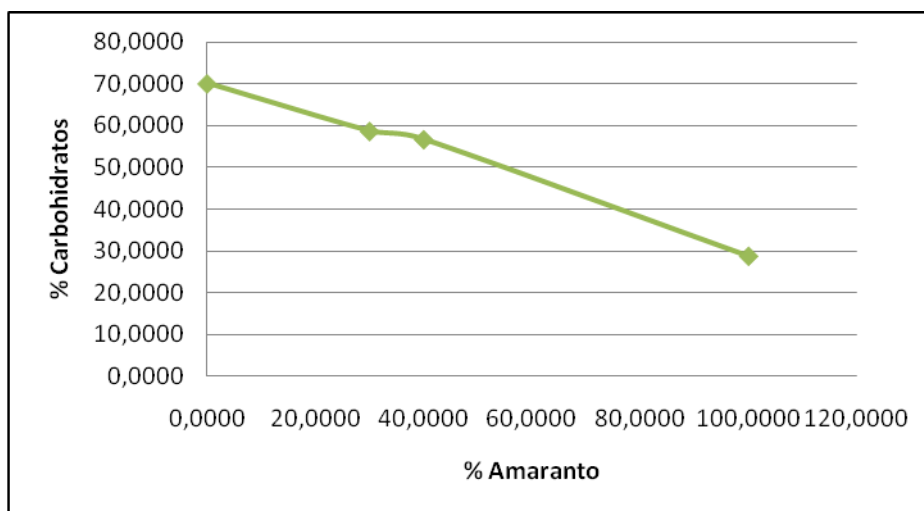


Figura 4.9 Gráfico del porcentaje de carbohidratos vs porcentaje de amaranto presente en las distintas muestras de harinas para panificación.

Al analizar estadísticamente los resultados se encontró que existían diferencias significativas entre todas las muestras en todos los parámetros evaluados (humedad, cenizas, proteínas, fibra cruda, grasas y carbohidratos) a un nivel de significancia del 95%.

4.5 Estudio del perfil farinográfico en las diferentes formulaciones obtenidas

El empleo de un farinograma permite conocer las características de las masas panarias como son: absorción de agua, tiempo de llegada y estabilidad, e índice de tolerancia.

En la tabla 4.7 se reportan las cantidades de agua y muestra a utilizar en cada ensayo farinográfico. Estos valores son extraídos directamente de la tabla para peso de harina y agua a diferentes niveles de absorción, anexada en el método 54-28 de la AACC.

Tabla 4.7 Pesos de harina y agua a utilizar en cada ensayo farinográfico.

Muestra	Harina (g)	Agua ml)
T1	48,9	31,1
T7A3	46,9	33,1
T6A4	46,1	33,9

En la Figura 4.10 se muestra una curva tipo realizada en un farinógrafo para una harina de panificación y en la figura 4.11 y 4.12 los farinogramas realizados para cada formulación. En la Tabla 4.8 se muestran los resultados obtenidos del análisis realizado con el farinógrafo, los cuales permiten estudiar el efecto del agregado de producto pulverulento del follaje de amaranto en una harina de panificación 100% trigo.

Tabla 4.8 Resultados farinográficos obtenidos para cada formulación.

Muestra	F.number (seg)	Parámetros farinográficos			
		Abs. Agua (%)	Desarrollo (min)	Estabilidad (min)	Tolerancia (U.B.)
T	302 ^[A]	63,7 ^[A]	1,5 ^[A]	7,9 ^[A]	56 ^[A]
T7A3	148 ^[B]	70,4 ^[B]	2,4 ^[B]	5,6 ^[B]	40 ^[B]
T6A4	242 ^[C]	73,4 ^[C]	6,75 ^[C]	18,3 ^[C]	30 ^[C]

Valores con letras iguales en una misma Fila (A, B) estadísticamente son iguales a un nivel de confianza de 95 %.

4.5.1 Absorción de agua

Las tres masas se analizaron a 500 Unidades Brabender (U.B.) en un farinógrafo y la capacidad de absorción de agua en cada formulación varió considerablemente.

Para la harina de trigo pionera con uso en panificación marca Polar® (11,98% de proteína) se obtuvo un grado de hidratación de 63,7%, para la formulación con un agregado de 30% de producto pulverulento del follaje de amaranto (16,07% de proteínas) se obtuvo un 70,4% de grados de hidratación, a su vez la harina con un 40% de sustitución logró hidratarse en un 73,4%. Lo que significa que las mezclas con un 30% y 40% de sustitución requerirán un 10,51% y 15,22% más de agua respectivamente. Al analizar estadísticamente los resultados a con un nivel de probabilidad del 95%, se observa que existen diferencias significativas entre los mismos.

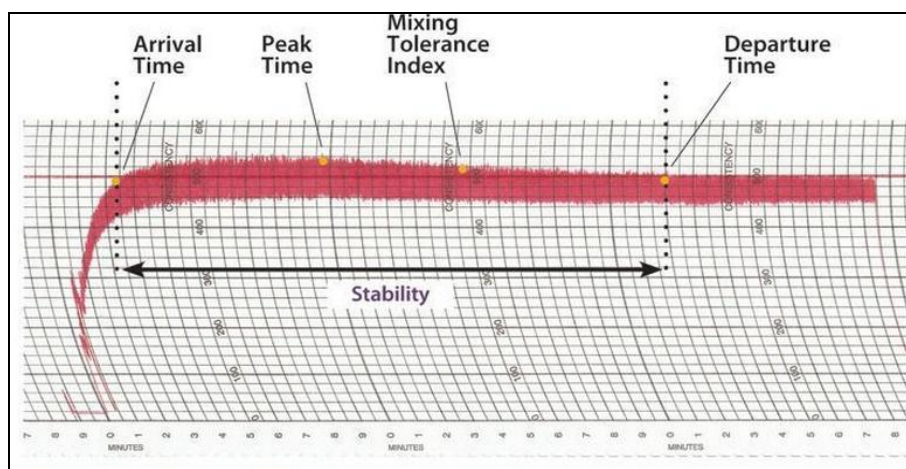


Figura 4.10. Farinograma tipo de una harina optima para panificación
(Fuente: AACC)

4.5.2 Tiempo de desarrollo, tiempo de estabilidad e índice de tolerancia

El tiempo de llegada o desarrollo de la masa, es el tiempo que tarda en formarse la masa y llegar a las 500 U.B. después de treinta segundos después de haber adicionado el agua, es la velocidad con la que la harina absorbe el agua y las proteínas se disuelven parcialmente. Este análisis en la harina pionera reportó un valor de 1,5 minutos, en cambio para las harinas con presencia de amaranto estos valores aumentaron a 2,4 y 6,75 minutos respectivamente. Esto se explica debido a la cantidad de proteínas presentes en las harinas con sustitución de amaranto, ya que al presentar una mayor cantidad, con respecto a la harina con un 100% de trigo, mayor será el tiempo que estas necesitarán de amasado.

