



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

“DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE DIVERSOS PRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DE AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus*): BEBIDA, ALIMENTO FERMENTADO Y ANÁLOGO DE QUESO”

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

PRESENTA

MILDRED ELIZABETH ALONSO VÁZQUEZ



CIUDAD DE MÉXICO, 2018



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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: QFB. BERTHA JULIETA SANDOVAL GUILLÉN

VOCAL: M en C. ARMANDO CONCA TORRES

SECRETARIO: M en C. JUAN CARLOS RAMÍREZ OREJEL

1er. SUPLENTE: M en C. EVA PATRICIA BERMUDEZ GARCÍA

2° SUPLENTE: M en C. MIGUEL ÁNGEL HERNÁNDEZ VALDEPEÑA

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA II, DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

ASESOR DEL TEMA:

JUAN CARLOS RAMÍREZ OREJEL _____

SUPERVISOR TÉCNICO:

JOSÉ MOISÉS TALAMANTES GÓMEZ _____

SUSTENTANTE (S):

MILDRED ELIZABETH ALONSO VÁZQUEZ _____



El Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo
y la Universidad Autónoma de Sinaloa, otorgan la presente

CONSTANCIA

A:
Alonso-Vázquez ME, Ramirez-Orejuel JC

Por su participación como Ponente en Cartel con el tema "DESARROLLO DE UNA BEBIDA A BASE DE *Amaranthus hypochondriacus* Y CON PROBIÓTICOS *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*" en el

3er Congreso Internacional de Alimentos Funcionales y Nutraceuticos.
Mazatlán, Sinaloa, del 20 al 22 de junio del 2018

Dr. Gustavo A. González Aguilar
Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo

Dr. Aarón F. González Córdova
Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo

Dr. Jorge Millán Carrillo
Universidad Autónoma de Sinaloa

3

Congreso Internacional
de Alimentos Funcionales
y Nutraceuticos



ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVOS PARTICULARES	5
HIPÓTESIS	6
1. CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	7
1.1 ALIMENTOS FUNCIONALES	7
1.2 COMPUESTOS BIOACTIVOS	8
1.3 BEBIDAS VEGETALES.....	11
1.3.1 Generalidades	12
1.3.2 Clasificación.....	12
1.3.3 Bebidas elaboradas a partir de cereales.....	13
1.3.4 Amaranto.....	14
1.3.4.1 Valor nutrimental	15
1.3.4.1.1 Proteínas	15
1.3.4.1.2 Lípidos	17
1.3.4.1.3 Hidratos de carbono.....	19
1.3.4.1.4 Vitaminas.....	20
1.3.4.1.5 Minerales	20
1.3.4.1.6 Compuestos bioactivos	21
1.3.5 Valor Nutrimental de bebidas vegetales.....	23
1.3.4 Panorama Mundial y Nacional.....	24
1.4 ALIMENTOS FERMENTADOS	25
1.4.4 Generalidades	26
1.4.5 Fermentación.....	27
1.4.6 Fermentación en cereales	27
1.4.7 Beneficios a la salud.....	28
1.5 QUESOS ANÁLOGOS	29
1.5.4 Definición.....	29
1.5.5 Proceso global	30
1.5.6 Panorama mundial.....	32

