



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**Elaboración de un cereal para desayuno a base de amaranto
(*amaranthus hypochondriacus*) de alta calidad nutrimental**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN
ALIMENTOS**

PRESENTA:

LETICIA AVENDAÑO CRUZ

Asesor: Dr. Enrique Martínez Manrique

Coasesor (a): I.A. Verónica Jiménez Vera

Cuautitlán Izcalli, Edo. De México 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



M. en C. JORGE ALFREDO CUELLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ
Jefe del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Elaboración de un cereal para desayuno a base de amaranto (*amaranthus hypochondriacus*) de alta calidad nutricional

Que presenta la pasante: Leticia Avendaño Cruz

Con número de cuenta: 304337048 para obtener el Título de: Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 20 de Noviembre de 2014.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dr. Ernesto Moreno Martínez	
VOCAL	I.A. Sandra Margarita Rueda Enríquez	
SECRETARIO	Dr. Enrique Martínez Manrique	
1er. SUPLENTE	I.A. Alberto Solis Díaz	
2do. SUPLENTE	M. en C. María Elena Pahua Ramos	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

DEDICATORIA

Principalmente quiero dedicar este trabajo, con todo cariño a mi papá, a mi mamá y a mis hermanos que me ayudaron para que yo pudiera lograr mi sueño profesional, les agradezco por motivarme y darme la mano cuando lo necesité a lo largo de mi vida, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Agradezco a Dios por haberme dado fortaleza en momentos de debilidad y brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencia, felicidad y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional

RECONOCIMIENTO

Trabajo realizado con el apoyo del programa

UNAM-DGAPA-PAPIMEE clave PE200113

ÍNDICE

Índice	I
Índice de Tablas	III
Índice de Figuras	IV
Resumen	1
Introducción	2
1 Antecedentes	4
1.1 El Amaranto	4
1.1.1 Composición química del amaranto	7
1.1.2 Perfil de aminoácidos	7
1.1.3 Perfil de ácidos grasos	8
1.1.4 Usos del amaranto	9
1.1.5 Valor nutrimental del amaranto	9
1.2 Cereales para desayuno	10
1.2.1 Definición y tipos de cereales para desayuno	11
1.2.2 Proceso de elaboración de cereales para desayuno	11
1.2.3 Calidad de los cereales para desayuno	12
1.2.4 Isotermas de sorción	12
2 Materiales y Métodos	14
2.1 Cuadro Metodológico de Cereal para desayuno	15
2.2 Preparación de la muestra	16
2.3 Análisis químico proximal	16
2.3.1 Determinación de Humedad por el método de Secado por estufa	16
2.3.2 Determinación de Proteína por el método de Microkjeldahl	16
2.3.3 Determinación de Grasa por el método de Soxhlet	17
2.3.4 Determinación de Cenizas por el método de incineración directa	18
2.3.5 Determinación de Fibra por el método de Weende	18
2.3.6 Determinación de Carbohidratos por Diferencia	19
2.4 Elaboración de cereal para desayuno	19
2.5 Análisis sensorial (prueba de preferencia)	21
2.6 Perfil de aminoácidos	21
2.7 Análisis sensorial (prueba de nivel de agrado)	21
2.8 Isotermas de sorción	22

2.9	Análisis estadístico	23
3	Resultados y Discusión	24
3.1	Análisis químico proximal de la harina de amaranto	24
3.2	Elaboración de cereal para desayuno	24
3.3	Análisis sensorial (prueba de preferencia)	25
3.4	Análisis químico proximal del cereal elaborado con amaranto y uno comercial	26
3.5	Perfil de aminoácidos	28
3.6	Análisis sensorial (prueba de nivel de agrado)	29
3.7	Isoterma de sorción	30
	Conclusiones	34
	Recomendaciones	34
	Referencias	35
	Anexo 1	38
	Anexo 2	40

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de algunos cereales y el amaranto _____	7
Tabla 2. Perfil de aminoácidos del amaranto. _____	8
Tabla 3. Perfil de ácidos grasos de amaranto _____	9
Tabla 4. Formulación para las diferentes concentraciones de jarabe de maíz _____	19
Tabla 5. Análisis químico proximal (AQP) de la harina de amaranto y harina de trigo marca Selecta®. _____	24
Tabla 6. Porcentajes de preferencia de las diferentes formulaciones evaluadas _____	25
Tabla 7. Comparación del análisis químico proximal del cereal elaborado con amaranto con 0% y 20% de jarabe y un cereal comercial _____	26
Tabla 8. Comparativo del perfil de aminoácidos del cereal elaborado con amaranto y el perfil de aminoácidos de harina de trigo _____	28
Tabla 9. Requerimientos diarios recomendados por la FAO ($g_{aa} / 100g_{proteína}$) _____	29
Tabla 10. Porcentaje de aceptación _____	29
Tabla 11. Humedad en equilibrio (We) de las muestras a diferente actividad de agua. _____	31
Tabla 12. Aw y $\ln(1/We)$ para emplear el modelo de Caurie _____	32
Tabla 13. Prueba de preferencia: descriptores. _____	39
Tabla 14. Resultados de prueba de nivel de agrado _____	41
Tabla 15. Prueba de nivel de agrado. _____	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de amaranto (Tejerina & Arenas, 2005)	4
Figura 2. Diagrama de secciones transversal (a) y longitudinal (b) de semilla de amaranto Fuente:(Betschart & Saunders, 1981).	6
Figura 3. Semilla de amaranto Tulyehualco Edo. De México, cosecha 2010.	6
Figura 4. Isotermas de sorción de humedad a varias temperaturas (Barreiro & Sandoval, 2006).	13
Figura 5. Diagrama de proceso para la elaboración de cereal para desayuno	20
Figura 6. Laminadora (a) y cortadora (b).	21
Figura 7. Representación esquemática del método para determinar la absorción o desorción de humedad según la humedad relativa a la que se somete una muestra.	22
Figura 8. Representación de $\ln(1/w_e)$ en función de A_w	23
Figura 9. Cereal de amaranto	24
Figura 10. Cereales elaborados con amaranto variando la cantidad de jarabe de maíz 0, 10, 15 y 20%	25
Figura 11. Porcentaje de aceptación de cereal de amaranto elaborado con diferentes concentraciones de jarabe	26
Figura 12. Ganancia de peso del cereal para desayuno de amaranto al colocarse en diferentes humedades relativas a una temperatura constante de 25°C.	30
Figura 13. Isotherma de sorción del cereal para desayuno a base de amaranto	31
Figura 14. Representación de $\ln(1/W_e)$ en función de A_w	32
Figura 15. Cuestionario de prueba de preferencia	38
Figura 16. Cuestionario de prueba de nivel de agrado	40

RESUMEN

En México actualmente existen graves problemas de obesidad debido al incremento en el consumo de alimentos que contribuyen al sobrepeso, en lugar de alimentos nutritivos, pues de acuerdo a la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas nuestro país ocupa el primer lugar de obesidad en el mundo. Para combatirlo se están realizando diferentes acciones, por ejemplo, promover una mayor actividad física en los niños, aumentar el consumo de agua, disminuir el de refresco y evitar el consumo de alimentos de mala calidad nutrimental, entre otras acciones. Pero también es importante desarrollar nuevos productos alimenticios de alto consumo en la población infantil, como los cereales para desayuno, de mejor calidad nutrimental que los tradicionales, puesto que éstos son de baja calidad nutritiva con altos contenidos de azúcar que proporcionan un elevado contenido calórico. Para lograrlo se pueden usar granos como el amaranto que tiene un alto valor nutritivo, pues tiene mayor contenido de proteínas con un buen balance de aminoácidos, alto contenido de fibra y minerales principalmente calcio. Por estas razones en el presente trabajo se propuso la elaboración de un cereal para desayuno de amaranto. Se trabajó con amaranto de la especie *Amaranthus hypochondriacus* variedad Tulyehualco cosecha 2010, el cual se molió para obtener una harina, esta se analizó por medio de un análisis químico proximal. Se elaboró un cereal para desayuno con harina 100% de amaranto, al cual se le agregó jarabe de maíz para mejorar su sabor variando la cantidad en un 0, 10, 15 y 20%. Para seleccionar la mejor formulación se sometió el producto a una prueba sensorial de preferencia. Al cereal seleccionado, que fue el que contenía un 20% de jarabe, se le determinó su calidad nutrimental mediante un análisis químico proximal y la determinación de su perfil de aminoácidos para compararlo con un cereal comercial y el control elaborado con amaranto sin jarabe. El análisis químico proximal del cereal de amaranto mostró que este tiene un alto contenido de proteína, grasa, cenizas y fibra comparado con un cereal comercial elaborado con trigo. Con respecto al perfil de aminoácidos del cereal elaborado con amaranto y el de harina de trigo, mostró que el cereal de amaranto tiene mayor cantidad de tirosina, lisina, triptófano, arginina, alanina, aspartato, serina y glicina mientras que la harina de trigo solo lo supera en fenilalanina, leucina y glutamato, además de que el cereal elaborado con amaranto tiene mayor cantidad de aminoácidos esenciales de acuerdo a los requerimientos de consumo diario reportados por la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas. Estos resultados confirmaron que el cereal de amaranto es más nutritivo que el de trigo. También este cereal tuvo una buena aceptación, de más del 70% de los consumidores que evaluaron el producto mediante una prueba de nivel de agrado. Por último se determinó la isoterma del producto a cuatro diferentes humedades relativas 85%, 46%, 36% y 10% a una temperatura constante de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. La isoterma del producto indicó que este se mantiene estable a humedades relativas del ambiente de hasta 65% en donde el cereal mantendrá un contenido de humedad bajo pues su higroscopicidad será baja. Finalmente se garantizó la estabilidad del cereal de amaranto durante su almacenamiento ya que su humedad final fue de 2.6% y de acuerdo al modelo matemático de Caurie la humedad necesaria para asegurar la máxima estabilidad es de 5.29%.

INTRODUCCIÓN

La prevalencia de obesidad se ha incrementado de forma abundante en las dos últimas décadas, alcanzando valores propios de una pandemia, siendo en este sentido denominada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como la epidemia del siglo XXI (González, 2011). En la actualidad el 70% de los adultos en México sufren de sobrepeso, a ellos se suman cuatro millones y medio de niños de entre 5 y 11 años (Téllez, 2010). Esta situación predispone al desarrollo de ciertas enfermedades que surgen como consecuencia de una alimentación no saludable: obesidad, desnutrición, diabetes, entre otras (Cutullé & Berruti, 2013).

A pesar de los avances que en general ha experimentado México recientemente, la desnutrición por un lado y la obesidad infantil por otro, siguen siendo un problema de salud pública en el país. “La desnutrición, que afecta principalmente a la región sur, y la obesidad, que lo hace en el norte se extiende a lo largo de todo el territorio nacional (Camacho, 2013), pues la desnutrición en México es casi de dos millones de niños (Guzmán, 2010).

La alimentación de la sociedad actual se encuentra influenciada en gran medida por los hábitos cotidianos y como consecuencia del ritmo de vida (Cutullé & Berruti, 2013). También la aparición de los videojuegos ha influido, porque los niños tienen una vida sedentaria y malos hábitos alimenticios (Guzmán, 2010). Además, los patrones alimentarios que se incorporan principalmente en las áreas urbanas condicionan a consumir alimentos elaborados de bajo valor nutritivo, con bajo contenido de fibra, altos porcentajes de grasas saturadas, azúcares refinados, aditivos, conservantes y de elevado valor calórico (Cutullé & Berruti, 2013).

Es por ello que existe la necesidad de aumentar los esfuerzos para promover una dieta saludable y equilibrada en todos los grupos de edad, con especial cuidado en niños, niñas y adolescentes (Camacho, 2013). Para la Asociación Mexicana de Nutriología A.C. (AMENAC), la nutrición no solo es el proceso biológico, es un proceso integral que involucra todas las esferas del ser humano y mediante el cual, de manera adecuada, el individuo, las familias y las comunidades se benefician, ya que las personas bien alimentadas tienden a ser más saludables y productivas (Camacho, 2013).

Por otra parte, el ser humano cada vez es más práctico, por lo que busca alimentos fáciles y rápidos de preparar, consumen en gran mayoría alimentos procesados y han dejado de consumir frutas y verduras (El Pionero, 2010).