Con estos resultados se demuestra que la presencia del producto pulverulento de amaranto influye directamente con la fuerza de la harina, ya que harinas con más fuerza requerirá de mayores tiempos de amasado. La mezcla con un 30% de sustitución presentó un valor de tiempo de desarrollo 60% superior al reportado por la harina de trigo,

mientras que la mezcla con un 40% de amaranto el valor fue 350% superior.

Con respecto al tiempo de estabilidad, este representa el tiempo que resiste la masa sobre la línea de 500 U.B. En la harina control se observó un comportamiento normal en una harina de panificación, con un tiempo de estabilidad de 7,9 min, en cambio en las harinas con presencia de amaranto se observaron los siguientes valores 5,6 min para la harina con un 30% de sustitución y de 18,3 min para la harina con un 40% de sustitución. Estos valores están considerablemente distantes el uno del otro y para poder explicar este fenómeno hay que analizar el seno de la masa y por ende al de las harinas. La estabilidad está inexorablemente ligada a la cantidad de proteínas presentes en la masa panaria, una harina con una mayor cantidad de proteínas tendrá mayores tiempos de estabilidad que una con una menor cantidad de las mismas, durante este tiempo las harinas terminan de absorber el agua mediante el esfuerzo mecánico del amasado.

En el caso de la harina con un 30% de sustitución ocurre que la cantidad de proteínas aportadas por el amaranto es muy similar a la cantidad de proteínas que aporta el trigo, lo cual conlleva a que durante el amasado estas dos partes de proteínas luchan por hidratarse, absorber la mayor cantidad de agua posible ambas partes, pero generándose una masa no homogénea, es decir la masa se comporta como dos masas con poca interacción entre sí, ya que ambas partes competirán por predominar una vez hidratadas, lo cual da como resultado un tiempo de estabilidad bastante bajo. El efecto contrario se observa con un 40% de sustitución, un tiempo de estabilidad bastante alto, el triple con respecto a la harina con un 30% de sustitución, esto se explica una vez más con un análisis sobre la cantidad de proteínas.

En una harina con un 40% de sustitución ya la cantidad de proteínas por parte del amaranto supera a la cantidad de proteínas aportadas por el trigo, esto permitirá a las proteínas del amaranto englobar a las proteínas

del gluten, actuando como una especie de armadura sobre ellas, permitiéndole a la masa comportarse homogéneamente, a su vez la calidad proteica del amaranto, la cual es por mucho superior a la del trigo, permitirá soportar un mayor tiempo de amasado ya que la fuerza del mismo lo recibirá en mayor medida las proteínas de la hoja del amaranto. El valor para tiempo de estabilidad reportado por la mezcla con un 30% de sustitución fue 29% inferior al reportado por la harina de trigo, mientras que el valor reportado por la mezcla con un 40% de sustitución fue 131% superior.

El índice de tolerancia representa la resistencia de una masa panaria al amasado, a su vez es considerado una medida directa de la calidad de la proteína en la masa, ya que es la calidad de la proteína la que permitirá soportar el impacto producido mientras se realiza el amasado. En la muestra control de harina de trigo se observó un comportamiento bastante normal dentro de harinas de panificación, midiendo un valor de 56 U.B., en la harina con un 30% de sustitución este valor descendió hasta 40U.B., y en la harina con un 40% de sustitución este valor fue de 30 U.B., mientras más alto sea este valor, más débil es la masa, como se puede observar el farinograma ratifica que al agregar producto pulverulento del follaje de amaranto la calidad de la proteína en la masa es mayor, permitiendo soportar mayores fuerzas de amasado.

Al analizar los resultados obtenidos para cada una de las muestras según lo establecido por Pantanelli (2009) se observa que la harina con 30% de sustitución se encuentra entre una calidad de harina discreta a una harina buena, en cambio la harina con un 40% de sustitución de amaranto se encuentra con una calidad óptima para panificación, la harina con un 100% de trigo presentó una calidad buena para panificación

En cuanto al FallingNumber, este representa una medida indirecta de la actividad enzimática de la α -amilasa. En la harina control con un 100% de trigo el valor de este fue de 302 segundos, para la harina con

30% de sustitución este decayó a 148 segundos y por último en la harina con un 40% de sustitución este volvió a aumentar hasta 242 segundos. La harina que mejor se comportó, fue la harina con 242 segundos, ya que valores superiores a 300 o inferiores a los 150 en harinas no son recomendados, ya que formarán panes con miga dura o miga muy blanda respectivamente.

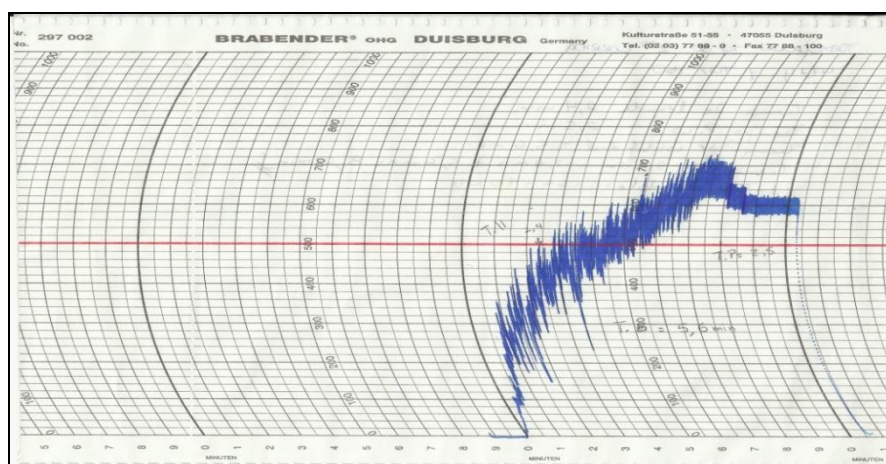


Figura 4.11 Farinograma de la harina de panificación con 30% de sustitución con producto pulverulento del follaje de amaranto.