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	33
2.1 RECOLECCIÓN DE AMARANTO	33
2.2 PRUEBAS DE CALIDAD.....	34
2.3 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AMARANTO.....	34
2.4 DESARROLLO Y FORMULACIÓN DE BEBIDA	35
2.4.1 Desarrollo de la bebida.....	35
2.4.2 Estabilidad de bebida.	36
2.5 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA BEBIDA.....	36
2.6 ANÁLISIS SENSORIAL DE LAS BEBIDAS DESARROLLADAS	37
2.7 DESARROLLO DE ALIMENTO FERMENTADO.....	37
2.8 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL ALIMENTO FERMENTADO	38
2.9 DESARROLLO DE ANÁLOGO DE QUESO.....	38
2.10 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL ANÁLOGO DE QUESO.	38
2.11 EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y FENOLES TOTALES EN EL AMARANTO Y PRODUCTOS	39
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	40
3.1 PRUEBAS DE CALIDAD.....	40
3.2 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AMARANTO.....	43
3.2.1 Análisis composicional del amaranto.....	43
3.2.2 Análisis de nutrimentos inorgánicos.	45
3.3 DESARROLLO Y ANÁLISIS DE BEBIDA	46
3.3.1 Desarrollo de bebida.....	46
3.3.2 Estabilidad de bebida.	49
3.4 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE BEBIDA.	50
3.4.1 Análisis composicional	50
3.4.2 Análisis de nutrimentos inorgánicos.	53
3.5 ANÁLISIS SENSORIAL DE LA BEBIDA	55
3.6 DESARROLLO DE ALIMENTO FERMENTADO.....	60
3.6.1 Seguimiento de la fermentación.....	60
3.7 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL ALIMENTO FERMENTADO.	62
3.7.1 Análisis composicional de alimento fermentado.	62
3.7.2 Análisis de nutrimentos inorgánicos del alimento fermentado.	64