A pesar de que la base de nuestra alimentación son los cereales, su consumo se realiza cuando estos ya son procesados, como lo son los cereales para desayuno. Muchas personas desayunan algún tipo de cereal, puesto que es un producto fácil de preparar y requiere poco tiempo, además se cree que es muy saludable; sin embargo, no hay suficiente información que los prevenga de que estos alimentos contienen grasas, azúcar y carbohidratos en exceso, así como saborizantes y colorantes artificiales, que son algunos de los principales componentes que causan obesidad y malnutrición en nuestro país (Profeco, 2011; Obesidad, 2010).

La mayoría de los cereales para desayuno son clasificados como no saludables pues están elaborados con harinas refinadas y contienen altos índices de azúcar; pero hay otros que se dice son de tipo saludables por proporcionar algunos beneficios a la salud, ya que son elaborados con el grano entero y ayudan a tener una buena digestión por su mayor contenido en fibra (Profeco, 2004). La harina de trigo es una de las principales materias primas que se utilizan en la elaboración de estos cereales, pero su contenido de proteína y grasa son de mediana calidad nutrimental (Primo, 1987). Por lo que sería interesante desarrollar productos en los que se sustituya la harina de trigo por harinas de mejor calidad nutrimental, como la del amaranto (Okpala & Okoli, 2013).

El amaranto fue uno de los pilares de la alimentación de las culturas prehispánicas en México (Saver, 1976). Apenas hace unos cuantos años se redescubrió su enorme valor alimenticio, sorprendiéndose los científicos por su inmenso potencial (Greenfield, 2006; Cabrera, 2007). El grano de amaranto tiene un contenido proteico de alta calidad nutrimental, además de tener una considerable cantidad de fibra y provee aceites que nuestro cuerpo requiere (Hernández & Herrerías, 1998; Flores, 2011). Estos componentes contribuyen al buen funcionamiento inmunológico, por lo que su consumo es una forma de prevenir enfermedades cardiovasculares causadas por sobrepeso y obesidad (Asociación Mexicana del Amaranto, 2003). Es por eso que, en el presente trabajo se pretende elaborar un cereal para desayuno de tipo saludable con harina de amaranto para que mejore su calidad nutrimental y que este pueda contribuir a mejorar el estado nutricional de la población en México y sobre todo de los niños.

Para lograrlo se realizará un análisis químico proximal a la harina de amaranto para establecer su composición química, con esta harina integral se elaborará un cereal para desayuno al cual se le adicionó en la formulación diferentes concentraciones de edulcorante, se escogerá la mejor formulación con edulcorante por medio de una prueba sensorial de preferencia, al cereal elaborado con la formulación seleccionada se le realizará un análisis químico proximal y un perfil de aminoácidos para determinar su calidad nutrimental, además de una prueba de nivel de agrado para determinar la aceptación del producto por el consumidor. Finalmente se determinará la isoterma del cereal y se ajustarán los datos de la isoterma para determinar el contenido de humedad de seguridad que proporciona la máxima estabilidad de producto, mediante el modelo de Caurie (Chiralt, 1998).

1 ANTECEDENTES

1.1 El Amaranto

El amaranto es una planta que pertenece a la familia de las *Amaranthaceae* y al género *Amarhantus*. El amaranto es una planta de cultivo anual que puede alcanzar de 0.5 a 3 metros de altura; posee hojas anchas y abundantes de color brillante, espigas y flores púrpuras, naranjas, rojas y doradas (Figura 1) (Tejerina & Arenas, 2005).



Figura 1. Planta de amaranto (Tejerina & Arenas, 2005)

La familia *Amaranthaceae* reúne cerca de 60 géneros y más de 800 especies cuyas características cambian notablemente dependiendo del ambiente en el que crecen, lo que dificulta la identificación de la planta. Existen tres especies de amaranto que producen semilla y que, a su vez, son las más apreciadas:

- ✓ *Amaranthus caudatus*: se cultiva en la región de Los Andes y se comercializa como planta de ornato, principalmente en Europa y Norteamérica (FAO, 1997).
- ✓ *Amaranthus cruentus*: es originaria de México y Centroamérica, donde se cultiva principalmente para obtener grano. También se consume como vegetal (FAO, 1997).
- ✓ *Amaranthus hypochondriacus*: procedente de la parte central de México, se cultiva para obtener grano (FAO, 1997).

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

- ✓ Reino: *Vegetal*
- ✓ División: *Fanerógama*
- ✓ Tipo: *Embryophyta siphonogama*
- ✓ Subtipo: *Angiosperma*
- ✓ Clase: *Dicotiledoneae*
- ✓ Subclase: *Archyclamidae*
- ✓ Orden: *Centrospermales*
- ✓ Familia: *Amaranthaceae*
- ✓ Género: *Amaranthus*
- ✓ Sección: *Amaranthus*
- ✓ Especies: *A. caudatus*, *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*.

Fuente: FAO, 1997.

Respecto a su morfología la planta de amaranto tiene una panícula (panoja) parecida al sorgo con una longitud promedio de 50 centímetros a un metro. Esta panoja formada por muchas espigas que contienen numerosas florecitas pequeñas, que alojan a una pequeña semilla, cuyo diámetro varía entre 0.9 y 1.7 milímetros (Asociación Mexicana del Amaranto, 2003).

El grano de amaranto es pequeño, ovalado, liso y brillante, pudiendo ser de color blanco, blanco amarillento, dorado, rojo, rosado y negro (Tejerina & Arenas, 2005).

Dentro del grano se distinguen cuatro partes importantes (Figura 2): episperma que viene a ser la cubierta seminal, constituida por una capa de células muy finas, endosperma que viene a ser la segunda capa, embrión formado por los cotiledones que es la más rica en proteínas y una interna llamada perisperma rica en almidones (Betschart & Saunders, 1981).

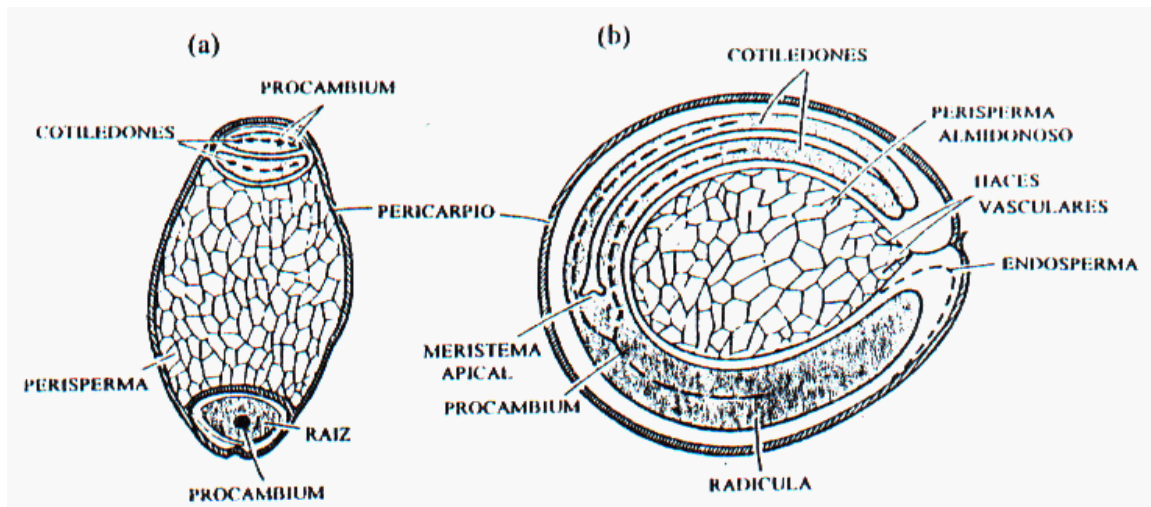


Figura 2. Diagrama de secciones transversal (a) y longitudinal (b) de semilla de amaranto
Fuente:(Betschart & Saunders, 1981).

Según evidencias arqueológicas se cree que es originario de Puebla, México. Se ha cultivado desde Arizona y Nuevo México en Estados Unidos, hasta Perú y Bolivia. Su nombre significa vida eterna debido a que crece en tierra poco fértil y con una mínima cantidad de agua también porque una sola planta puede producir cerca de un millón de semillas, y sin ser gramíneas, pueden conservar sus propiedades por más de 40 años. En México se cultiva en los estados de Puebla, Veracruz, Tlaxcala, Distrito Federal y el Estado de México (Bahíanoticias, 2008).

Produce granos o semillas que contienen un alto valor nutritivo con gran contenido de proteína digerible, de fibra, además de una sorprendente cantidad y composición de minerales y aminoácidos; su dulce natural y su agradable sabor a nuez hacen que sea considerado como un delicioso alimento (Tejerina & Arenas, 2005).



Figura 3. Semilla de amaranto Tulyehualco Edo. De México, cosecha 2010.

1.1.1 Composición química del amaranto

La mayoría de los países incluyen en su dieta diaria los cereales convencionales más conocidos como el trigo, el arroz y el maíz que comparativamente son menos nutritivos que el amaranto si se considera su contenido en proteínas y aminoácidos, en fibra, grasa y minerales como se muestra en la Tabla 1 (Boucher & Muchnik, 1995).

Tabla 1. Composición química de algunos cereales y el amaranto

	Amaranto (%)	Maíz (%)	Arroz (%)	Trigo (%)
PROTEÍNA	12.9	9.4	7.2	9.3
GRASA	7.2	4.3	0.6	0.7
FIBRA CRUDA	6.7	1.8	0.6	0.5
CENIZAS	2.5	1.3	0.5	1.5
CARBOHIDRATOS	65.1	74.4	78.7	74.4

Fuente: (Boucher & Muchnik, 1995).

1.1.2 Perfil de aminoácidos

La proteína de amaranto no sólo es muy abundante en la semilla de la planta sino además es la que presenta el mejor perfil nutricional de todas las que provienen del mundo vegetal. Cuenta con una proteína de excelente calidad, ya que es la única entre los vegetales de su tipo que contiene todos los aminoácidos esenciales (aquellos que el organismo no puede producir), como son la leucina, lisina, valina, metionina, fenilalanina, treonina, isoleucina y triptófano.

Los aminoácidos esenciales, básicos para la buena salud del organismo, se encuentran en mayor proporción en la proteína del amaranto que en la de muchos otros cereales como el trigo, arroz, maíz, avena, etc. Casi todos los cereales tienen una deficiencia del aminoácido esencial lisina y por lo tanto se constituye en el aminoácido limitante para muchas de las proteínas de origen vegetal. Sin embargo, el amaranto contiene el doble de lisina que la proteína del trigo y el triple que la del maíz. El amaranto es, por lo tanto, un complemento nutricional óptimo y "balanceado" en comparación con los cereales convencionales (Asociación Mexicana del Amaranto, 2003).

En la Tabla 2 se muestra el contenido de los aminoácidos del amaranto según la FAO (1997).

Tabla 2. Perfil de aminoácidos del amaranto.

Aminoácidos (mg de aminoácidos / g de proteína)	Patrón de aminoácidos	<i>A. caudatus</i>	<i>A. hypochondriacus</i>	<i>A. cruentus</i>
isoleucina	28	52	39	36
leucina	66	46	57	51
lisina	58	67	55	51
metionina + cistina	25	35	47	40
fenilalanina + tirosina	63	63 (d)	73	60
treonina	34	51	36	34
triptófano	11	11	11	11
valina	35	45	45	42
histidina	19	25	25	24
cómputo aminoacídico		70	86	77

(FAO, 1997)

1.1.3 Perfil de ácidos grasos

El amaranto también tiene un alto contenido de lípidos en comparación con otros cereales. Contiene ácidos grasos esenciales como el ácido linoleico, también conocido como omega-6, el oleico y el ácido linolénico, el cual se encuentra presente en una proporción pequeña. Aparte de los ácidos grasos esenciales referidos, el amaranto también contiene una gran cantidad de escualeno; el escualeno es un importante intermediario en la síntesis de esteroides en el cuerpo humano (San Miguel, 2008).

Se dice que el aceite de amaranto es considerado como una fuente rica en escualeno que se aproxima a los contenidos informados para el aceite de tiburón. Aunque los valores en el amaranto son muy variables, esta variabilidad depende de los genotipos estudiados, pues aunque la molécula del escualeno presenta alta estabilidad, en el aceite de amaranto la estabilidad es baja (Rodas & Bressani, 2009).

En la Tabla 3 se muestran los niveles de ácidos grasos en g/100g del amaranto según la FAO (1997).