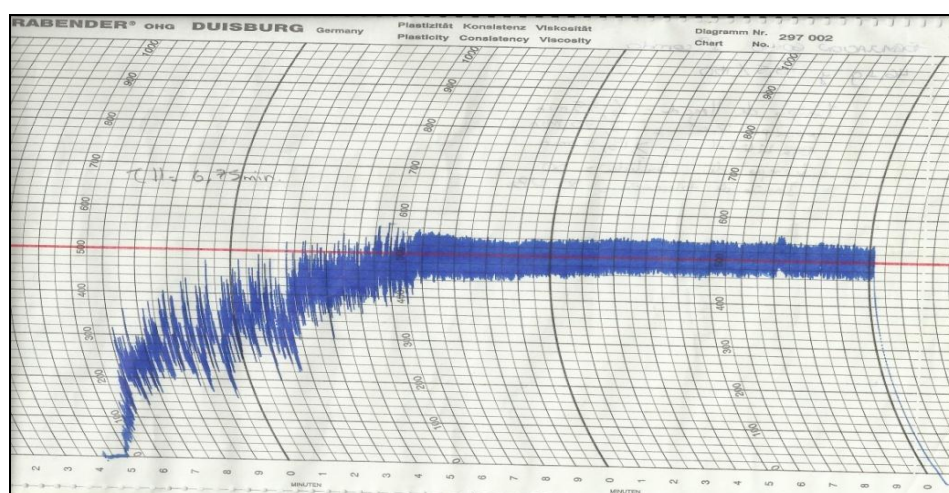


Figura 4.12 Farinograma de la harina de panificación con 40% de sustitución con producto pulverulento del follaje de amaranto.

4.6 Evaluación sensorial de los panes preparados con las diferentes formulaciones de harinas

El nivel de agrado de un producto alimentario es de gran importancia para toda empresa que se dedique a la producción del mismo, ya que de la calidad organoléptica dependerá de que el producto sea aceptado por la población, y permita la comercialización del mismo dentro o fuera del territorio.

Los resultados promedios de la prueba hedónica realizada a panes realizados con las harinas compuestas, así como a un pan control realizado con harina 100% trigo están reportados en la tabla 4.11. A su vez en la figura 4.13 se observa el comportamiento de cada una de las variables analizadas con respecto a los resultados obtenidos luego de la prueba hedónica aplicada.

Tabla 4.9 Medidas obtenidas del análisis sensorial de los panes realizados con las diferentes harinas

Muestra	% Amaranto		
	0	30	60
Sabor	7,92 ± 0,83 ^[B]	5,24 ± 1,11 ^[A]	5,20 ± 0,75 ^[A]
Olor	8,48 ± 0,43 ^[B]	5,16 ± 0,81 ^[A]	5,36 ± 0,74 ^[A]
Color	8,52 ± 0,51 ^[B]	7,44 ± 0,78 ^[A]	7,60 ± 0,25 ^[A]
Textura	8,24 ± 0,44 ^[B]	8,04 ± 0,71 ^[A]	8,20 ± 0,92 ^[A]

Los valores están expresados como la media \pm la desviación estándar. Valores con letras iguales en una misma fila (a,b,c) estadísticamente son iguales a un nivel de confianza de 95 %

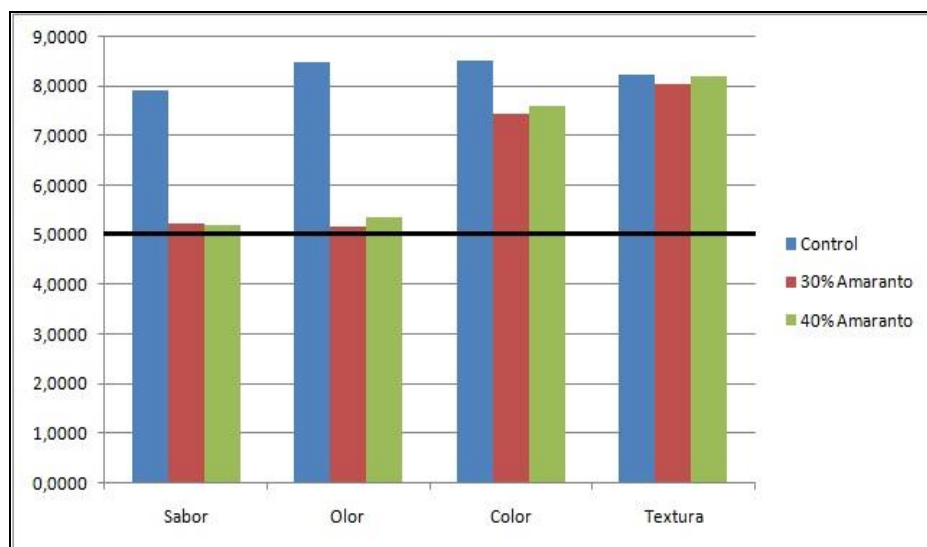


Figura 4.13 Evaluación sensorial de los panes

4.6.1 Sabor

Con respecto al color se observó que a los panelistas les agrado más ($p < 0,05$) el color del pan 100% trigo con respecto a los panes realizados con producto pulverulento del follaje de amaranto, ubicándose entre los valores de 7 (me gusta moderadamente) y 8 (me gusta mucho). En cambio los valores para los panes con producto de amaranto se ubican en el rango de 5 (ni me gusta ni me disgusta) y 6 (me gusta poco).

Entre los valores para las muestras con sustitución no se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$), pero al comparar estos valores con el de harina de trigo, si se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$).

4.6.2 Olor

En cuanto al olor se observó el mismo comportamiento respecto al sabor. A los panelistas les agrado más los panes con 100% trigo ($p < 0,05$) con respecto a los panes realizados con las harinas compuestas, ubicándolo en el rango de 8 (me gusta mucho) y 9 (me gusta extremadamente). Con respecto a los panes con producto de amaranto

en la formulación se ubicaron entre 5 (ni me gusta ni me disgusta) y 6 (me gusta poco).

Entre los valores para las muestras con sustitución no se observaron diferencias significativas, pero al comparar estos valores con el de harina de trigo, si se observaron diferencias significativas.

4.6.3 Color

El color de los panes realizados con un harina 100% trigo resultaron preferidos entre los panelistas con respecto a los panes realizados con las harinas compuestas ($p < 0,05$). Estos recibieron una puntuación entre 8 (me gusta mucho) y 9 (me gusta extremadamente). Con respecto a los panes con producto de amaranto en la formulación se ubicaron entre 7 (me gusta moderadamente) y 8 (me gusta mucho).

Una vez más se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los valores obtenidos entre el pan sin sustitución y los panes con sustitución, pero no entre los panes con sustitución.

En este caso resulta interesante que a los panelistas les haya gustado el color verde de los panes, esto indica que la innovación en cuanto a color es agradable, ya que permite un refrescamiento de la imagen clásica de un producto alimentario.

4.6.4 Textura

Con respecto a los valores de textura se observó que todos los panes se encontraron entre los valores de 8 (me gusta mucho) y 9 (me gusta extremadamente), no reportándose diferencias significativas entre los valores obtenidos. No obstante, es posible notar a través de la tabla 4.9 que el pan que más agradó a los panelistas fue el realizado con harina 100% trigo.

En la figura 4.13 se observa que todos los parámetros en todos los panes estuvieron por encima del nivel de desagradado (4), ya que la

línea negra ubicada en el 5 (ni me agrada ni me desagrada) representa el punto medio de la escala hedónica.