3.8	DESARROLLO DE ANÁLOGO DE QUESO.....	65
3.8.1	Análisis composicional de análogo de queso.....	65
3.8.2	Análisis de nutrimentos inorgánicos.....	68
3.9	COMPARACIÓN DE MINERALES EN LOS PRODUCTOS	69
3.10	PODER ANTIOXIDANTE Y FENOLES TOTALES	72
3.11	COSTEO DE PRODUCTOS ELABORADOS Y ETIQUETADO NUTRIMENTAL.....	76
	CONCLUSIONES.....	82
	PERSPECTIVAS	83
	ANEXOS.....	84
	ANEXO I. CUESTIONARIO PARA EVALUACIÓN SENSORIAL	84
	ANEXO II. CURVAS DE CALIBRACIÓN DPPH	86
	BIBLIOGRAFÍA.....	87
	REFERENCIAS ELECTRÓNICAS.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Principales compuestos bioactivos presentes en los alimentos. (Gilbert & Şenyuva, 2009).	10
Figura 1.2. . Clasificación de bebidas vegetales de acuerdo con el vegetal que se utiliza según Sethi en 2016.	13
Figura 1.3. Diagrama de proceso de elaboración de análogos de queso según Guinee, en 2011.....	30
Figura 2.1. Diagrama de bloques del desarrollo experimental empleado para la elaboración de productos a partir de amaranto (<i>Amaranthus hypochondriacus</i>).	33
Figura 3.1. Frecuencia de consumo de bebidas vegetales.	56
Figura 3.2. Preferencia de consumo de bebidas vegetales.....	56
Figura 3.3. Agrado general de las bebidas evaluadas. Diferentes letras significan que existe una diferencia significativa ($p \leq 0.05$).	57
Figura 3.4. Comparación de nivel de agrado entre las tres formulaciones.	58
Figura 3.5. Resultados de la prueba de ordenamiento.	59
Figura 3.6. Crecimiento de las bacterias <i>Lactobacillus delbruki spp. bulgaricus</i> y <i>Streptococcus thermophilus</i> , disminución del pH y aumento de la acidez durante el tiempo de fermentación	61
Figura 3.7. Morfología microscópica de cepas del alimento fermentado, tinción de Gram en objetivo 100x.	62
Figura 3.8. Información nutrimental e ingredientes de la bebida de amaranto (Formato adaptado de NOM-O51-SCFI-2010).	77
Figura 3.9. Etiquetado frontal para bebida elaborada a partir de amaranto. (Formato adaptado de COFEPRIS).	78
Figura 3.10. Información nutrimental e ingredientes de alimento fermentado elaborado con amaranto. (Formato adaptado de COFEPRIS).....	79
Figura 3.11. Etiquetado frontal para alimento fermentado. (Formato adaptado de COFEPRIS).....	79
Figura 3.12. Información nutrimental y declaración de ingredientes de análogo de queso. (Formato adaptado de COFEPRIS).	80
Figura 3.13. Etiquetado frontal de análogo de queso. (Formato adaptado de COFEPRIS). ..	80
Figura 4.1. Curva de calibración del trolox	86
Figura 4.2. Curva de calibración del α -tocoferol.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Orígenes biológicos de compuestos nutraceuticos (Boyle, 2015).	8
Tabla 1.2. Composición química del <i>Amaranthus hypocondriacus</i> (Información obtenida de Haros, 2017).	15
Tabla 1.3. Contenido de lípidos algunos cereales y del amaranto (Información obtenida de FAO, 1985 y Haros, 2017).	16
Tabla 1.4. Contenido y composición de aminoácidos de la proteína de amaranto y el perfil (FAO/OMS/UNU, 1985; Haros, 2017).	17
Tabla 1.5. Principales componentes de la fracción lipídica del amaranto (Venskutonis & Kraujalis, 2013).	18
Tabla 1.6. Perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto (Información tomada de FAO, 1985).	19
Tabla 1.7. Minerales más importantes en el amaranto (Información tomada de FAO, 1985; Haros, 2017).	21
Tabla 1.8. Principales compuestos bioactivos reportados la literatura en el amaranto.	22
Tabla 1.9. . Ingredientes utilizados en la fabricación de análogos de queso (Guinee, 2011). ..	31
Tabla 2. 2. Comparación entre tratamientos	36
Tabla 2.3. Formulación del análogo de queso de amaranto	38
Tabla 3.1. Determinación de temperatura del lote de amaranto.	40
Tabla 3.2. Relación de impurezas y daños en el grano de amaranto expresado en (g /100g).	42
Tabla 3.3. Determinaciones relacionadas a la densidad del grano de amaranto.	42
Tabla 3.4. Análisis fisicoquímico del amaranto.	44
Tabla 3.5. Cuantificación de nutrimentos inorgánicos en el amaranto.	45
Tabla 3.6. . Rendimiento de los métodos empleados para obtener bebida.	47
Tabla 3.7. Distribución de sólidos y proteínas en los tratamientos.	48
Tabla 3.8. Contenido de proteína soluble en las bebidas de los tres tratamientos	49
Tabla 3.9. Separación de fases de la bebida obtenida por el T3.	50
Tabla 3.10. Análisis composicional de las bebidas vegetales en g/100 mL bebida.	52
Tabla 3.11. Cuantificación de nutrimentos inorgánicos en las bebidas vegetales.	54
Tabla 3.12. . Análisis composicional del alimento fermentado	63
Tabla 3.13. Nutrimentos inorgánicos presentes en el alimento fermentado	64
Tabla 3.14. Análisis composicional del análogo de queso.	67
Tabla 3.15. Perfil de nutrimentos inorgánicos	68
Tabla 3.16. Comparación de la concentración de los macroelementos en el amaranto, la bebida y el alimento fermentado.	69
Tabla 3.17. Minerales en bebidas elaboradas a partir de cereales, legumbres y oleaginosas. (Información tomada de Bernat, et al., 2014).	71
Tabla 3.18. Comparación de elementos trazas de los productos elaborados.	72
Tabla 3.19. Contenido de polifenoles en el amaranto y productos desarrollados.	73
Tabla 3.20. Poder antioxidante mediante técnica DPPH de las muestras evaluadas.	75

RESUMEN

En la búsqueda de alternativas a, las problemáticas de salud como la intolerancia a lactosa y la prevalencia a la alergia a causa de las proteínas de la leche (Laurrabaquio et al., 2016) así como dietas que suprimen el consumo de lácteos, se han desarrollado bebidas a partir de cereales, legumbres y oleaginosas, como lo son la de avena, soya, arroz, almendra, quinua y coco.

Considerando lo anterior se observó que no existe en el mercado una bebida elaborada a partir de amaranto por lo que se propuso el desarrollo de este producto. Se compararon tres tratamientos para desarrollar una bebida a base de amaranto con el mayor contenido de proteína posible. Se comparó el valor proteínico y se realizó una prueba de nivel de agrado y con base en estos se fermentó aquella seleccionada con los inoculos de *Lactobacillus delbrueckii spp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*; mediante los parámetros pH, acidez, densidad óptica y cuenta en placa se dio seguimiento a la fermentación. Con la bebida seleccionada, finalmente se elaboró un análogo de queso.