Tabla 3. Perfil de ácidos grasos de amaranto

ÁCIDO GRASO	Contenido (g/100 g)
Ácido oleico	29,3
Ácido linoleico	44,0
Ácido palmítico	18,4
Ácido linolénico	1,3
Ácido mirístico	0,2
Ácido miristoleico	0,1
Ácido miristolénico	0,1
Ácido palmitoleico	0,8
Ácido palmitolénico	0,9
Ácido esteárico	3,8
Ácido no identificado	1,2

(FAO, 1997)

1.1.4 Usos del amaranto

El amaranto tiene múltiples usos tanto en la alimentación humana y animal como en la industria, la medicina y en la ornamentación.

Para la alimentación humana se usa el grano entero o molido en forma de harinas, ya sea tostado, reventado o hervido. Con los granos enteros o molidos se puede preparar desayunos, sopas, postres, papillas, tortas, budines, bebidas refrescantes y otros; los granos reventados se consumen mezclados con miel de abejas, miel de caña o chocolate, dándole diferentes formas en moldes de madera o metálicos a las que se conoce como turrone de kiwicha en Perú, "alegría" en México y "tadoos" en India (Singhal & Kulkarni, 1988).

En México se prepara con las semillas "tostadas", molidas o enteras, el conocido plato denominado "atole" y "pinole", que es una especie de mazamorra; del mismo modo se elaboran los tamales con harina de maíz, tallos y hojas de amaranto picadas, potaje conocido desde la época prehispánica con los nombres de "vauquilitl", "hoauhquilitl" en México (Jimenez & Cordero, 1986).

1.1.5 Valor nutrimental del amaranto

El amaranto es ideal en tratamientos de anemias y desnutrición, porque es un alimento rico en hierro, proteínas, vitaminas y minerales; también se usa para tratar osteoporosis, ya que contiene calcio y magnesio. Por otra parte, las hojas tienen más hierro que las espinacas (Bahíanoticias, 2008).

Contienen mucha fibra, vitamina A y C, así como hierro, calcio y magnesio. La calidad del contenido proteínico mayoritario puede compararse en varios parámetros a la de la proteína de la leche, la caseína, que se considera nutricionalmente la proteína por excelencia. Pero además, tiene un buen equilibrio a nivel de aminoácidos y contiene lisina que es un aminoácido esencial en la alimentación humana y que no suele encontrarse (o en poca cantidad) en la mayoría de los cereales. Los niveles de lisina son superiores a los de todos los cereales (Bahíanoticias, 2008).

Contiene entre un 5 y 8% de grasas saludables. El aceite de amaranto es de buena calidad y su contenido es superior al del maíz, cereal que se emplea comercialmente como fuente de aceite. Además, no tiene colesterol (Bahíanoticias, 2008).

El amaranto no es utilizado comercialmente en la industria de los alimentos, solo se utiliza de forma artesanal a pesar de que es un alimento de alta calidad nutricional, como se ha mencionado anteriormente. Por lo tanto, es una buena opción para complementar alimentos elaborados a base de cereales como el maíz o el trigo y mejorar su calidad nutricional. El principal grupo de consumidores de cereales para desayuno son los niños (Profeco, 2011), pero desgraciadamente en el mercado no existe un cereal realmente nutritivo que sea del agrado de los niños, pues la mayoría contienen una gran cantidad de carbohidratos, colorantes, saborizantes, etc. Es por eso que desarrollar una formulación para elaborar un cereal para desayuno a base de amaranto sería una buena opción para tener un producto que sea consumido sobre todo por niños pero que contenga un alto valor nutricional.

1.2 Cereales para desayuno

Los cereales, los originales, son granos de plantas con un alto valor nutricional. Por su parte, los cereales para desayuno son los granos que atraviesan por procesos que les hacen perder muchas de sus cualidades nutritivas, que después buscan compensar al adicionar vitaminas y minerales (Profeco, 2011).

Pero no es lo único que los fabricantes de cereales para desayuno agregan a sus productos. Actualmente en el mundo de los cereales podemos encontrar una variedad casi inabarcable de ingredientes añadidos: miel, azúcar, sabor chocolate, sabor a almendras, vainilla, frutas secas, figuras de malvavisco, etcétera. Elementos que pueden convertir al arroz inflado más inofensivo y mejor intencionado en una fuente importante de azúcar (Profeco, 2011).

El desayuno, como bien se sabe, es muy importante ya que las calorías que consumimos por la mañana son las que quemaremos durante el principio de la jornada y nos mantendrán en pie por el resto del día, la intuición o la costumbre nos dice que no hay una opción más rápida y nutritiva (Profeco, 2011) que los cereales para desayuno por su fácil preparación y que son del agrado de los niños; pero desafortunadamente estos productos tienen una baja calidad nutricional (Profeco, 2011). Por eso, se recomienda que no se consuma con frecuencia este tipo de productos, sino con moderación, sobre todo por el problema de obesidad que se tiene en los niños, ya que cuatro de

cada diez niños en México tienen problemas de sobrepeso u obesidad entre los 5 y 11 años de edad (Profeco, 2011). Por esta razón, es importante la elaboración de un cereal para desayuno de alta calidad nutrimental que sea del agrado de los niños, especialmente, ya que estos son los principales consumidores, puesto que el cereal se compra en base al gusto de ellos (Profeco, 2011).

1.2.1 Definición y tipos de cereales para desayuno

El mercado ofrece una gran variedad de cereales para desayuno (Profeco, 2011):

- ✓ Los copos se obtienen de harinas refinadas y contienen sal, azúcar y malta entre otros ingredientes. Están fortificados con vitaminas y minerales, con el fin de compensar el efecto del refinado al que se someten las harinas.
- ✓ Los inflados se elaboran insuflando aire a presión a pequeños fragmentos de masa creados con harina refinada de diversos granos. Son más ligeros y crujientes que otros cereales pero tienen menos fibra.
- ✓ Integrales y ricos en fibra: las variedades integrales se elaboran con el grano entero del cereal. Su aporte nutritivo y de fibra es mayor que el de los cereales refinados. También son ricos en fibra los que incorporan frutos secos y frutas desecadas.
- ✓ El Muesli se compone de cereales (avena, arroz inflado, trigo, maíz, etc.), frutos secos (nueces, almendras, avellanas...) y frutas desecadas o deshidratadas (pasas, manzana, plátano, coco, fresas, etc.).
- ✓ Los cereales “para guardar la línea” se dirigen a quienes desean cuidar su figura, alegando que son vehículo extra de nutrientes de los que hay riesgo de déficit cuando se sigue una dieta hipocalórica, pero una adecuada dieta hipocalórica de más de 1200 calorías por día a base de alimentos comunes puede satisfacer las necesidades de vitaminas y minerales de nuestro organismo (Profeco, 2004).

1.2.2 Proceso de elaboración de cereales para desayuno

Existen diversas formas en los cereales para desayuno, por lo cual, existen distintos procesos para su elaboración, entre ellos los más comunes son los cereales en copos y los inflados con cañón.

Cereales en copos: conlleva un mezclado, cocción, secado y atemperado, las cuales son operaciones independientes que tienen lugar en los extrusores (Callejo, 2002).

Inflado de cereales con cañón: el producto limpio y pelado se acondiciona con calor seco durante unos minutos a temperaturas de 90-100°C. Se dosifica la alimentación a los cañones donde el producto se somete a una temperatura aproximada de 210°C con vapor a alta presión (Callejo, 2002).

1.2.3 Calidad de los cereales para desayuno

Los cereales para desayuno aportan muchos hidratos de carbono, por lo que se consideran alimentos energéticos, y contienen también proteínas, grasas, vitaminas, minerales y fibra. Para el consumo habitual, conviene elegir los de menor contenido en sodio, azúcares sencillos y grasas saturadas (Profeco, 2004).

Es por ello que el cereal como parte del desayuno puede combinarse y darnos una dieta recomendable. La tradicional combinación de cereal, fruta y leche es una buena fórmula nutricional. “Sin embargo, algunos de ellos, en especial los que aportan una gran cantidad de azúcares, no son recomendables en un consumo frecuente para nuestra población” (Profeco, 2011).

El asunto aquí, es saber si el mundo de divertida nutrición que nos ofrecen los cereales en caja, son la forma correcta de empezar el día. Como respuesta, se aconseja que: “La recomendación es que no se consuma con frecuencia este tipo de productos, sino con moderación; sobre todo porque quienes más los consumen son los niños y por el problema de obesidad que tenemos con ellos” (Profeco, 2011).

Los cereales deben contener poca humedad para conservar sus características, ya que si no se tiene el cuidado necesario durante su almacenamiento puede sufrir reacciones de deterioro, las isotermas de sorción nos ayudan a conocer el comportamiento del cereal bajo distintas condiciones de humedad y temperatura.

1.2.4 Isotermas de sorción

Todos los materiales sólidos presentan cierto contenido de humedad en equilibrio cuando se ponen en contacto con el aire a una temperatura y humedad particulares, por lo que tienden a perder o ganar humedad durante un periodo para que alcancen este valor de equilibrio (Sharma, 2003).

La humedad de un alimento sólido es retenida de dos formas, la llamada agua ligada o agua libre. El agua ligada es retenida en capilares finos, o absorbida sobre la superficie o dentro de una célula, mientras que el agua libre está retenida en los espacios vacíos de los alimentos sólidos (Sharma, 2003).

La relación entre el contenido de humedad de un alimento y su actividad de agua se representa mediante un gráfico denominado isoterma de sorción de humedad (Figura 4), el cual, se obtiene a temperatura constante (Barreiro & Sandoval, 2006).

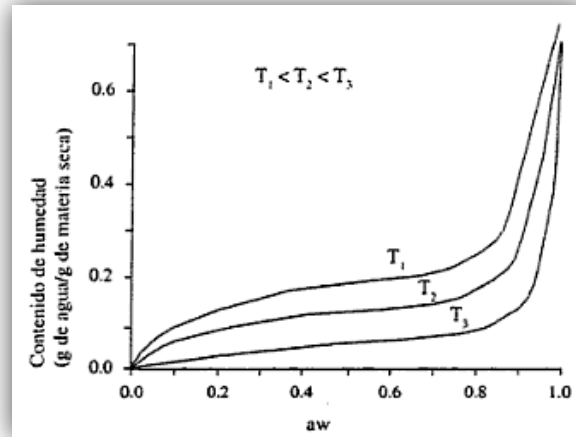


Figura 4. Isotermas de sorción de humedad a varias temperaturas (Barreiro & Sandoval, 2006).

Mientras que la isoterma de sorción de un sólido se define como la representación de la cantidad de agua absorbida para cada valor de humedad relativa del aire que rodea el material a una temperatura constante. La isoterma se puede obtener por dos caminos:

- a) Colocando el sólido seco bajo diferentes atmósferas de humedad relativa creciente y midiendo el aumento de peso debido al agua (fenómeno de adsorción).
- b) Sometiendo el material, inicialmente húmedo, a las mismas humedades relativas, midiendo en este caso la pérdida de peso (desorción).

Estos fenómenos terminan cuando alcanzan el equilibrio, y este punto de equilibrio es importante conocerlo, dado que contribuye a un mejor conocimiento para predecir los cambios de humedad del producto durante su almacenamiento al variar la humedad ambiental, y, en consecuencia, obtener conclusiones sobre su posible estabilidad frente a reacciones de deterioro (Chiralt, 1998).

Los cereales para desayuno son alimentos altamente higroscópicos que alcanzan el equilibrio con la humedad del ambiente muy rápidamente, es por ello que el factor más importante a cuidar dentro de los cereales es el contenido de humedad, ya que la mayoría de las propiedades sensoriales de los mismos están en función del nivel de humedad que el producto pueda absorber (Prieto, 2006).

El conocimiento de esto nos permite predecir los cambios del producto durante su almacenamiento, y en consecuencia, obtener conclusiones sobre su posible estabilidad frente a alteraciones físicas y reacciones de deterioro (Chiralt, 1998).

Es por ello que en el presente trabajo se elaboró un cereal para desayuno a base de amaranto, ya que es un alimento de fácil acceso y rápido de preparar. Los cereales de caja que ofrecen gran cantidad de carbohidratos no es la mejor opción para una buena alimentación mientras que un cereal elaborado a base de amaranto te aporta los nutrientes que nuestro cuerpo necesita, lo cual ayudaría a combatir el gran problema de malnutrición en nuestro país.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Actividad Preliminar 1

Moler el amaranto y tamizarlo, No. 40.

Actividad Preliminar 2

Elaboración del cereal para desayuno de tipo saludable, mezclando la harina de amaranto con el jarabe de maíz y agua en la proporción deseada de acuerdo a la formulación.