4.7 Conclusiones

1. El producto pulverulento del amaranto presentó una composición fisicoquímica de: 6,73% de humedad; 23,39% de cenizas; 25,90% de proteínas; 13,76% de fibra cruda; 1,32% de grasas y 28,87% de carbohidratos.
2. El rendimiento del producto pulverulento de amaranto bajo las condiciones de operación de 60°C por 4 horas fue de 6,77%.
3. El análisis de la caracterización fisicoquímica de las mezclas farináceas de trigo y amaranto reportó valores que cumplen con lo estipulado por la Comisión Venezolana de Normas Industriales para una harina de panificación.
4. Al comparar la calidad nutricional de las mezclas farináceas de trigo y amaranto con la harina de trigo 100% se obtuvo que en todos los parámetros analizados, las mezclas resultaron superiores nutricionalmente.
5. El empleo del farinógrafo demostró que para un agregado de 40% de producto pulverulento del follaje de amaranto el tiempo de estabilidad y el índice de tolerancia se tornan mejores que en una harina 100% trigo.

6. Los panelistas mostraron mayor agrado por el sabor, olor y color de los panes con 100% harina de trigo, mientras que la textura fue igualmente evaluada en los tres tipos de pan.

4.8 Recomendaciones

1. Estudiar la curva de secado de las hojas de amaranto. Esto permitirá obtener mejores tasas de rendimiento del producto pulverulento del follaje de amaranto.
2. Estudiar cómo afecta la calidad del suelo en la cantidad de proteínas presentes en el follaje del amaranto.
3. Realizarle a las harinas un alveograma para poder cuantificar la diferencia en la capacidad de retención de CO₂ entre las masas con agregado de amaranto.
4. Realizar una prueba de Seleny a las formulaciones de las harinas, con motivo de conocer la verdadera calidad de las proteínas presentes en las mezclas.
5. Durante el desarrollo del experimento de Kjeldahl para la cuantificación de proteínas, utilizar 1 g de muestra y no 2 g como lo especifica la norma COVENIN.
6. Durante el podado de las hojas, intentar quitar la mayor parte del tallo de la misma, ya que los componentes del mismo difieren con los de la hoja y afectarán los resultados.

7. Utilizar un solvente diferente a hexano al llevar cabo la operación de extracción de las grasas.

BIBLIOGRAFÍA

AACC Method 54-21. **“Farinograph Method for Flour”** Approved Methods of the AACC. The Association. USA. **(1985)**

AACC. **“American Association of Cereal Chemists”**. Approved Methods of the AACC. Ninth Edition. The Association. USA. **(1995)**

Acevedo, I., García, O., Acevedo, I. y Perdomo, C. **“Valor nutritivo del bledo (Amaranthus spp) identificado en el Municipio Morán, Estado Lara”**. Revista AGROLLANIA, 4, 77-93. **(2007)**

Alvarado, S., De la Rosa, L. **“Producción Orgánica de Amaranto en Atzitzihuacan, Puebla”**. Extraído de Internet el 23, de enero de 2012, desde <http://www.fuppue.org.mx/CONVERTIDOS%20PDF/Amaranto/Informe%20final.pdf> **(2012)**

Álvarez, M., Paredes, M., Lascano, A. **“Estudio Reológico de las Mezclas de Harinas Trigo, Cebada y Papas para la Utilización en la Elaboración de Pan”**. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador **(2012)**

Andaluza-Morales, A. **“La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica”**. Ed. Acribia S.A. España. **(1994)**

Asociación Mexicana de Amaranto. **“Amaranto, el Mejor Alimento de Origen Vegetal”**. Asociación Mexicana de Amaranto. Centro de Información al Consumidor. **(2003)**

Boatella, J., Codony, R., López P. **“Química y Bioquímica de los Alimentos II”**. Publicacions i Edicions Universitat de Barcelona. (Sin Fecha)

Bónolli, L. **Evaluación del proceso para extraer proteínas totales del follaje de Amarantho**. Tesis de grado. Departamento de Ingeniería Química, UDO, Anzoátegui. (2010)

Calaveras, J. **“Nuevo Tratado de Panificación y Bollería”**. A. Madrid Vicente Ediciones. Madrid (2004)

Carter, J. **“Characterization of oils and fats, Symposium Proceedings No.28”**. BFMIRA. Leatherhood(1977)

Crim, M. y Munro H. **“Proteínas en Conocimientos Actuales en Nutrición”**. Tomo I. Universidad de Chile (1988)

Crooke, W. y Simpson W. **Journal of the Science of food and Agriculture (1971)**

Edel A., Rosell, C. **“De tales harinas, tales panes”** Hugo Báez Editor. Córdoba, España. (2006)

Esau, K. **“Anatomy of Seeds Plants”**. John Wiley & Sons Ltd. New York (1977)

FAO. **“Informe sobre el hambre en el mundo 2011: los precios de los alimentos permanecen elevados y volátiles”**. Extraído el 17 de Octubre de 2011 desde <http://www.fao.org/news/story/es/item/92592/icode/>. FAO (2011)

Food Standards Committee. **“Report on Bread and Flour, FSC/REP/43”**. Londres: HMSO (1960)

Food Standards Committee. **Report on Water in Food, FSC/REP/70**. Londres: HMSO (1979)

Galindo A. **“El Amaranto: Una opción viable de alimento y cultivo”**. Extraído el 23 de abril de 2012, desde www.cucba.udg.mx/sitiosinteres/coaxican/plts_mex/amaranto_/amaranto.htm (2001)

Gobierno en línea. **“Inaugurada primera máquina procesadora de la planta pira”**. Extraído el 30 de marzo de 2011 desde http://gobiernoenlinea.gob.ve/noticias-view/ver_detalle.pag?idNoticia=55507. (2006)

González, J., Mosquera, F., Vanegas, P., Barrera, M., **“Influencia de las Mezclas de Harina de Trigo (*Triticum Vulgare*) y Chachafruto (*Erythrina Edulis Triana*), en la Composición y las Características Organolépticas del Pan”**. Universidad Nacional de Colombia sede de Bogotá. Bogotá, Colombia (Sin Fecha).