Los productos desarrollados fueron sometidos a un análisis fisicoquímico en los cuales se cuantificaron: humedad, cenizas, proteína, lípidos, azúcares reductores, almidón, fibra dietética y perfil de minerales por absorción atómica (Ca, Cu, Fe, K, Mg, Na, P y Zn). Por otro lado, se analizaron en cada uno de los productos el poder antioxidante y fenoles totales.

El lote de amaranto empleado fue Clase 1 y tuvo un contenido de proteína del 15 %. La bebida del tratamiento 1 y 2 obtuvieron un contenido de proteína de 1.2% y 1.3% respectivamente y la que mayor proteína obtuvo fue la del tratamiento 3 con un contenido de 1.5%. La bebida obtenida a través del tratamiento 3 fue la que tuvo mayor aceptación y mayor contenido de proteína, por lo tanto, se empleó para ser fermentada en un tiempo de 8 horas por las bacterias *Lactobacillus delbrueckii spp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. El alimento líquido fermentado obtuvo un pH final de 5.0, 1.5% de acidez total y densidad óptica (DO_{600nm}) de 0.900. El contenido de proteína fue de 1.5%.

Por otro lado, se desarrolló el análogo de queso empleando la bebida con mayor aceptación y contenido de proteína (tratamiento 3), harina de amaranto, almendras y levadura de cerveza, el cual obtuvo un contenido de 7.7% de proteína.

Los miligramos de equivalentes de ácido gálico en gramo de muestra (mg eq. gálico/g de muestra) fueron: para el amaranto 3.8, la bebida tuvo un valor de 1.2, el alimento fermentado presenta 0.4 y el análogo de queso 0.7.

Se determinó los equivalentes en micromol (μmol) de los antioxidantes trolox y α -tocoferol en cada gramo de los productos. En el amaranto los equivalentes fueron de trolox 243963.4 y α -tocoferol 14345.1. En el caso de la bebida los μmoles equivalentes fue de 216362.1 respecto al trolox y el α -tocoferol 12748.9. El alimento fermentado obtuvo los μmoles equivalentes del trolox y α -tocoferol: 199413.7, 11765.5 respectivamente. En el caso del análogo de queso los resultados obtenidos fueron en μmoles equivalentes de trolox 199078.0, ácido ascórbico 56773.8 y α -tocoferol 11746.0.

INTRODUCCIÓN

La leche entera de vaca, así como los derivados lácteos proporcionan nutrimentos que mantienen a los individuos en un estado sano (FAO, 2013). Se consideran, como una fuente de proteína de buena calidad debido a que tiene una alta calificación química consecuencia de su balanceado perfil de aminoácidos (Fernández, *et al.*, 2015). Por otro lado, se estima que la alergia a la leche es una de las que más importancia ha adquirido durante los últimos 10 años. Tiene un predominio del 16 % dentro de la población infantil y lactante mexicana en niños menores a seis años, de los cuales el 80% desarrollará tolerancia durante los cinco primeros años (Ávila, 2015). Existe una gran variedad de proteínas en la leche, sin embargo, solo algunas están asociadas a una reacción alérgica, las cuales son (en orden de importancia): β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina, seroalbúmina y caseínas (Pérez *et al.*, 2018).

Otro problema médico asociado al consumo de leche es la intolerancia a la lactosa, debido a la disminución de la actividad de la lactasa. Esta enzima presente en las células del borde de cepillo del intestino se inactiva o disminuye su eficiencia con la edad, de modo que se suprime la hidrólisis del disacárido y las células no pueden metabolizar ya que se encuentran diseñadas para interiorizar glucosa y galactosa (Mart, 2013).