Objetivo general

Elaborar un cereal para desayuno de tipo saludable a base de harina integral de amaranto para obtener un producto de mayor calidad nutrimental, mejor calidad sensorial y almacenamiento.

Objetivo particular 1

Determinar la composición química de la harina de amaranto mediante un análisis químico proximal para compararlo con la harina de trigo.

Objetivo particular 2

Evaluar las formulaciones con distintas concentraciones de edulcorante (0, 5, 10, 15 y 20%) del cereal para desayuno, tipo saludable, hecho a base de harina integral de amaranto mediante una prueba sensorial de preferencia para elegir la mejor formulación

Objetivo particular 3

Evaluar la composición química del cereal para desayuno elaborado con la formulación seleccionada y el de un cereal comercial mediante un análisis químico proximal para compararlos y ver cual es mejor.

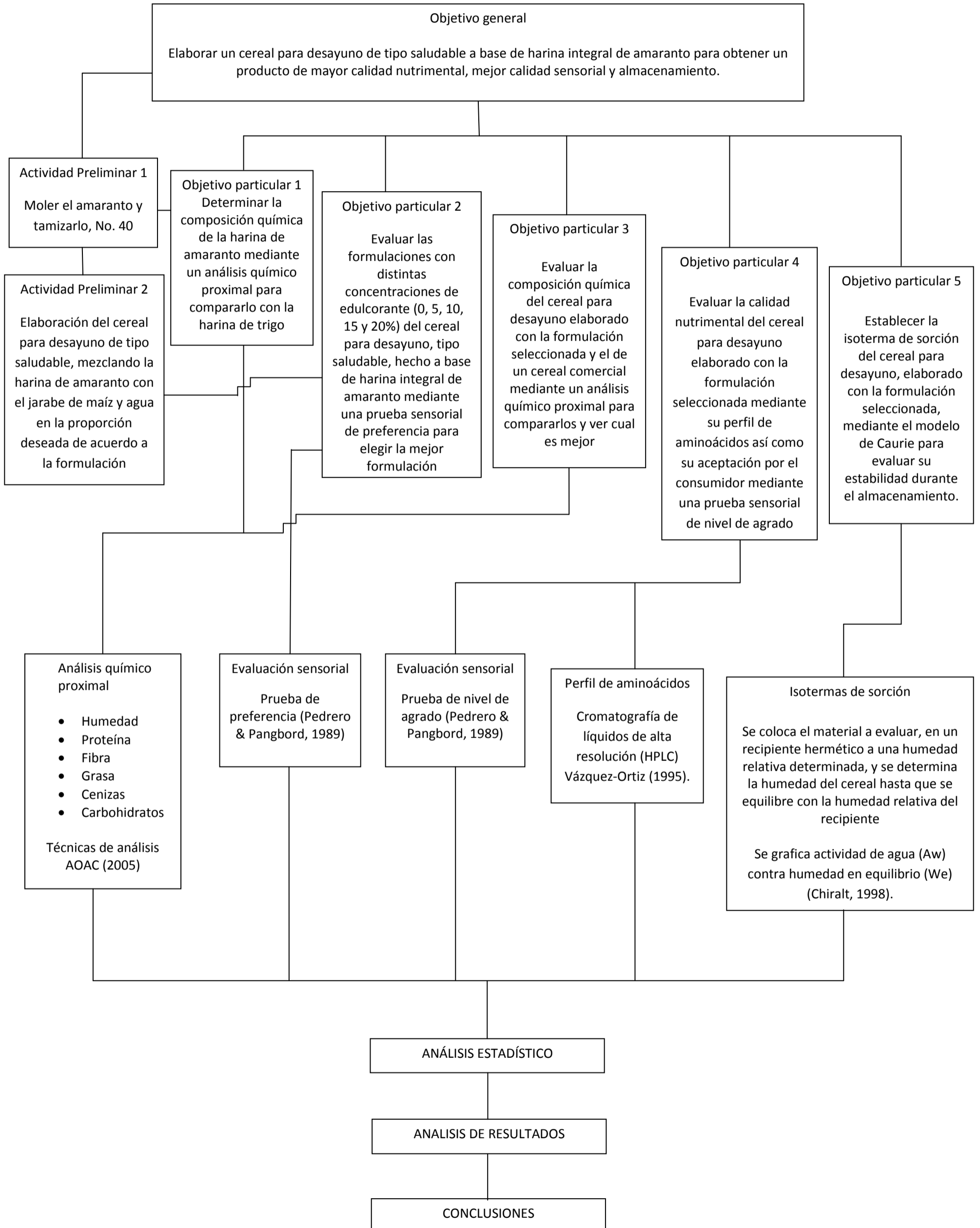
Objetivo particular 4

Evaluar la calidad nutrimental del cereal para desayuno elaborado con la formulación seleccionada mediante su perfil de aminoácidos así como su aceptación por el consumidor mediante una prueba sensorial de nivel de agrado.

Objetivo particular 5

Establecer la isoterma de sorción del cereal para desayuno, elaborado con la formulación seleccionada, mediante el modelo de Caurie para evaluar su estabilidad durante el almacenamiento.

2.1 Cuadro Metodológico de Cereal para desayuno



2.2 Preparación de la muestra

En el presente trabajo se utilizó *Amaranthus hypochondriacus* variedad Tulyehualco cosecha 2010. Este grano se molió en un molino pulvex y la muestra obtenida se pasó a través de un tamiz No. 40 USA serie Tyler para obtener harina de amaranto integral.

2.3 Análisis químico proximal

Se realizó un análisis químico proximal mediante la determinación de humedad, proteína, grasa, cenizas, fibra y carbohidratos, usando las técnicas de análisis propuestas por la AOAC (2005). Estas pruebas se aplicaron a las muestras de harina de amaranto, al cereal elaborado en el laboratorio y a un cereal comercial.

2.3.1 Determinación de Humedad por el método de Secado por estufa

Se pesó 5 gramos de muestra en una caja de aluminio las cuales fueron puestas a peso constante a 130°C. Se secó la muestra durante una hora en la estufa a 130°C. Se retiró de la estufa, se dejó enfriar en el desecador y se pesó tan pronto como se equilibró con la temperatura ambiente (aproximadamente 10 minutos). Se realizó la prueba hasta obtener el peso constante de las cajas con muestra según lo propuesto por la AOAC (2005).

Cálculo de % de humedad

$$\% H = \left[\frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \right] * 100$$

W_1 : peso de la muestra húmeda (g)

W_2 : peso de la muestra seca (g)

2.3.2 Determinación de Proteína por el método de Microkjeldahl

Se pesó 0.1 gramos de muestra y se introdujo en un tubo de digestión microkjeldahl, se agregaron 0.2 gramos de sulfato de cobre, 1.5 gramos de sulfato de sodio y 2 mL de ácido sulfúrico concentrado. Se colocó el tubo en el digestor. Se colocó la trampa de succión de gases antes de que se produzcan éstos. Se dejó la digestión hasta la total destrucción de la materia orgánica, la muestra quedó como un líquido transparente con una coloración verdosa. Una vez finalizada la digestión, se dejó enfriar las muestras.

En un matraz erlenmeyer de 125mL se adicionaron 50mL de ácido bórico al 4% y tres gotas de indicador. Se encendió el equipo de destilación y se enjuagó con agua destilada (tres veces), se colocó el matraz en el destilador, se agregó la muestra en la copa del destilador y se dejó de destilar hasta que alcanzó un volumen de destilado de 100mL. Se tituló el exceso de ácido con una solución de HCl 0.1N, se repitió la prueba por triplicado. Se realizó una prueba en blanco empleando la misma cantidad de catalizador y ácido sulfúrico.

Cálculo de % de proteína

$$\%NitrógenoTotal = \left[\frac{(V_2 - V_1)(N)(0.014)}{W} \right] * 100$$

$$\%Proteína = (Factor)(\%NitrógenoTotal)$$

W = Peso de la muestra (g)

V₁ = volumen (mL) de la solución de HCl requerido para la muestra blanco

V₂ = volumen (mL) de la solución de HCl requerido para la muestra problema

N = normalidad del HCl

Factor del amaranto = 5.87

2.3.3 Determinación de Grasa por el método de Soxhlet

Se puso a peso constante el matraz bola de fondo plano con las perlas de ebullición en la estufa a 103°C. Se pesaron 5 gramos de muestra libre de humedad en el papel, se colocó en el cartucho y se introdujo en el extractor, se colocó el matraz, se agregaron dos cargas de éter etílico y se agregó el refrigerante. Se calentó el matraz con la parrilla y comenzó la extracción. Una vez extraída toda la grasa se quitó el matraz y se pesó. Se realizó la prueba por triplicado.

Cálculo de % de grasa

$$\%Grasa = \left[\frac{W_3 - W_2}{W_1} \right] * 100$$

W₁ = Peso de la muestra antes de la desecación (g)

W₂ = Peso del matraz sin muestra (g)

W₃ = Peso del matraz con grasa (g)

2.3.4 Determinación de Cenizas por el método de incineración directa

Se pesaron 5 gramos de muestra en el crisol que previamente fue puesto a peso constante en la mufla a 600°C. Se calcinó la muestra completamente con el mechero en la campana, posteriormente se llevó a peso constante en la mufla cuidando de no rebasar 530°C. Se realizó la prueba por triplicado.

Cálculo de % de cenizas

$$\% \text{Cenizas} = \left[\frac{(W_3 - W_2)}{W_1} \right] * 100$$

W_1 = Peso de la muestra (g)

W_2 = Peso de crisol sin muestra (g)

W_3 = peso del crisol con cenizas (g)

2.3.5 Determinación de Fibra por el método de Weende

Se puso a peso constante un crisol sometiéndolo a un calentamiento de 600°C en la mufla. Se puso a peso constante un papel filtro en la estufa a 110° C.

Se colocaron 2g de muestra en un vaso de Berzelius de 600ml, se adicionaron 200ml de H₂SO₄ al 1.25% (se agregó agua caliente de 70-80°C) junto con dos perlas de ebullición y dos gotas de antiespumante. Se colocó el vaso de Berzelius en el digestor, se dejó 30 minutos en ebullición y posteriormente se retiró el vaso y se dejó enfriar por diez minutos. Después se adicionaron 200ml de NaOH al 2.5% por las paredes (se agregó caliente entre 70-80°C).

Se colocó el vaso en el digestor y se dejó 30 minutos después de comenzar la ebullición. Se retiraron del digestor y se dejan enfriar diez minutos.

Filtrado

Se puso el embudo en el matraz Kitazato de 1L y se conectó por medio de una manguera al matraz Kitazato de 600ml y la manguera que se encuentra en el tapón de este se colocó en la bomba de vacío. Se colocó el papel filtro en el embudo, se agregó la muestra y se encendió la bomba de vacío para comenzar con el filtrado. Cuando se terminó el filtrado completamente, se adicionaron 25mL de H₂SO₄ caliente al 1.25%.

Al terminar de filtrar el H₂SO₄, se neutralizó la muestra con agua destilada caliente a un pH de 7, se agregaron 25ml de alcohol y se dejó reposar el papel filtro con la muestra retenida durante 10 min. A continuación se retiró el papel filtro y se llevó a peso constante en la estufa a 110°C.

Finalmente se colocó el papel con la muestra en el crisol, que previamente fue puesto a peso constante, se incineró a fuego directo hasta que se observaron cenizas de coloración gris y se llevaron a peso constante en la mufla a 600°C.

Cálculo de % de fibra

$$\% \text{FibraCruda} = \left[\frac{(W_2 - W_1) - (W_4 - W_3)}{W_5} \right] * 100$$

W_1 = Peso del papel filtro (g)

W_2 = Peso del papel filtro con residuos secos a 130° (g)

W_3 = Peso del crisol vacío (g)

W_4 = Peso del crisol con cenizas (g)

W_5 = Peso de la muestra previamente desengrasada (g)

2.3.6 Determinación de Carbohidratos por Diferencia

Cálculo de % de carbohidratos

$$\% \text{Carbohidratos} = 100 - \% \text{Humedad} - \% \text{Proteína} - \% \text{Grasa} - \% \text{Fibra} - \% \text{Cenizas}$$

2.4 Elaboración de cereal para desayuno

La elaboración del cereal para desayuno de tipo saludable a base de amaranto se realizó mezclando la harina de amaranto con el jarabe de maíz y agua en la proporción deseada de acuerdo a la formulación (Tabla 4) para formar la masa, la cual posteriormente se laminó y se pasó por una troqueladora, después se dió forma por medio de un cortado, como se muestra en el diagrama de proceso para la elaboración de cereal para desayuno (Figura 5).