Hernández R., Herrerías G. **“Amaranto. Historia y promesa”**. Extraído el 13 de febrero de 2012 desde: <http://www.quali.com.mx/Amaranto.pdf>

Hoseney, R. y Seib, P. **“Structural Differences in Hard and Soft Wheats”**. Bakers Dig (1973)

Hoseney, C. **“Principios de ciencia y tecnología de los cereales”** Department of Grain Science and Industry. Kansas State University. Manhattan, USA (1991)

Kasarda, D., Bernardin, J. y Nimmo, C. **“Advances in Cereal Science and Technology, vol. I”**. Amer. Assoc. Cereal Chem. St. Paul, USA. (1976)

Kirk, R., Sawyer, R., Egan, H. **“Composición y Análisis de Alimentos de Pearson”**. Compañía Editorial Continental. IX Edición. México (2002)

Kramer, A. y Twigg, B. **“Fundamentals of Quality Control for the Food Industry”**. Avi Pub. II Edición. Westport, USA (1966)

Kropf, D. **“Journal of Food Quality”**. (1989)

Kuhn K., Stehle P., Furst P. **“Glutamine content of protein and peptide-based enteral products”**. JPEN J Parenter Enteral Nutrition (1996)

Kunert, B. Leung Woot-Tsuen. **“Alimentos, Agricultura, Mercados y Consumo”**. Editorial Continental. México (1963)

Lasztity, R. **“The Chemistry of Cereal Proteins”**. CRC Press. Boca Raton. USA (1984)

López, L. y Suarez, M. **“Fundamentos de Nutrición Normal”**. Editorial El Ateneo. Buenos Aires (2002)

MAFF. **“Manual of Nutrition”**. Londres: HMSO (1985)

Mapes, C. **“El Amaranto, Planta Originaria de Mexico”**. Instituto de Biología, UNAM. México. (Sin Fecha)

Matz, S. **“Cereal Science”**. Avi Pub. Westport (1969)

Ministerio de Salud y Desarrollo Social. Instituto Nacional de Nutrición. División de Investigación de Alimentos. **“Tabla de composición de alimentos para uso práctico”**. Primera reimpresión. Caracas, Venezuela. (2001)

Monasterios, X. **“Complementación de harina de maíz con harina de frijol en la preparación de un alimento tipo tortilla”**. Tesis Post Grado. Departamento de Ingeniería Química, UDO, Anzoátegui. (2001)

Nestle Nutrition Workshop Series Clinical & Performance Program. **“Nutrition and Critical Care Vol. 8”**. Karger Publishers (2003)

Norma Venezolana de Alimentos. **“Determinación de cenizas”**. Norma 1783-81. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Venezuela. COVENIN (1981)

Norma Venezolana de Alimentos. “**Determinación de fibra cruda**”. Norma 1789-81. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Venezuela. **COVENIN (1981)**

Norma Venezolana de Alimentos. “**Determinación de grasa cruda**”. Norma 1785-81. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Venezuela. **COVENIN (1981)**

Norma Venezolana de Alimentos. “**Determinación de proteína cruda**”. Norma 1195-80. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Venezuela. **COVENIN (1980)**

Norma Venezolana de Alimentos. “**Harina de trigo**”. Norma 217-2001. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Venezuela. **COVENIN (2001)**

Nutrition and Health. Protein Technologies International. www.protein.com

Osbourne, T. “**The Vegetable Proteins**”. Long Mans, Green & Co. II Edición. Londres (1974)

Pantanelli, A. “**Parámetros Industriales de la Calidad del Trigo**”. Extraído el 27 de julio de 2012 desde: <http://www.roagro.com.ar/upload/varios/Par%C3%A1metros%20Calidad%20del%20Trigo.doc> (2009)

Player, R. y Wood, R. “**Journal of the Association of Public Analysts**”. (1980)

Pomeranz, Y. “**Advances in Cereal Science and Technology**”. Assoc. Cereal Chemistry. St. Paul (1971)

Poste L., Mackie D., Butler G., & Lamond E. “**Laboratory Methods for Sensory Analysis of Foods**”. Research Branch Agriculture Canada Publication 1864/E. Ottawa, Canada. (1991)

Rodas B., Bressani R. **“Contenido de aceite, ácidos grasos y escualeno en variedades crudas y procesadas de grano de amaranto”**. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. (2009)

Ruiz, S., Urbaez, Z. **“Elaboracion de panes con harinas compuestas de catebia de yuca (*Manihotesculenta*) y trigo”**. Trabajo de Grado, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Puerto la Cruz (2010)

Sharoba, A. y col. **“Quality Attributes of Some Breads Made From Wheat Flour Substituted by Different Levels of Whole Amarath”** J. Agric. Sci. Mansoura Univ. India (2009)

Stevens, D. **“Flour Milling and Baking Research Association Bulletin”**.(1985)

Torres, E., Pacheco, E. **“Evaluación Nutricional, Física y Sensorial de Panes de Trigo, Yuca y Queso Llanero”**. Revista Chilena de Nutrición. (2007)

Troiani, R. Ferramola, L. **“Elaboración y Calidad de Cubos Compactados Realizados con Biomasa de Amaranto”**. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa. Argentina (2005)

Trop, M. y Grossman, S. **“Journal of theassociation of OfficialAnalyticalChemist”**. (1972)

UNICEF. **“Acción humanitaria para la infancia”**. Extraído el 17 de Octubre de 2011 desde:
http://www.unicef.org/hac2011/images/HAC2011_SP_web_final.pdf. UNICEF (2011)

UNICEF en línea. **“Alza de precios, mercados e inseguridad alimentaria y nutricional en el mundo”**. Extraído el 14 de octubre de 2011 desde:

http://www.unicef.org/lac/Alza_de_precios_mercados_e_inseguridad_alimentaria_y_nutric.pdf (2011).

UNICEF en línea. “**Proposed recommended nutrient densities for moderately malnourished children**”. Extraído el 15 de octubre de 2011, desde http://www.unicef.org/nutritioncluster/files/FNBv30n3_suppl_final.pdf (2009).

Watts, B., Ylimaki G., Jeffery L., Elias, L. “**Basic Sensory Methods for Food Evaluation**”. International Development Research Center. Ottawa (1989)

ANEXOS

Anexo A

Tablas de datos necesarias para el cálculo de parámetros fisicoquímicos de cada una de las muestras

Tabla A.1 Valores de masa del producto pulverulento del follaje de amaranto y las harinas compuestas antes y después del calentamiento para el cálculo del porcentaje de humedad

Muestra	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)
1A	16,9806	18,9798	18,8604
2A	17,4473	19,4142	19,2668
1T7A3	17,5643	19,4309	19,439
2T7A3	16,159	18,0295	18,0295
3T7A3	17,696	19,5193	19,5193
1T6A4	15,4047	17,4264	17,2877
2T6A4	18,9726	20,9863	20,8533
3T6A4	15,3443	17,3602	17,2293

Donde:

M1: masa del crisol vacío (g).

M2: masa del crisol con muestra (g).

M3: masa del crisol con muestra después del calentamiento (g).