Los problemas médicos mencionados, así como tendencias actuales en regímenes alimenticios, repercuten en la ingesta de la leche de vaca ya que en los últimos 30 años se ha notado una disminución en el consumo de este producto, la FAO reporta que se redujo de 102 litros por persona por año a 75 litros, así como sus derivados desde el 2013 a la fecha (FAO, 2013; Gil, 2010). En la búsqueda de alternativas se ha generado un particular interés en las bebidas de origen vegetal por su valor nutrimental ya que todas ellas presentan una baja densidad calórica, un bajo índice glucémico, así como un contenido de lípidos mínimo. Hoy en día, en el mercado se pueden encontrar bebidas elaboradas a partir de cereales, oleaginosas y legumbres, algunos ejemplos de ellas son las bebidas de avena, soya, arroz, almendra y coco (Mäkinen, *et al.*, 2016).

De modo que se propone el desarrollo de una bebida elaborada a partir de amaranto, un

alimento fermentado y un análogo de queso debido al valor nutrimental de este pseudocereal del que destaca su contenido proteínico que fluctúa entre 12-18%, (Belton & Taylor, 2012), el perfil de aminoácidos es sumamente atractivo ya que a diferencia de los cereales como el maíz, avena, trigo, el contenido de lisina y treonina es del doble (FAO, 2016), asimismo la concentración de triptófano (11 mg/100 g de proteína) es equivalente al patrón establecido por la OMS/FAO/UNU (FAO, 1985). De acuerdo con lo dicho por Haros en el 2017 el contenido de prolaminas es menor al 0.1% lo cual es de importancia para la elaboración de productos para individuos con enfermedad celiaca. El amaranto tiene un alto contenido de fibra la cual tiene un efecto positivo en la salud intestinal.

Estos productos pueden ser una opción para aquellos individuos que no consumen lácteos debido a que presentan algún problema médico o porque su dieta así lo estipula. En adición, se considera una oportunidad en el mercado ya que actualmente en México aún no se fabrican bebidas vegetales que utilicen pseudocereales en su formulación.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar y analizar diversos productos a partir de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*): bebida, alimento fermentado y análogo de queso para aprovechar la composición nutrimental de este pseudocereal, de modo que estos productos puedan ser incluidos en la dieta de individuos con alguna problemática de salud o un estilo de vida que prohíba el consumo de lácteos.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar la materia prima para establecer la calidad de acuerdo con los parámetros establecidos en la NMX-FF-114-SCFI-2009.
- Establecer el método para desarrollar una bebida a partir de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) a través de la comparación de tres tratamientos, para así obtener en el producto el mayor contenido de proteína y alto nivel de agrado resultado de un pruebas sensoriales de nivel de agrado.
- Elaborar un alimento fermentado con probióticos: *Lactobacillus delbrueckii spp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*; y medir los parámetros de pH, acidez titulable y densidad óptica, y finalmente realizar cuenta en placa.
- Elaborar un análogo de queso a partir de la bebida con mayor aceptación, harina de amaranto y grenetina para lograr el aprovechamiento de la bebida desarrollada.
- Realizar el AQP del pseudocereal, bebida, alimento fermentado y análogo de queso con énfasis en perfil de minerales y perfil de hidratos de carbono para conocer el aporte nutrimental.
- Analizar el poder antioxidante mediante un análisis cuantitativo empleando trolox y α -tocoferol como estándares para conocer si los productos y el amaranto tienen evidencia del poder antioxidante reportado. En adición, cuantificar los polifenoles con el objetivo de conocer cuál de estos compuestos antioxidante son polifenoles.

HIPÓTESIS

El amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) es reconocido como un alimento nutritivo y funcional por su alto contenido de proteína, perfil de aminoácidos, así como compuestos antioxidantes, entonces sí se utiliza como ingrediente principal para desarrollar una bebida, un alimento fermentado inoculado con *Lactobacillus delbrueckii spp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* y un análogo de queso, dichos productos tendrán estas propiedades nutrimentales.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 ALIMENTOS FUNCIONALES