Tabla 4. Formulación para las diferentes concentraciones de jarabe de maíz

Jarabe de maíz (%)	0	5	10	15	20
Agua (%)	41.2	36.2	31.2	26.2	21.2
Harina de amaranto (%)	58.8	58.8	58.8	58.8	58.8

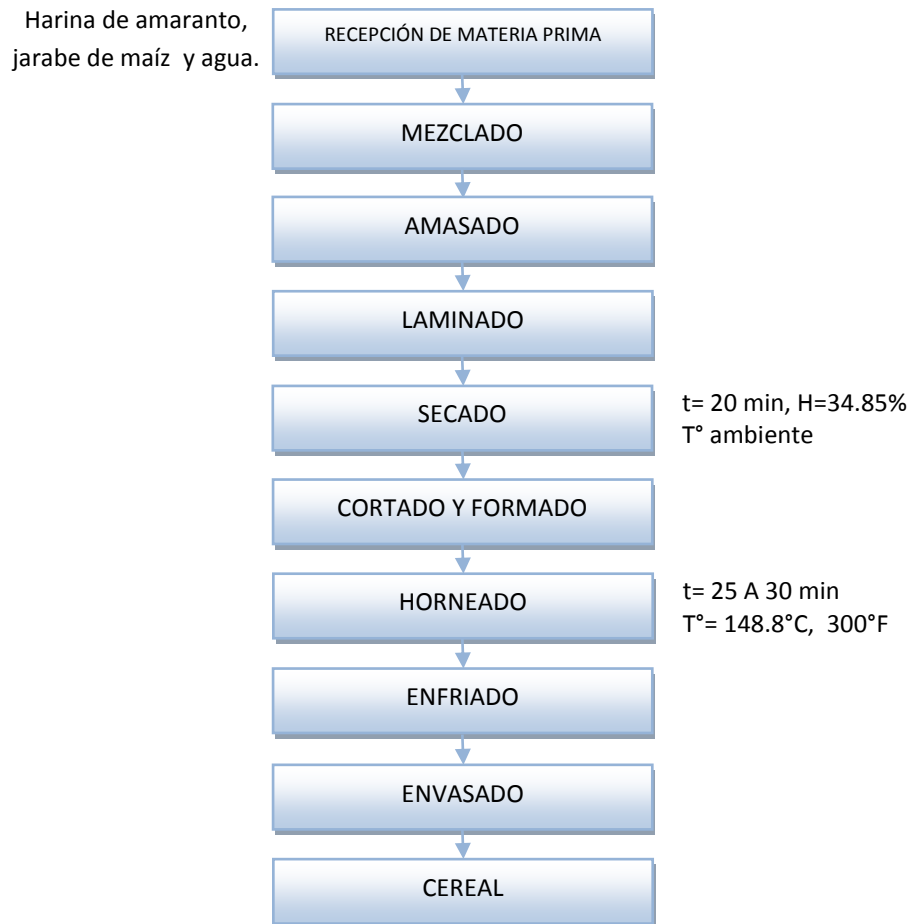


Figura 5. Diagrama de proceso para la elaboración de cereal para desayuno

Se pesaron los ingredientes según la formulación que se desea. Se mezcló primero la harina y el jarabe, eliminando la mayor cantidad de grumos que se formaron, posteriormente se agregó el agua y se mezcló perfectamente hasta formar una masa homogénea. A continuación la masa se pasó por una laminadora (MARCATO) en la abertura número 1 (1.6256 mm), después se paso por la abertura número 2 (1.1176 mm) y finalmente por la abertura número 3 (0.9144).

Se dejó secar durante 20 minutos volteándola cada 5 minutos a una humedad relativa de 20 a 25% y una temperatura ambiente de 25 a 28°C. Cuando la humedad relativa aumenta a más de 30% requiere de mayor tiempo, hasta llegar a una humedad de 34% aproximadamente.

Ya que se ha secado se le dió forma pasándolo por la cortadora (MARCATO), girando la perilla rápidamente, después se llevó a hornear a una temperatura de 149°C de 25 a 30 minutos. Se dejó enfriar y finalmente se envasó.



Figura 6. Laminadora (a) y cortadora (b).

2.5 Análisis sensorial (prueba de preferencia)

Se realizó una prueba de preferencia para determinar la mejor formulación de acuerdo a lo propuesto por Pedrero y Pangborn (1989).

Se realizó la prueba en un lugar cerrado, sin distracciones y de manera individual. En cada mesa se colocaron las diferentes muestras, agua y un cuestionario (Anexo 1). A cada juez (consumidores no entrenados) se le informó que debía probar una muestra y posteriormente tomar agua para probar la siguiente, de esta manera se puede distinguir el sabor de cada una de las muestras.

2.6 Perfil de aminoácidos

Se realizó la determinación del perfil de aminoácidos mediante cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), de acuerdo a lo propuesto por Vázquez-Ortiz (1995).

La cuantificación de aminoácidos se realizó por medio de un Autoanalizador de aminoácidos Microsorb Short-ones, buffers de sodio Na-EFD, una columna de 30 cm y un flujo de 1.2 ml/min.

2.7 Análisis sensorial (prueba de nivel de agrado)

Se realizó una prueba de nivel de agrado del cereal elaborado con la mejor formulación escogida de la prueba de preferencia para evaluar la aceptación del consumidor de acuerdo a lo propuesto por Pedrero y Pangborn (1989).

Se realizó la prueba en un lugar cerrado, sin distracciones y de manera individual. En cada mesa se colocó la muestra, agua y un cuestionario (Anexo 2). A cada juez se le informó que debía probar una muestra y posteriormente calificar en una escala no estructurada según su nivel de agrado.

2.8 Isotermas de sorción

Se colocó la muestra en un frasco hermético bajo una atmósfera de humedad relativa conocida y a temperatura constante. Se midió el aumento o la disminución de peso según fue el caso hasta alcanzar el equilibrio (Figura 7). El equilibrio se determinó cuando las muestras llegaron a peso constante.

Finalmente se determinó el contenido de humedad a las muestras en equilibrio por el método de secado por estufa.

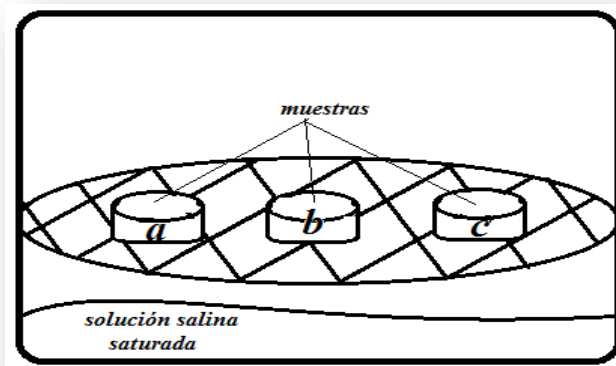


Figura 7. Representación esquemática del método para determinar la absorción o desorción de humedad según la humedad relativa a la que se somete una muestra.

Además de determinar la isoterma del producto, los datos de la isoterma se ajustaron a un modelo matemático conocido como Modelo de Caurie, el cual sirve para calcular el contenido de humedad de seguridad que proporciona la máxima estabilidad al alimento durante el almacenamiento (Chiralt, 1998). Se realizó de la siguiente forma:

Modelo de Caurie

Caurie estableció un modelo matemático a partir del cual se puede determinar fácilmente el contenido de humedad residual que confiere la máxima estabilidad al producto, durante el almacenamiento. La ecuación presentada por Caurie es:

$$w_e = \exp [aw * Inr - (1/4.5 * w_s)]$$

Donde:

w_s = Contenido de humedad de seguridad que proporciona la máxima estabilidad al alimento, durante el almacenamiento (kg agua/ kg sólido seco)

r = Parámetro característico del material

La ecuación puede transformarse en:

$$\ln(1/w_e) = -\ln r * aw + 1/(4.5 * w_s)$$

Donde: w_e = humedad del producto en equilibrio calculada (kg agua/ kg solido seco).

Entonces la ecuación queda de la forma $y = mx + b$ donde m es la pendiente y b la ordenada al origen. Una vez obtenida la humedad en equilibrio se calcula $\ln(1/w_e)$ y se representa en función de aw , la recta ajustada a los puntos así obtenidos tiene de pendiente $(-\ln r)$ y su ordenada al origen es $1/4.5 * w_s$, por lo que se puede calcular el valor de w_s .

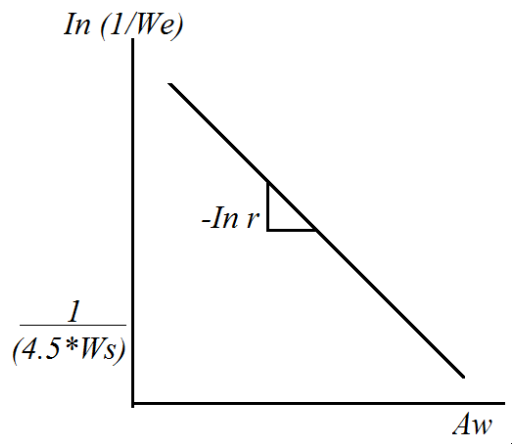


Figura 8. Representación de $\ln(1/w_e)$ en función de Aw

Obteniendo los valores de la pendiente y la ordenada al origen se calcula w_s sabiendo que:

$$b = \frac{1}{4.5 * w_s}$$

Por lo tanto:

$$w_s = \frac{1}{4.5 * b}$$

2.9 Análisis estadístico

Todas las pruebas se realizaron por triplicado y se calculó su promedio, desviación estándar y coeficiente de variación. Para el análisis de los promedios se utilizó la prueba de rango múltiple t-student (Montgomery & Hines, 1996).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis químico proximal de la harina de amaranto

Se realizó el análisis químico proximal a la harina de amaranto y se comparó con harina de trigo marca Selecta®. Como se puede observar en la Tabla 5 el amaranto contiene mayor cantidad de proteína, la cual tiene una mejor calidad nutrimental por su contenido de aminoácidos esenciales (Asociación Mexicana del Amaranto, 2003), también tiene un mayor contenido de grasa que está formada principalmente por ácidos grasos esenciales como el linoleico (San Miguel, 2008) así como mayor contenido de minerales especialmente calcio por lo que se recomienda su consumo en mujeres en procesos de gestación (Asociación Mexicana del Amaranto, 2003), y mayor contenido de fibra, además es importante señalar que en todos los componentes químicos existe una diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) entre las harinas de amaranto y de trigo. Todo esto hace al amaranto de mejor calidad nutrimental que el trigo, por lo cual es muy apropiado usarlo como materia prima en la elaboración del cereal para desayuno que se propone en este trabajo.

Tabla 5. Análisis químico proximal (AQP) de la harina de amaranto y harina de trigo marca Selecta®.

	HARINA DE AMARANTO	HARINA DE TRIGO
HUMEDAD	7.41 +/- 0.02 ^{a*}	12.21+/-0.23 ^b
PROTEÍNA	11.98 +/- 0.28 ^a	8.40+/-0.47 ^b
GRASA	7.09 +/- 0.79 ^a	2.39+/-0.23 ^b
CENIZAS	3.14 +/- 0.06 ^a	0.75+/-0.05 ^b
FIBRA	4.62 +/- 0.31 ^a	2.01+/-0.26 ^b
CARBOHIDRATOS	65.14 +/- 0.01 ^a	74.36+/-0.02 ^b

* Diferentes letras entre filas indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

3.2 Elaboración de cereal para desayuno

Se elaboró el cereal de amaranto y se le agregó jarabe variando la cantidad en un 0, 10, 15 y 20%, para dar un sabor más agradable para el consumidor sin afectar el aspecto del cereal y manteniendo su textura crujiente Figura 9.



Figura 9. Cereal de amaranto

Como se puede observar en la Figura 10, se obtuvo un cereal de color agradable y apariencia crujiente con todas las formulaciones, es decir que la concentración de jarabe no afectó estas características sensoriales solo el sabor, como era esperado. Por lo tanto, para elegir el cereal de mayor agrado se realizó una prueba de preferencia.