Tabla A.2 Valores de masa del producto de amaranto y las harinas compuestas antes y después de incineración para el cálculo del porcentaje de cenizas

Muestra	C1 (g)	C2 (g)	C3 (g)
1A	16,9806	18,8604	17,3934
2A	17,4473	19,2668	17,8417
1T7A3	17,6960	19,6304	17,8178
2T7A3	15,3643	17,2773	15,4851
3T7A3	18,9726	21,0670	19,1055
1T6A4	16,1590	18,1952	16,3207
2T6A4	17,5643	19,6170	17,7261
3T6A4	15,4047	17,3329	15,5573

Donde:

C1: peso del crisol vacío (g).

C2: peso del crisol con la muestra (g).

C3: peso del crisol con la muestra después de incineración (g).

Tabla A.3 Datos necesarios para el cálculo del porcentaje de proteínas presente en el producto pulverulento del follaje de amaranto y las harinas compuestas

Muestra	P1 (g)	P2 (ml)	P3 (Eqv/L)
1A	1,074	30,30	0,098
2A	1,02	28,70	0,098
1T7A3	2,0429	31,00	0,1042
2T7A3	1,953	30,00	0,1042
3T7A3	1,9355	30,00	0,1081
1T6A4	2,0007	32,20	0,0988
2T6A4	2,0033	33,00	0,1042
3T6A4	1,9622	32,80	0,1081

Donde:

P1: masa de la muestra (g).

P2: Volumen gastado de titulante (ml)

P3: Concentración del titulante (N)

Tabla A.4 Datos necesarios para el cálculo de la cantidad de grasas presentes el producto pulverulento del follaje de amaranto y las harinas compuestas

Muestra	G1 (g)	G2 (g)	G3 (g)
1A	2,0121	80,9579	80,997
2A	2,0136	76,0599	76,0952
1T7A3	2,0335	75,956	75,9802
2T7A3	2,12	78,1473	78,1738
3T7A3	1,9247	77,2569	77,3106
1T6A4	1,9587	76,7486	76,7777
2T6A4	1,9929	80,1835	80,2049
3T6A4	1,9307	78,273	78,3007

Donde:

G1: masa de la muestra (g).

G2: masa beakervacio (g).

G3: masa del beaker después de la extracción G3

Tabla A.5 Datos necesarios para el cálculo de la cantidad de fibra cruda presentes el producto pulverulento del follaje de amaranto y las harinas compuestas

Muestra	F1 (g)	F2 (g)	F3 (g)
1A	1,5475	32,0942	31,926
2A	1,4855	31,5355	31,3156
1T7A3	1,4906	21,1592	21,08
2T7A3	1,4771	20,736	20,66
3T7A3	1,5112	28,6578	28,5799
1T6A4	1,5089	31,6013	31,5083
2T6A4	1,4699	32,0788	31,989
3T6A4	1,4374	22,3465	22,2545

Donde:

F1: masa de la muestra (g).

F2: masa del crisol a 100°C (g).

F3: masa del crisol a 550°C (g)

Tabla A.6 Valores obtenidos de volumen y concentración del agente titulante para cada una de las muestras.

Muestra	N (Eqv/L)	V (ml)
1T7A3	0,0201	2,90
2T7A3	0,0201	3,00
3T7A3	0,0201	3,10
1T6A4	0,0201	3,80
2T6A4	0,0201	3,50
3T6A4	0,0201	3,90

Anexo B

Tablas de resultados en base húmeda para cada una de las formulaciones

Tabla B.1 Resultados del cálculo de cenizas en base húmeda.

Muestra	%Cenizas
1A	21,9598
2A	21,6763
1T7A3	6,2965
2T7A3	6,3147
3T7A3	6,3455
1T6A4	7,9413
2T6A4	7,8823
3T6A4	7,9141

Tabla B.2 Resultados del cálculo de proteínas en base húmeda

Muestra	%Proteínas
1A	24,1920
2A	24,1277
1T7A3	14,2817
2T7A3	14,0054
3T7A3	14,6609
1T6A4	14,9938
2T6A4	15,0191
3T6A4	15,8112

Tabla B.3 Resultados del cálculo de fibra cruda en base húmeda

Muestra	%Fibra
1A	10,8691
2A	14,8031
1T7A3	5,3133
2T7A3	5,1452
3T7A3	5,1548
1T6A4	6,1634
2T6A4	6,1093
3T6A4	6,4004

Tabla B.4 Resultados del cálculo de grasas en base húmeda

Muestra	%Grasas
1A	1,9432
2A	1,7531
1T7A3	1,1901
2T7A3	1,2500
3T7A3	1,2054
1T6A4	1,4857
2T6A4	1,0738
3T6A4	1,4347

Anexo C

Tablas farinográficas (AACCC)

Tabla C.1 Pesos de harina y agua para obtener 480 g ó 80 g de masa a diferentes niveles de absorción

**FARINOGRAPH TABLE:
WEIGHT OF FLOUR AND WATER TO GIVE 480 g DOUGH
(LARGE BOWL) OR 80 g DOUGH (SMALL BOWL) AT
VARIOUS ABSORPTION LEVELS**