La Organización Mundial de la Salud OMS ha declarado en 2011 a la obesidad como la epidemia del siglo XXI y es de índole mundial, anteriormente se pensaba era un problema exclusivo en países de primer mundo, sin embargo se ha registrado una prevalencia en países de bajo y mediano ingreso, este problema de salud conlleva a un aumento a padecer diabetes y enfermedades cardiovasculares, y en conjunto conforman el síndrome metabólico (Küster & Vidal, 2017). El síndrome es consecuencia de los malos hábitos alimenticios, así como la predisposición genética y el sedentarismo, por otro lado, los individuos que lo padecen reducen su calidad de vida y tienen un alto impacto económico por la atención médica que genera su cuidado. Actualmente, el objetivo principal es la prevención dado que el tratamiento de estas enfermedades crónicas no son una cura, por lo que las recomendaciones de la OMS en 2011 residen en aumentar el consumo de frutas, hortalizas, legumbres, cereales integrales y oleaginosas, reducir la ingesta de grasas saturadas siendo apropiado el consumo de grasas insaturadas, ingerir diariamente de 25-30 g de fibra para el mantenimiento del microbioma intestinal, considerando como premisa la reducción en la ingesta de azúcares simples. En otras palabras, un estilo de vida en el cual se tenga conciencia plena de aquello que se ingiere y complementado con 60 minutos de actividad física intensidad moderada o vigorosa.

Es por ello que en los últimos años se ha comenzado una difusión masiva de información respecto a aspectos nutrimentales de alimentos que aportan un beneficio a la salud además de nutrir (Boye, 2015). Los anteriores se conocen como alimentos funcionales y son definidos “como aquellos en el cual alguno de los componentes impacta en las funciones del organismo de manera específica y positiva promoviendo así un efecto fisiológico más allá de su valor nutrimental *per se*, por lo que contribuye a la manutención de la salud y bienestar o a la disminución del riesgo de enfermar” (Araya & Lutz, 2003). Siendo de suma importancia que sus propiedades sean demostradas con evidencia científica. Algunos ejemplos de estos alimentos son aquellos bajos en grasas y azúcares, están los que tienen fibra incorporada o los adicionados con ácidos grasos. Los alimentos funcionales llegaron al mercado europeo a mediados de la década de 1990 y a los Estados Unidos a principios del 2000 y en la

actualidad es un mercado al alza; del mismo modo los nutraceuticos tienen una mayor participación en la industria alimenticia.

Aún no existe una definición universal para los nutraceuticos, no obstante, en 1987 se definió como parte de un alimento, ya que estos son sustancias biológicas extraídas de fuentes naturales que proporcionan un beneficio a la salud incluyendo un tratamiento, así como la prevención. Actualmente los compuestos nutraceuticos pueden ser obtenidos de diversas fuentes como se muestra en la Tabla 1.1, se obtienen de plantas o metabolitos de estas, otros más se sintetizan el cuerpo humano o inclusive pueden venir de fuentes de origen animal. Debido al avance tecnológico, los nutraceuticos en su mayoría son sintetizados mediante procesos biotecnológicos (Boye, 2015).

Tabla 1.1. Orígenes biológicos de compuestos nutraceuticos (Boyle, 2015).

Síntesis en el cuerpo humano	Plantas	Animal
Aminoácidos ramificados	Antocianinas	Ácido linoleico conjugado
Ácido linoleico	Astaxantinas	Ácidos grasos poliinsaturados
Ácido lipoico	Derivados Carotenos	Glucosamina
Carnitina	β-carotenos	Chondroitin
Co-enzima Q10	α-tocoferol	
Creatina	Licopeno	
Dehidroepiandrosterona	Luteína	
Melatonina	Zeaxantina	
S-adenosil Metionina	Policosanol	
	Esteroles	
	Isoflavonoides	
	Polifenoles	

1.2 COMPUESTOS BIOACTIVOS

Se definen como aquellos componentes de alimentos funcionales o nutraceuticos, a pesar de no tener una función básica de nutrición, poseen cierta actividad biológica dentro del organismo ya que están implicados en ciertas rutas metabólicas, por lo que tienen un impacto positivo en la salud del individuo mejorando su bienestar (Denny & Buttriss, 2005). Los

diversos compuestos activos se clasifican en diversos grupos según su estructura y función biológica como se muestra en la Figura 1.1. Algunos minerales influyen de manera directa en vías metabólicas estrechamente -relacionadas con la salud lo cual ha sido demostrado por diversos estudios efectuados hasta la fecha (Herrera, 2014).