Figura 10. Cereales elaborados con amaranto variando la cantidad de jarabe de maíz 0, 10, 15 y 20%

3.3 Análisis sensorial (prueba de preferencia)

Se realizó un análisis sensorial aplicando una prueba de preferencia al cereal elaborado de amaranto sin jarabe y con las diferentes concentraciones de jarabe. Los resultados se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Porcentajes de preferencia de las diferentes formulaciones evaluadas

PORCENTAJE DE JARABE	PUNTOS
0%	206 ^{a*}
10%	252 ^b
15%	258 ^b
20%	283 ^c

* Diferentes letras entre filas indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.01$)

De los resultados obtenidos se observa (Tabla 6) que el cereal que obtuvo la mayor puntuación fue el cereal con 20% de jarabe y tuvo una diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.01$) con los demás cereales, mientras que los cereales con 10 y 15% de jarabe son estadísticamente iguales y el de menor preferencia fue el cereal sin jarabe.

El 28 % de las personas que realizaron la prueba prefirieron el cereal con mayor contenido de jarabe, mientras que el que menos gustó tuvo 20% de aceptación. Los cereales con 10 y 15% de jarabe tuvieron un porcentaje de aceptación del 25% como se observa en la Figura 11.

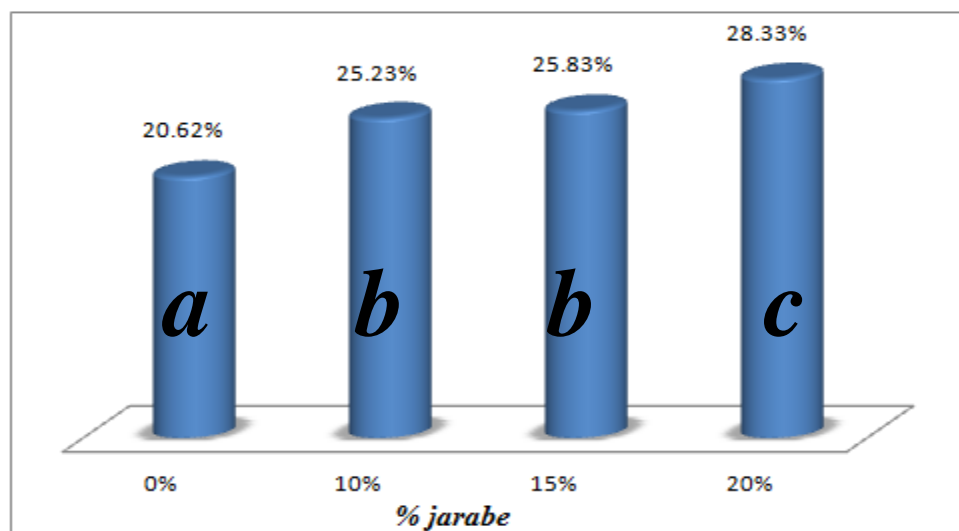


Figura 11. Porcentaje de aceptación de cereal de amaranto elaborado con diferentes concentraciones de jarabe

Por lo tanto, la mejor formulación fue la que contenía un 20% de jarabe porque su sabor fue más agradable, ya que contiene una mayor concentración de glucosa que la hace más dulce (Anexo 1), y esta formulación fue la seleccionada para seguir con el presente trabajo.

3.4 Análisis químico proximal del cereal elaborado con amaranto y uno comercial

A continuación se muestran los resultados del análisis químico proximal de las muestras del cereal elaborado con amaranto sin jarabe como control interno, al cereal de amaranto con un 20% de jarabe elegido por los jueces en la prueba de preferencia y de un cereal comercial para compararlos (Tabla 7).

Tabla 7. Comparación del análisis químico proximal del cereal elaborado con amaranto con 0% y 20% de jarabe y un cereal comercial

	0% JARABE	20% JARABE	CEREAL COMERCIAL
HUMEDAD (%)	2.79 +/- 0.03 ^a	2.24 +/- 0.06 ^b	2.65 +/- 0.01 ^{a*}
PROTEÍNA (%)	11.49 +/- 0.32 ^a	11.76 +/- 0.79 ^a	9.70 +/- 0.04 ^b
GRASA (%)	5.86 +/- 0.39 ^a	6.13 +/- 0.52 ^a	2.12 +/- 0.45 ^b
CENIZAS (%)	3.05 +/- 0.10 ^a	2.95 +/- 0.10 ^a	4.31 +/- 0.01 ^b
FIBRA (%)	4.97 +/- 0.34 ^a	5.73 +/- 1.46 ^a	7.97 +/- 0.17 ^b
CARBOHIDRATOS (%)	71.49 +/- 0.20 ^a	70.85 +/- 1.74 ^a	73.14 +/- 0.78 ^a

* Diferentes letras entre filas indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

De acuerdo a los resultados obtenidos (Tabla 7) los tres cereales tiene un bajo contenido de humedad, esto es importante, puesto que en los cereales para desayuno, uno de los factores más importantes a cuidar dentro de estos productos es el contenido de humedad, pues la mayoría de las propiedades sensoriales de los mismos están en función del nivel de humedad que el producto tenga (Prieto, 2006). Es importante señalar que los cereales elaborados con amaranto fueron estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$) en todos los componentes químicos, es decir, que el jarabe no afectó tampoco sus características químicas y por lo tanto, se van a comparar como uno solo con el cereal comercial.

El cereal elaborado con amaranto tuvo un mayor contenido de proteína con respecto al cereal comercial, y la diferencia es estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$). Esto es importante porque el amaranto además de tener un mayor contenido de proteína, ésta es de excelente calidad, ya que contiene todos los aminoácidos esenciales, como son la leucina, lisina, valina, etc. Estos aminoácidos, básicos para la buena salud del organismo, se encuentran en mayor proporción en la proteína del amaranto que en la de muchos otros cereales (San Miguel, 2008). También el cereal a base de amaranto supera significativamente su contenido de grasa con respecto al cereal comercial, a pesar de que se cree que las grasas son dañinas para la salud es importante reiterar que la grasa del amaranto tiene una gran cantidad de escualeno y ácidos grasos esenciales que benefician a la salud, por lo que es benéfico el porcentaje que contiene (San Miguel, 2008).

El contenido de cenizas del cereal a base de amaranto es menor que el del cereal comercial, pero se debe tomar en cuenta que entre los minerales que se encuentran en el amaranto están calcio, fósforo, hierro y zinc, que tienen mayor importancia nutricional (San Miguel, 2008).

Por último, a pesar de que el contenido de fibra es significativamente mayor en el cereal comercial que en el de amaranto, este tiene una cantidad considerable, que es benéfica, ya que consumir fibra es muy conveniente: combate el estreñimiento y previene el cáncer de colon. El consumo recomendado es de 20 a 40 gramos diarios (Profeco, 2004).

Con respecto al contenido de carbohidratos el cereal de amaranto y el cereal comercial son prácticamente iguales. Sin embargo, es importante mencionar que, de acuerdo con la vocera de la Asociación Mexicana de Nutriología, Adriana Quintero, el punto que hace la diferencia a la hora de elegir un cereal es la naturaleza de los hidratos de carbono, estos pueden ser: azúcares simples, como la glucosa, fructosa y sacarosa, que proporcionan energía de rápida absorción; carbohidratos complejos, como el almidón, de los que también se obtiene energía pero a través de un proceso más lento. Por lo que a la hora de elegir se recomienda un cereal que, de los carbohidratos que aporte, la mayoría sean carbohidratos complejos y no azúcares, ya que para los niños y para toda nuestra población lo mejor es evitar o reducir el consumo de azúcares simples. Como la mayor cantidad de carbohidratos del amaranto son complejos, el aporte de sus carbohidratos es mejor que el del trigo (Profeco, 2011). Con base en la información anterior se puede decir que el cereal de amaranto es de mejor calidad que el cereal comercial de trigo.

3.5 Perfil de aminoácidos

Para conocer la calidad de la proteína del cereal de amaranto elaborado con 20% de jarabe y que fue el que más gusto, se realizó su análisis de aminoácidos (Tabla 8).

Tabla 8. Comparativo del perfil de aminoácidos del cereal elaborado con amaranto y el perfil de aminoácidos de harina de trigo

Aminoácido	Cereal de Amaranto (g _{aa} /100g _{de proteína})	Trigo (g _{aa} /100g _{de proteína})
Histidina	3.039 ^a	1.978 ^b
Treonina	4.801 ^a	4.523 ^a
Valina	4.414 ^a	4.577 ^a
Fenilalanina	4.795 ^a	5.898 ^b
Tirosina	3.016 ^a	2.297 ^b
Isoleucina	3.992 ^a	4.208 ^a
Leucina	5.609 ^a	7.380 ^b
Lisina	3.743 ^a	1.156 ^b
Metionina	2.605 ^a	2.928 ^a
Triptófano	1.220 ^a	0.970 ^b
Arginina	5.637 ^a	3.393 ^b
Alanina	4.309 ^a	3.466 ^b
Aspartato	8.121 ^a	4.415 ^b
Glutamato	17.800 ^a	34.380 ^b
Serina	5.296 ^a	2.585 ^b
Glicina	7.121 ^a	1.813 ^b

* Diferentes letras entre filas indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

Se realizó un comparativo entre el perfil de aminoácidos del cereal elaborado con amaranto y el de la harina de trigo, se observó (Tabla 8) que ambos contienen los ocho aminoácidos esenciales. Con respecto a su contenido no existe diferencia significativa en treonina, valina, isoleucina y metionina; de los que sí existe diferencia significativa y el amaranto tiene una mayor cantidad son en los aminoácidos tirosina, lisina, triptófano, arginina, alanina, aspartato, serina y glicina, mientras que la harina de trigo solo lo supera en fenilalanina, leucina y glutamato.

Existen poblaciones que no llegan a satisfacer los requerimientos mínimos, de ingesta en cuanto a la cantidad de aminoácidos esenciales, por lo que se están realizando esfuerzos para combatir la desnutrición buscando producir más y mejores alimentos, promoviendo el desarrollo del cultivo de semillas seleccionadas de plantas que tienen un contenido alto de proteínas por una parte y que además contienen en cantidades suficientes los aminoácidos esenciales (Peña, 2004). Por lo que el cereal para desayuno elaborado con amaranto es una opción factible para competir con los cereales comerciales que son de baja calidad nutrimental ya que es rico en proteína y en aminoácidos esenciales.

La FAO ha establecido estándares cuantitativos para evaluar el puntaje químico de un alimento en base a la cantidad y calidad de los aminoácidos presentes (San Miguel, 2008), por lo que se realizó una comparación con el amaranto para evaluar su calidad nutrimental.

Tabla 9. Requerimientos diarios recomendados por la FAO ($g_{aa} / 100g_{proteína}$)

	Cereal de amaranto	Patrón de aa (FAO)
Isoleucina	3.99 ^a	2.80 ^{b*}
Leucina	5.61 ^a	6.60 ^b
Lisina	3.74 ^a	5.80 ^b
Metionina	2.61 ^a	2.50 ^a
Fenilalanina + Tirosina	7.81 ^a	6.30 ^b
Treonina	4.80 ^a	3.40 ^b
Triptófano	1.22 ^a	1.10 ^a
Valina	4.41 ^a	3.50 ^b

* Diferentes letras entre filas indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

En la Tabla 9 podemos observar que la cantidad de isoleucina fenilalanina + tirosina, treonina, y valina del amaranto supera de manera significativa ($P \leq 0.05$) al patrón de requerimientos recomendados por la FAO, mientras que solo es menor en cantidad de leucina y lisina, y no existe diferencia significativa con respecto a la cantidad de metionina y triptófano, por consiguiente se confirma que el amaranto es uno de los productos de origen vegetal más completo, y una de las fuentes más importante de proteínas además, es uno de los alimentos con altísima presencia de aminoácidos (Asociación Mexicana del Amaranto, 2003).

3.6 Análisis sensorial (prueba de nivel de agrado)

Se realizó la prueba de nivel de agrado al cereal elaborado de amaranto con la formulación que contiene 20% de jarabe, para evaluar su grado de aceptación del consumidor. Se obtuvo el porcentaje de aceptación mediante una encuesta que contiene una línea de 10 centímetros sin escala para no influir a los consumidores, la cual, mide 10 centímetros que se transforma en 10 puntos (Anexo 2).

Tabla 10. Porcentaje de aceptación

% DE ACEPTACIÓN	73	
CALIFICACIÓN DEL PRODUCTO	PROMEDIO	SUMA
	6.73	673.45

Como se observa en la Tabla 10 se obtuvo un porcentaje de aceptación bueno porque a más de tres cuartos de los consumidores que evaluaron el producto les gusto, aunque su calificación de 6.7 fue baja, y los principales comentarios que hicieron sobre el cereal fueron los siguientes: que el cereal era dulce, de textura crujiente, buen aspecto y color.