Final approval 4-13-61; revised 5-15-63; reviewed 10-27-82

Absorption, as-is Basis (%)	Large Bowl		Small Bowl		Absorption, as-is Basis (%)	Large Bowl		Small Bowl	
	Flour (g)	Water (ml)	Flour (g)	Water (ml)		Flour (g)	Water (ml)	Flour (g)	Water (ml)
54.0	311.7	168.3	51.9	28.1	58.0	303.8	176.2	50.6	29.4
.1	311.5	168.5	51.9	28.1	.1	303.6	176.4	50.6	29.4
.2	311.3	168.7	51.9	28.1	.2	303.4	176.6	50.6	29.4
.3	311.1	168.9	51.8	28.2	.3	303.2	176.8	50.5	29.5
.4	310.9	169.1	51.8	28.2	.4	303.0	177.0	50.5	29.5
54.5	310.7	169.3	51.8	28.2	58.5	302.8	177.2	50.5	29.5
.6	310.5	169.5	51.7	28.3	.6	302.6	177.4	50.4	29.6
.7	310.3	169.7	51.7	28.3	.7	302.5	177.5	50.4	29.6
.8	310.1	169.9	51.7	28.3	.8	302.3	177.7	50.4	29.6
.9	309.9	170.1	51.6	28.4	.9	302.1	177.9	50.3	29.7
55.0	309.7	170.3	51.6	28.4	59.0	301.9	178.1	50.3	29.7
.1	309.5	170.5	51.6	28.4	.1	301.7	178.3	50.3	29.7
.2	309.3	170.7	51.5	28.5	.2	301.5	178.5	50.2	29.8
.3	309.1	170.9	51.5	28.5	.3	301.3	178.7	50.2	29.8
.4	308.9	171.1	51.5	28.5	.4	301.1	178.9	50.2	29.8
55.5	308.7	171.3	51.4	28.6	59.5	300.9	179.1	50.1	29.9
.6	308.5	171.5	51.4	28.6	.6	300.8	179.2	50.1	29.9
.7	308.3	171.7	51.4	28.6	.7	300.6	179.4	50.1	29.9
.8	308.1	171.9	51.3	28.7	.8	300.4	179.6	50.1	29.9
.9	307.9	172.1	51.3	28.7	.9	300.2	179.8	50.0	30.0
56.0	307.7	172.3	51.3	28.7	60.0	300.0	180.0	50.0	30.0
.1	307.5	172.5	51.2	28.8	.1	299.8	180.2	50.0	30.0
.2	307.3	172.7	51.2	28.8	.2	299.6	180.4	49.9	30.1
.3	307.1	172.9	51.2	28.8	.3	299.4	180.6	49.9	30.1
.4	306.9	173.1	51.2	28.9	.4	299.3	180.7	49.9	30.1
56.5	306.7	173.3	51.1	28.9	60.5	299.1	180.9	49.8	30.2
.6	306.5	173.5	51.1	28.9	.6	298.9	181.1	49.8	30.2
.7	306.3	173.7	51.0	29.0	.7	298.7	181.3	49.8	30.2
.8	306.1	173.9	51.0	29.0	.8	298.5	181.5	49.7	30.3
.9	305.9	174.1	51.0	29.0	.9	298.3	181.7	49.7	30.3
57.0	305.7	174.3	50.9	29.1	61.0	298.1	181.9	49.7	30.3
.1	305.5	174.5	50.9	29.1	.1	298.0	182.0	49.7	30.3
.2	305.3	174.7	50.9	29.1	.2	297.8	182.2	49.6	30.4
.3	305.1	174.9	50.8	29.2	.3	297.6	182.4	49.6	30.4
.4	305.0	175.0	50.8	29.2	.4	297.4	182.6	49.6	30.4
57.5	304.8	175.2	50.8	29.2	61.5	297.2	182.8	49.5	30.5
.6	304.6	175.4	50.8	29.2	.6	297.0	183.0	49.5	30.5
.7	304.4	175.6	50.7	29.3	.7	296.8	183.2	49.5	30.5
.8	304.2	175.8	50.7	29.3	.8	296.7	183.3	49.4	30.6
.9	304.0	176.0	50.7	29.3	.9	296.5	183.5	49.4	30.6

Tabla C.1 Pesos de harina y agua para obtener 480 g ó 80 g de masa a diferentes niveles de absorción

**Farinograph Table: Weight of Flour and Water to Give
480 g Dough (Large Bowl) or 80 g Dough (Small Bowl)
at Various Absorption Levels (continued)**

Absorption, as-is	Large Bowl		Small Bowl		Absorption, as-is	Large Bowl		Small Bowl	
	Basis (%)	Flour (g)	Water (ml)	Flour (g)		Water (ml)	Basis (%)	Flour (g)	Water (ml)
62.0	296.3	183.7	49.4	30.6	66.0	289.2	190.8	48.2	31.8
.1	296.1	183.9	49.3	30.7	.1	289.0	191.0	48.2	31.8
.2	295.9	184.1	49.3	30.7	.2	288.8	191.2	48.1	31.9
.3	295.7	184.3	49.3	30.7	.3	288.6	191.4	48.1	31.9
.4	295.6	184.4	49.3	30.7	.4	288.5	191.5	48.1	31.9
62.5	295.4	184.6	49.2	30.8	66.5	288.3	191.7	48.0	32.0
.6	295.2	184.8	49.2	30.8	.6	288.1	191.9	48.0	32.0
.7	295.0	185.0	49.2	30.8	.7	287.9	192.1	48.0	32.0
.8	294.8	185.2	49.1	30.9	.8	287.8	192.2	48.0	32.0
.9	294.7	185.3	49.1	30.9	.9	287.6	192.4	47.9	32.1
63.0	294.5	185.5	49.1	30.9	67.0	287.4	192.6	47.9	32.1
.1	294.3	185.7	49.0	31.0	.1	287.3	192.7	47.9	32.1
.2	294.1	185.9	49.0	31.0	.2	287.1	192.9	47.8	32.2
.3	293.9	186.1	49.0	31.0	.3	286.9	193.1	47.8	32.2
.4	293.8	186.2	49.0	31.0	.4	286.7	193.3	47.8	32.2
63.5	293.6	186.4	48.9	31.1	67.5	286.6	193.4	47.8	32.2
.6	293.4	186.6	48.9	31.1	.6	286.4	193.6	47.7	32.3
.7	293.2	186.8	48.9	31.1	.7	286.2	193.8	47.7	32.3
.8	293.0	187.0	48.8	31.2	.8	286.1	193.9	47.7	32.3
.9	292.9	187.1	48.8	31.2	.9	285.9	194.1	47.6	32.4
64.0	292.7	187.3	48.8	31.2	68.0	285.7	194.3	47.6	32.4
.1	292.5	187.5	48.7	31.3	.1	285.6	194.4	47.6	32.4
.2	292.3	187.7	48.7	31.3	.2	285.4	194.6	47.6	32.4
.3	292.1	187.9	48.7	31.3	.3	285.2	194.8	47.5	32.5
.4	292.0	188.0	48.7	31.3	.4	285.0	195.0	47.5	32.5
64.5	291.8	188.2	48.6	31.4	68.5	284.9	195.1	47.5	32.5
.6	291.6	188.4	48.6	31.4	.6	284.7	195.3	47.4	32.6
.7	291.4	188.6	48.6	31.4	.7	284.5	195.5	47.4	32.6
.8	291.3	188.7	48.5	31.5	.8	284.4	195.6	47.4	32.6
.9	291.1	188.9	48.5	31.5	.9	284.2	195.8	47.4	32.6
65.0	290.9	189.1	48.5	31.5	69.0	284.0	196.0	47.3	32.7
.1	290.7	189.3	48.4	31.6	.1	283.9	196.1	47.3	32.7
.2	290.6	189.4	48.4	31.6	.2	283.7	196.3	47.3	32.7
.3	290.4	189.6	48.4	31.6	.3	283.5	196.5	47.2	32.8
.4	290.2	189.8	48.4	31.6	.4	283.3	196.7	47.2	32.8
65.5	290.0	190.0	48.3	31.7	69.5	283.2	196.8	47.2	32.8
.6	289.9	190.1	48.3	31.7	.6	283.0	197.0	47.2	32.8
.7	289.7	190.3	48.3	31.7	.7	282.9	197.1	47.1	32.9
.8	289.5	190.5	48.2	31.8	.8	282.7	197.3	47.1	32.9
.9	289.3	190.7	48.2	31.8	.9	282.5	197.5	47.1	32.9

Tabla C.1 Pesos de harina y agua para obtener 480 g ó 80 g de masa a diferentes niveles de absorción