Los principales beneficios reportados en la literatura evidencian el resultado de diversos estudios: efecto anticancerígeno, protección contra el daño en el ADN causado por expresiones genéticas anormales, modificación de la señalización celular, modificación del perfil hormonal, modificación del perfil lipídico, estimulación del sistema inmunitario, efecto antiinflamatorio, efecto hipocolesterolémico, actividad antimicrobiana y actividad antioxidante (Denny & Buttriss, 2005; Etherton, *et al.*, 2004). Sin embargo, es importante considerar que el efecto de los compuestos bioactivos tiene una relación estrecha con algunas variables como lo son: la dieta del individuo, variabilidad genética, frecuencia y cantidad de consumo, así como la biodisponibilidad. Por otro lado, los niveles en los alimentos y particularmente en vegetales, se ven afectados por factores agronómicos como lo son el tipo y zona de cultivo, tipo de suelo, clima; de igual manera afecta el almacenamiento y el procesamiento al que es sometido el alimento (Tierno, *et al.*, 2015)

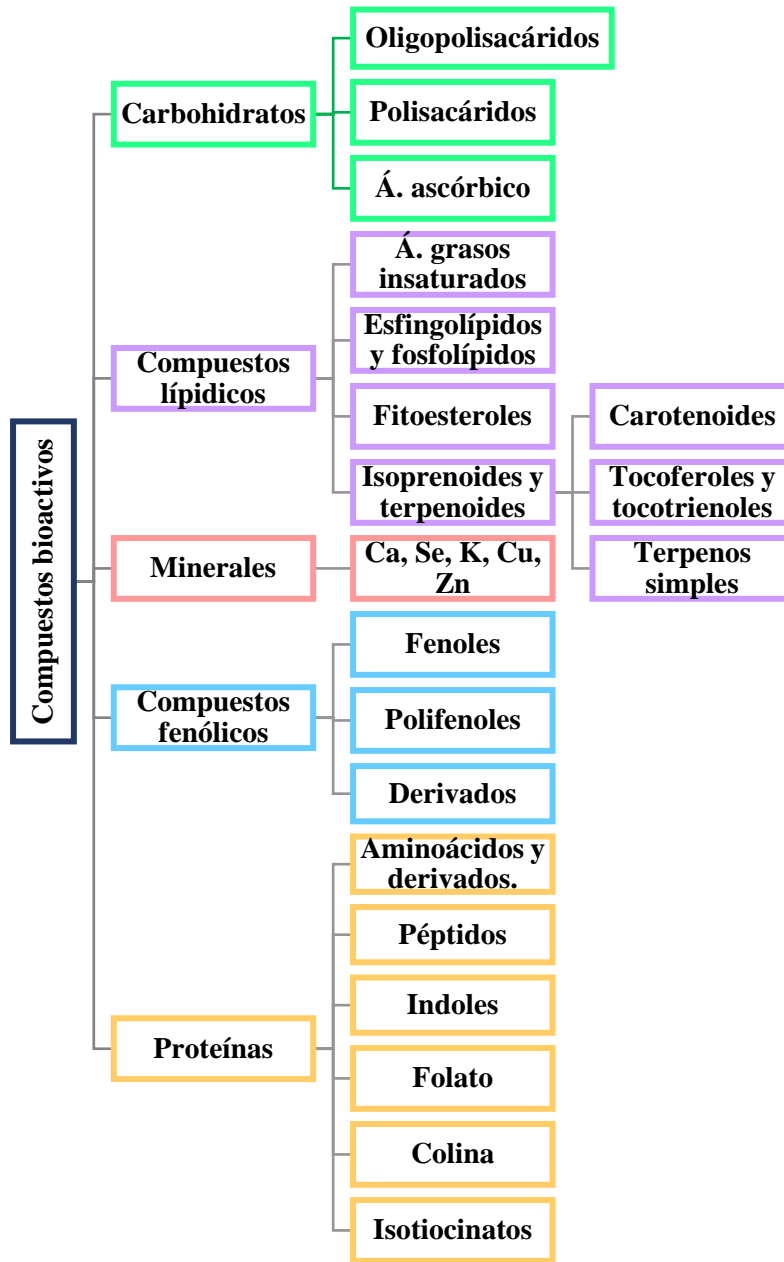


Figura 1.1. Principales compuestos bioactivos presentes en los alimentos. (Gilbert & Şenyuva, 2009).

1.3 BEBIDAS VEGETALES

Durante la última década, el mayor énfasis de investigación del desarrollo de productos alimenticios es abordar las necesidades cambiantes y satisfacer las demandas actuales del consumidor mediante la creación de alimentos saludables. El aumento de la urbanización ha acelerado estas demandas; el esfuerzo de investigación concertado en bebidas funcionales y especiales es la tendencia reciente. En la actualidad los consumidores buscan funcionalidades específicas que forman parte de su estilo de vida. La funcionalidad de estas bebidas puede abordar diferentes necesidades como: impulsar la energía, combatir el envejecimiento, la fatiga y el estrés, atacar enfermedades específicas y el sector todavía sigue en incremento (Sethi, *et al.*, 2016). El mercado de alimentos refleja un aumento de la demanda de productos alimenticios saludables. Un claro ejemplo de esta tendencia se puede ver en las llamadas bebidas vegetales, que están hechas principalmente de nueces y cereales y tienen una larga historia en las culturas orientales y occidentales. Los expertos están comenzando a considerar posibles relaciones entre los productos vegetales