3.7 Isoterma de sorción

Se realizaron pruebas colocando las muestras de cereal a cuatro diferentes humedades relativas de 85% con cloruro de potasio, 46% con nitrato de calcio, 36% con cloruro de magnesio y 10% con sílica gel. La humedad relativa se midió durante el experimento a una temperatura constante de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$.

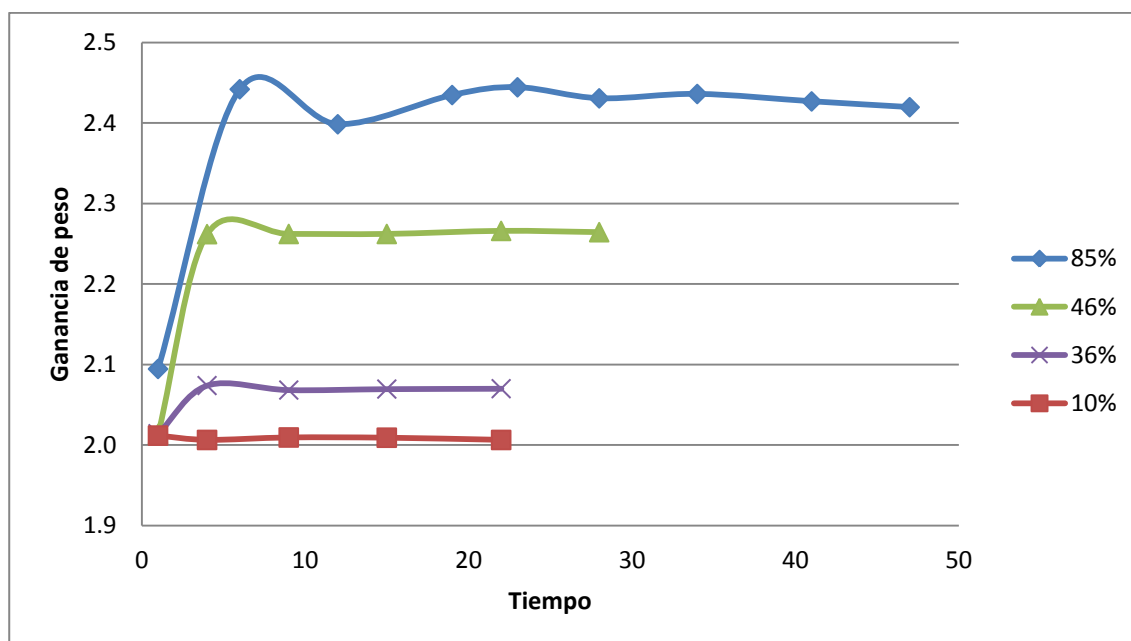


Figura 12. Ganancia de peso del cereal para desayuno de amaranto al colocarse en diferentes humedades relativas a una temperatura constante de 25°C .

En la Figura 12 se observa que en la medida en que aumentan los valores de la humedad relativa existe una ganancia de peso significativa al inicio, mientras que al pasar el tiempo de almacenamiento, la ganancia es menor, lo cual es indicativo de que el cereal está llegando al equilibrio de saturación con el medio que lo rodea.

Finalmente se observó que el peso de los cereales se mantuvo prácticamente constante. Con base en los resultados obtenidos se puede decir que el cereal alcanzó el equilibrio aproximadamente en 15 días.

Para realizar la isoterma de sorción, a las muestras en equilibrio se les determinó su contenido de humedad (Chiralt, 1998).

Tabla 11. Humedad en equilibrio (We) de las muestras a diferente actividad de agua.

	AW	We (g/100g ms)
GEL SILICA	0.10	1.86
CORURO DE MAGNESIO	0.36	4.38
NITRATO DE CALCIO	0.46	4.53
CORURO POTÁSICO	0.85	13.43

A una humedad relativa del 10%, el cereal con un contenido de humedad inicial de 2.6% tiende a perder peso, su humedad disminuye hasta 1.86%, mientras que conforme se aumenta la humedad relativa a 36 y 46% la humedad en equilibrio aumenta hasta 4.38 y 4.53% respectivamente (Figura 13), bajo estas condiciones se alcanza el equilibrio de humedad del cereal en menor tiempo (Figura 12). A una humedad relativa del 85% el cereal tiende a adsorber mayor cantidad de humedad (Figura 13) y tarda más tiempo en llegar al equilibrio (Figura 12).

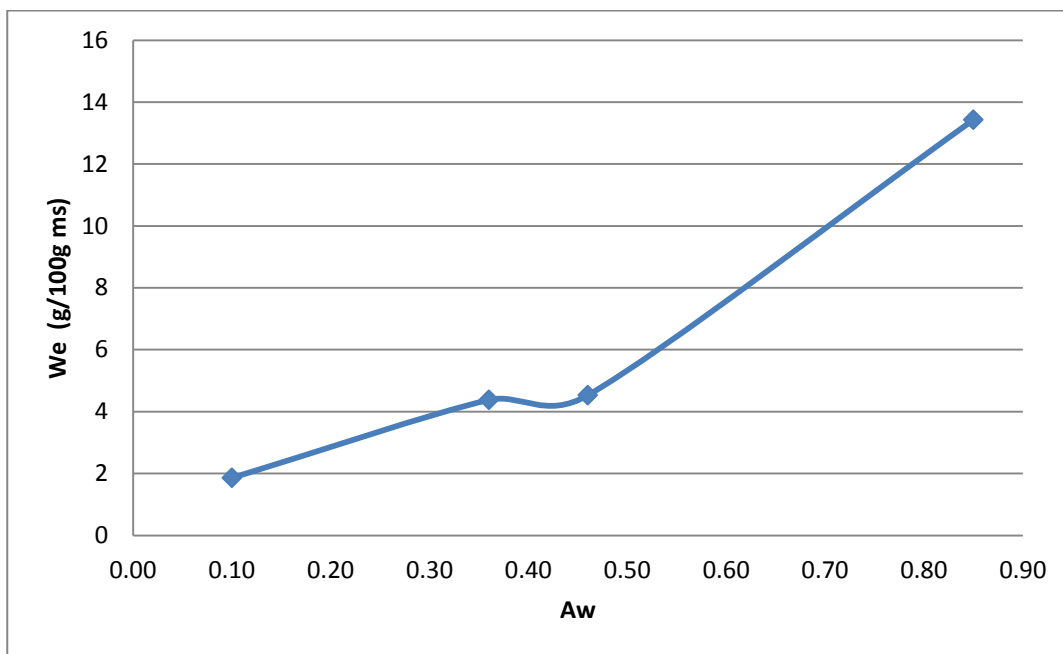


Figura 13. Isoterma de sorción del cereal para desayuno a base de amaranto

El cereal para desayuno a base de amaranto tiende a ganar o perder humedad, según las condiciones a las que se encuentre como se muestra en la isoterma de sorción (Figura 13), es decir que hasta aproximadamente humedades relativas del ambiente de 65% el cereal para desayuno de amaranto mantendrá un contenido de humedad bajo pues no adsorbe mucha humedad, asegurando su estabilidad ya que mantiene sus propiedades sensoriales; mientras que a partir de

una humedad relativa mayor al 65% el cereal absorberá mayor cantidad de humedad (arriba de 10%), lo que generará mayores riesgos de contaminación del producto y puede afectar sus propiedades sensoriales, principalmente la textura o causar el crecimiento de hongos, ya que su composición química es favorable para el crecimiento de microorganismos, pero al tener una baja humedad, hace que las bacterias sean incapaces de multiplicarse y que los mohos lo hagan de forma limitada (Pascual, 2000). Pero en general se puede decir que el producto es estable.

El contenido de humedad óptimo para el almacenamiento de alimentos es superior al de la capa monomolecular y se calculó en este trabajo (Tabla 12 y Figura 14). A este contenido de humedad, determinado por la ecuación de Caurie, se le llama “contenido de humedad de seguridad para la estabilidad (Ws)” (Chiralt, 1998).

Tabla 12. Aw y ln(1/We) para emplear el modelo de Caurie

	Aw	ln(1/we)
GEL SILICA	0.1	3.985
CLORURO DE MAGNESIO	0.36	3.128
NITRATO DE CALCIO	0.46	3.094
CLORURO POTÁSICO	0.85	2.008

Obteniendo los valores de la pendiente y la ordenada al origen se calculó w_s sabiendo que de acuerdo al modelo de Caurie:

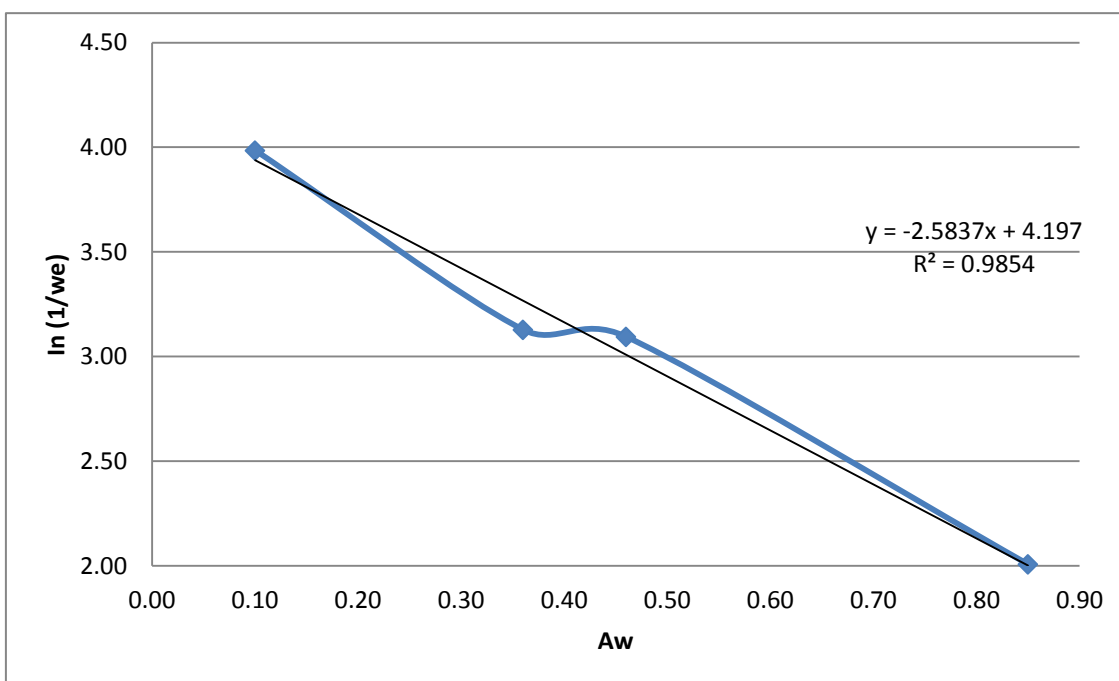


Figura 14. Representación de ln(1/We) en función de Aw

$$b = \frac{1}{4.5 * w_s}$$

Por lo tanto:

$$w_s = \frac{1}{4.5 * b}$$

$$w_s = \frac{1}{(4.5)(4.197)} = 0.0529 \frac{g_{H_2O}}{g_{ss}}$$

Contenido de humedad de seguridad que proporciona la máxima estabilidad al alimento durante el almacenamiento.

De acuerdo al modelo de Caurie el contenido de humedad residual del cereal para desayuno elaborado a base de amaranto que confiere la máxima estabilidad durante el almacenamiento es de 5.29% y tomando en cuenta que el cereal tiene inicialmente un 2.6% de humedad, es decir la mitad, se puede concluir que se garantiza un producto estable durante su almacenamiento, si se mantiene en condiciones adecuadas de almacenamiento, el conocimiento del equilibrio higroscópico de los alimentos es de gran utilidad dado que contribuye a un mejor conocimiento para predecir los cambios de humedad del producto durante su almacenamiento al variar la humedad ambiental (Chiralt, 1998).

Por lo tanto se puede concluir que la mejor formulación para elaborar el cereal para desayuno se logró utilizando 100% harina de amaranto y 20% de jarabe de maíz. Este cereal tuvo una mejor calidad nutrimental que uno comercial pues su contenido proteínas y grasa fue mayor, además su proteína contiene todos los aminoácidos esenciales en mayor cantidad que la harina de trigo incluyendo un mayor contenido lisina. La muestra fue aceptada por un 73% de consumidores. Se pudo determinar su isoterma de sorción a una temperatura de 25°C indicando que hasta un 60% de humedad relativa podrá mantenerse el producto por debajo de un 10% de humedad. Por último se determinó el contenido de humedad de seguridad para la estabilidad (Ws) usando el modelo de Caurie y el valor que resultó fue de 5.29% de humedad, lo que garantiza que el cereal de amaranto es estable ya que su contenido de humedad es de 2.6%.