Farinograph Table: Weight of Flour and Water to Give 480 g Dough (Large Bowl) or 80 g Dough (Small Bowl) at Various Absorption Levels (continued)

Absorption, as-is Basis (%)	Large Bowl		Small Bowl		Absorption, as-is Basis (%)	Large Bowl		Small Bowl	
	Flour (g)	Water (ml)	Flour (g)	Water (ml)		Flour (g)	Water (ml)	Flour (g)	Water (ml)
70.0	282.4	197.6	47.1	32.9	73.5	276.7	203.3	46.1	33.9
.1	282.2	197.8	47.0	33.0	.6	276.5	203.5	46.1	33.9
.2	282.0	198.0	47.0	33.0	.7	276.3	203.7	46.0	34.0
.3	281.9	198.1	47.0	33.0	.8	276.2	203.8	46.0	34.0
.4	281.7	198.3	46.9	33.1	.9	276.0	204.0	46.0	34.0
70.5	281.5	198.5	46.9	33.1	74.0	275.9	204.1	46.0	34.0
.6	281.4	198.6	46.9	33.1	.1	275.7	204.3	45.9	34.1
.7	281.2	198.8	46.9	33.1	.2	275.5	204.5	45.9	34.1
.8	281.0	199.0	46.8	33.2	.3	275.4	204.6	45.9	34.1
.9	280.9	199.1	46.8	33.2	.4	275.2	204.8	45.9	34.1
71.0	280.7	199.3	46.8	33.2	74.5	275.1	204.9	45.8	34.2
.1	280.5	199.5	46.7	33.3	.6	274.9	205.1	45.8	34.2
.2	280.4	199.6	46.7	33.3	.7	274.8	205.2	45.8	34.2
.3	280.2	199.8	46.7	33.3	.8	274.6	205.4	45.8	34.2
.4	280.0	200.0	46.7	33.3	.9	274.4	205.6	45.7	34.3
71.5	279.9	200.1	46.6	33.4	75.0	274.3	205.7	45.7	34.3
.6	279.7	200.3	46.6	33.4	.1	274.1	205.9	45.7	34.3
.7	279.6	200.4	46.6	33.4	.2	274.0	206.0	45.7	34.3
.8	279.4	200.6	46.6	33.4	.3	273.8	206.2	45.6	34.4
.9	279.2	200.8	46.5	33.5	.4	273.7	206.3	45.6	34.4
72.0	279.1	200.9	46.5	33.5	75.5	273.5	206.5	45.6	34.4
.1	278.9	201.1	46.5	33.5	.6	273.3	206.7	45.5	34.5
.2	278.7	201.3	46.4	33.6	.7	273.2	206.8	45.5	34.5
.3	278.6	201.4	46.4	33.6	.8	273.0	207.0	45.5	34.5
.4	278.4	201.6	46.4	33.6	.9	272.9	207.1	45.5	34.5
72.5	278.3	201.7	46.4	33.6	76.0	272.7	207.3	45.4	34.6
.6	278.1	201.9	46.3	33.7	.1	272.6	207.4	45.4	34.6
.7	277.9	202.1	46.3	33.7	.2	272.4	207.6	45.4	34.6
.8	277.8	202.2	46.3	33.7	.3	272.3	207.7	45.4	34.6
.9	277.6	202.4	46.3	33.7	.4	272.1	207.9	45.3	34.7
73.0	277.5	202.5	46.2	33.8	76.5	272.0	208.0	45.3	34.7
.1	277.3	202.7	46.2	33.8	.6	271.8	208.2	45.3	34.7
.2	277.1	202.9	46.2	33.8	.7	271.6	208.4	45.3	34.7
.3	277.0	203.0	46.2	33.8	.8	271.5	208.5	45.2	34.8
.4	276.8	203.2	46.1	33.9	.9	271.3	208.7	45.2	34.8

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	Comportamiento de una mezcla de harina de trigo (<i>Triticum vulgare</i>) y amaranto (<i>Amaranthus dubius</i>) en diferentes proporciones, para la elaboración de un alimento tipo pan.
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Pérez S., Julio A.	CVLAC: 17.730.645 E MAIL: jalejandro.perez@gmail.com
Cheng M., Laura G.	CVLAC: 18.594.207 E MAIL: lauracheng@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

alimentos, amaranto, mezclas farináceas, nuevos cultivos, mejor proteica, farinograma

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA	SUBÀREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	
	Ingeniería Química

RESUMEN (ABSTRACT):

El presente trabajo de investigación está basado en el estudio de la presencia del producto pulverulento del follaje de amaranto (*Amaranthus dubius*) en los atributos de la harina de trigo para panificación. Para ello se produjo primeramente el producto pulverulento de amaranto; esto se logró empleándose un secador de bandeja a 60°C durante cuatro horas y luego se procedió a llevar a molienda para obtener el producto fino. Una vez obtenido dicho producto fino se mezcló en diferentes proporciones junto con harina de trigo especial para panificación, a fin de obtener mezclas con un 30 y 40% de amaranto. Una vez realizadas las mezclas se evaluaron los porcentajes de humedad, cenizas, proteínas, fibra cruda, grasas y carbohidratos, así como también en el amaranto puro. A su vez se evaluó el perfil farinográfico de las mezclas trigo-amaranto, el pH y la acidez en base al ácido sulfúrico. Una vez alcanzados los resultados se compararon con los de la harina comercial de panificación utilizada. Por último se prepararon panes para estudiar el grado de aceptación de las mezclas de trigo y amaranto.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU(X)	JU
Rodríguez, Justa	ROL	CA	AS	TU(X)	JU
	CVLAC:	4.299.254			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Álvarez, Lucas	ROL	CA	AS	TU	JU(X)
	CVLAC:	4.077.552			
	E_MAIL	lalvarezm57@gmail.com			
	E_MAIL				
Alemán, Rafael	ROL	CA	AS	TU	JU(X)
	CVLAC:	3.673.390			
	E_MAIL	reasi@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2012	11	28
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS.Comportamiento de una mezcla de harina de trigo y amaranto.doc	Applications/ms word

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I J K L M
N O P Q R S T U V W X Y Z . a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z . 0 1 2 3 4
5 6 7 8 9 .

ALCANCE

ESPACIAL: (OPCIONAL)

TEMPORAL: (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

INGENIERO QUÍMICO

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

PREGRADO

ÁREA DE ESTUDIO:

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

INSTITUCIÓN:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NÚCLEO ANZOÁTEGUI

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado:

“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”

Julio Pérez
AUTOR

Laura Cheng
AUTOR

Ing. Justa Rodríguez
TUTOR

Ing. Lucas Álvarez
JURADO

Lic. Rafael Alemán
JURADO

Yraima Salas
POR LA SUBCOMISION DE TESIS