CONCLUSIONES

La composición química de la harina de amaranto integral que se usó en este trabajo fue mejor que la de una harina comercial de trigo y se pudo elaborar un cereal para desayuno con cien por ciento de esta harina de amaranto con buenas características sensoriales.

La formulación seleccionada como la mejor para elaborar el cereal para desayuno con cien por ciento de amaranto fue la que contenía jarabe de maíz en un veinte por ciento (v/p). El cereal para desayuno seleccionado como el mejor en este trabajo, tuvo una mejor calidad nutrimental que el cereal comercial porque tuvo un mayor contenido de proteína, grasa y cenizas y además la proteína tuvo todos los aminoácidos esenciales en mayor porcentaje que los de trigo y cumple con el porcentaje diario recomendado por la FAO. Este cereal fue aceptado por más de setenta por ciento de consumidores que lo evaluaron mediante una prueba hedónica.

De acuerdo con la isoterma de sorción calculada en el presente trabajo nos indica que el cereal para desayuno de amaranto será poco higroscópico cuando se mantenga a humedades relativas menores al 65% lo cual puede asegurar su estabilidad, mientras que a mayores del 65% el cereal absorberá una mayor cantidad de humedad dificultando su conservación durante su almacenamiento.

Según el modelo de Caurie el contenido de humedad que confiere la máxima estabilidad durante el almacenamiento es de 5.29% y ya que el cereal tiene inicialmente un 2.6% de humedad, se puede concluir que se garantiza un producto estable durante su almacenamiento.

Se concluye que es posible la elaboración de un cereal para desayuno a base de amaranto, con buenas características sensoriales y propiedades nutrimentales satisfactorias. Por lo tanto el amaranto podría ser el mejor candidato para ser utilizado en la producción de cereal para desayuno.

RECOMENDACIONES

A nivel industrial, es importante saber si el producto soportará el almacenamiento prolongado, se recomienda determinar la vida de anaquel del cereal para desayuno mediante pruebas aceleradas de vida útil.

Realizar otra isoterma durante las pruebas aceleradas de vida útil que consisten en colocar el producto bajo condiciones severas usualmente temperatura y humedad relativa mayor monitoreando el producto hasta su perecimiento

Realizar una prueba de la relación de eficiencia proteica del cereal para poder saber si la proteína será asimilada por las personas que la consuman.

REFERENCIAS

- A.O.A.C. (2005). Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. Cunnif, P., Published by AOAC International, Edition, USA.
- Asociación Mexicana del Amaranto. (2003). *Amarantum*. Recuperado en Abril de 2011, de El amaranto: <http://www.amaranto.com.mx/vertical/faq/faq.htm>
- Bahíanoticias. (1 de Marzo de 2008). *Bahía Noticias*. Recuperado en Abril de 2011, de Amaranto: Bebida prehispánica para la depresión: <http://bahianoticias.com/amaranto-bebida-prehispanica-para-la-depresion/730/>
- Barreiro, J. A., & Sandoval, A. J. (2006). *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*. Caracas, Venezuela: Equinoccio.
- Betschart, A. A., & Saunders, R. M. (1981). *Morphologic studies on Amaranthus cruentus*. J. Foods Science.
- Boucher, F., & Muchnik, J. (1995). *Agroindustria Rural Recursos Tecnicos y Alimentación*. CIRAD-CIID-IICA .
- Cabrera, C. A. (2007). *Desarrollo de una formulación de pasta para sopa tipo tallarin a base de amaranto con alta calidad nutrimental*. 74. México.
- Callejo, G. M. (2002). *Industria de cereales y derivados: Tecnología de Alimentos*. Madrid: Mundi Prensa.
- Camacho, S. (2013). El reto nutricional. *Industria Alimentaria* , 35 (2), 12-17.
- Chiralt, B. A. (1998). *Experimentos de fisicoquímica de alimentos*. España: Acribia.
- Cutullé, B., & Berruti, V. (2013). Desarrollo y evaluación sensorial de galletitas de jengibre con sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz y lenteja. *Industria Alimentaria* , 35 (2), 30-71.
- El Pionero. (6 de Septiembre de 2010). *Consumo per cápita de frijol disminuyó de 16 a menos de 10 kilos en los últimos años*. Recuperado el Mayo de 2011, de <http://elpionero.com.mx/notas.pl?n=13918&s=5>
- FAO. (1997). *Cultivos Andinos*. Recuperado en Abril de 2011, de <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/Cap2.htm#Taxo>
- Flores, R. C. (2011). Amaranto: conocimientos alimeticios, agronómicos y tecnológicos al inicio del siglo XXI. 112. México.
- González, E. J. (2011). Genes y obesidad: una relación de causa efecto. *Industria Alimentaria* , 33 (6), 14-20.

- Greenfield, D. A. (2006). *Datos de composición de alimentos: obtención, gestión y utilización*. (2 ed.). Roma: FAO.
- Guzmán, A. F. (13 de Agosto de 2010). *Un problema gordo: la obesidad en México*. (E. Universal, Editor) Recuperado el mayo de 2011, de <http://www.eluniversal.com.mx/cultura/63568.html>
- Hernández, G. R., & Herrerías, G. G. (1998). *Amaranto: Historia Y Promesa. Tehuacán: Horizonte Del Tiempo*, 1, 18.
- Jimenez, P. R., & Cordero, E. S. (1986). *Amaranthus spp en la alimentación xochimilca y su proyección en la alimentación básica*. México.
- Montgomery, D. C., & Hines, W. W. (1996). *Probabilidad y estadística para ingeniería y administración* (2 ed.). México: Compañía editorial continental.
- Obesidad. (25 de Enero de 2010). *Obesidad México*. Recuperado el 12 de Mayo de 2010, de <http://eltoque.com/texto/mexico-primer-lugar-mundial-en-obesidad>
- Okpala, L., & Okoli, E. (2013). Propiedades fisicoquímicas y sensoriales de galletas hechas a partir de mezclas de harinas de chícharo de árbol germinado, sorgo fermentado y malanga. *Industria Alimentaria*, 35 (4), 72-81.
- Pascual, A. M.-D.-R. (2000). *Alimentaria: Metodología analítica para alimentos y bebidas* (2 ed.). España: Diaz de Santos.
- Pedrero, F. D., & Pangbord, R. M. (1989). *Evaluación sensorial de los alimentos, Métodos Analíticos*. México: Alhambra Mexicana, S.A. de C.V.
- Peña, A. (2004). *Bioquímica* (2 ed.). México: Limusa.
- Prieto, F. G. (2006). Evaluación de las isoterms de sorción en cereales para desayuno. *Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales*, 19 (001), 12-19.
- Primo, Y. E. (1987). *Química Agrícola III. Alimentos*. Madrid, España: Alhambra.
- Profeco. (2004). Cereales para Desayuno. *Revista del consumidor* (147), 26 -29.
- Profeco. (Abril de 2011). Estudio de calidad: cereales para niño. *Revista del Consumidor*, 30 - 44.
- Rodas, B., & Bressani, R. (2009). Contenido de aceite, ácidos grasos y escualeno en variedades crudas y procesadas de grano de amaranto. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59 (1), 6.
- San Miguel. (7 de Abril de 2008). *San Miguel es Amaranto*. Recuperado el 15 de Agosto de 2011, de http://www.sanmiguel.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=15&Item

- Saver, J. D. (1976). *The grain amaranths and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. Annals of Missouri Botanical Garden* .
- Sharma, S. K. (2003). *Ingeniería de alimentos : operaciones unitarias y prácticas de laboratorio*. México: Limusa.
- Singhal, R. S., & Kulkarni, P. R. (1988). *Review: amaranth and under utilized resource*. J. Food Sci.
- Tejerina, O. J., & Arenas, M. R. (2005). *Guía para el cultivo y aprovechamiento del amaranto*. Bogotá, Colombia: Convenio Andrés Bello.
- Téllez, C. (26 de Enero de 2010). México, primer lugar mundial en obesidad infantil; modificará el DIF dieta de desayunos; CCE se compromete a poner en letras grandes contenido nutrimental. *La Crónica de Hoy* .
- Vázquez-Ortiz, F. A.; Higuera-Ciapara, I. and Hernández, G. (1995). High Performance Liquid Chromatographic Determination of Free Amino Acid in Shrimp. *J Liquid Chrom.* 18 (19): 2059-2068.

ANEXO 1

CEREAL PARA DESAYUNO				
Edad	Sexo	H	M	Fecha
INSTRUCCIONES				
Pruebe las muestras y ordene según su preferencia otorgando un valor del 4 al 1, considerando al 4 como el que más gusta y 1 el que menos gusta. No se permiten empates.				
Muestras	6040	7030	8020	8011
Valor	_____	_____	_____	_____
Explique: ¿Por qué tomó esa decisión?				

Figura 15. Cuestionario de prueba de preferencia

Tabla 13. Prueba de preferencia: descriptores.

CONCENTRACIONES DE JARABE	0%	10%	15%	20%
DESCRIPTORES POSITIVOS				
MIEL	0.0	4.8	4.2	3.7
NUEZ	0.0	4.8	4.2	0.0
DULCE	16.7	28.6	20.8	37.0
TOSTADO	8.3	0.0	8.3	3.7
CANELA	0.0	0.0	4.2	0.0
TRIGO	4.2	0.0	4.2	0.0
MAS SABOR	8.3	4.8	0.0	22.2
SUAVE	0.0	0.0	0.0	3.7
DESCRIPTORES NEGATIVOS				
SIN SABOR	20.8	19.0	16.7	0.0
TIERRA	16.7	9.5	16.7	7.4
FEO	8.3	0.0	0.0	0.0
AGRIO	0.0	4.8	4.2	3.7
AMARGO	8.3	9.5	0.0	11.1
QUEMADO	0.0	0.0	8.3	7.4
DESABRIDO	4.2	0.0	4.2	0.0
DURO	4.2	14.3	4.2	0.0
TOTAL	100%	100%	100%	100%

ANEXO 2

CEREAL PARA DESAYUNO				
EDAD	SEXO	M	H	FECHA
<p>INSTRUCCIONES: Pruebe la muestra y marque en la línea la calificación de -5 si no le gusta hasta 5 si le gusta según su nivel de agrado de la muestra.</p>				
NO ME GUSTA				ME GUSTA MUCHO
EXPLIQUE POR QUE TOMÓ ESA DECISIÓN				

Figura 16. Cuestionario de prueba de nivel de agrado

Tabla 14. Resultados de prueba de nivel de agrado

JUEZ	CALIFICACIÓN	JUEZ	CALIFICACIÓN	JUEZ	CALIFICACIÓN	JUEZ	CALIFICACIÓN	JUEZ	CALIFICACIÓN
1	0	21	5	41	6.75	61	7.5	81	8.6
2	1	22	5	42	6.8	62	7.65	82	9
3	1	23	5.6	43	6.8	63	7.7	83	9
4	2	24	5.7	44	6.9	64	7.8	84	9
5	2	25	5.7	45	7	65	7.8	85	9
6	2	26	5.9	46	7	66	8	86	9
7	2.2	27	6	47	7	67	8	87	9
8	2.8	28	6	48	7	68	8	88	9
9	3	29	6	49	7	69	8	89	9
10	3	30	6	50	7	70	8	90	9.2
11	3	31	6	51	7	71	8	91	10
12	4	32	6	52	7	72	8	92	10
13	4	33	6	53	7	73	8	93	10
14	4	34	6	54	7.2	74	8	94	10
15	4	35	6	55	7.3	75	8	95	10
16	4.65	36	6.2	56	7.4	76	8	96	10
17	5	37	6.2	57	7.5	77	8	97	10
18	5	38	6.4	58	7.5	78	8.5	98	10
19	5	39	6.6	59	7.5	79	8.5	99	10
20	5	40	6.6	60	7.5	80	8.5	100	10

Tabla 15. Prueba de nivel de agrado.

CARACTERÍSTICAS	
POSITIVAS	NEGATIVAS
BUENA TEXTURA	TIERRA
BUEN SABOR	INSÍPIDO
BUEN COLOR	DURO
DULCE	AMARGO
DELICIOSO	QUEMADO
BUEN ASPECTO	FALTA DULZOR
ESTÁ BUENO	