y la prevención del cáncer, la aterosclerosis o las enfermedades inflamatorias, ya que los radicales libres desempeñan un papel clave en esas patologías y estos tipos de alimentos son una excelente fuente de antioxidantes. Los intolerantes a la lactosa y / o las personas alérgicas a la leche de vaca son los principales consumidores de este tipo de leches, pero también son muy solicitados por personas sin problemas de salud, como veganos y vegetarianos (Bernat, *et al.*, 2014).

Uno de los principales requisitos del mercado actual, es ofrecer una alternativa para responder a los problemas de alergia a la leche de vaca, intolerancia a la lactosa, y preocupación por el contenido calórico que puede aportar. Se considera la intolerancia a la lactosa como problema médico predominante. El origen étnico afecta la frecuencia de la intolerancia a la lactosa. En los adultos, los blancos del norte de Europa, Canadá, USA y los australianos tienen las tasas más bajas, que van del 5% en una población británica al 17% en Finlandia y el norte de Francia. En América, África y Asia, más del 80% de la población no tiene presencia de la lactasa, y en algunos países asiáticos esta tasa es casi del 100%. Como resultado, el consumo de leche a base de vegetales u hortalizas se ha incrementado debido a la ausencia de colesterol y lactosa, por lo que es adecuado para un grupo de población que padece intolerancia a la lactosa y alergia a las proteínas de la leche (Sethi, *et al.*, 2016). En años recientes las fuentes vegetales (cereales y legumbres) comenzaron a aceptarse como

alimentos funcionales y nutracéuticos debido a la presencia de componentes que promueven la salud, como fibras dietéticas, minerales, vitaminas y antioxidantes (Das, 2012). Al respecto, pocas legumbres y pseudocereales se han utilizado ampliamente para la preparación de estas bebidas (Sethi *et al.*, 2016).

1.3.1 Generalidades

Existe una amplia variedad de bebidas tradicionales a base de cereales, oleaginosas y legumbres en todo el mundo, por ejemplo, "bebidas de chufa" en España; Sikhye, una bebida hecha de arroz cocido en Corea y leche de soya de China. La bebida de soya es la bebida más consumida debido a que recibió aprobación por la FDA ya que se comprobó que podía reducir el riesgo de enfermedad coronaria en 1999 (Mäkinen, *et al.*, 2016), no obstante las bebidas de arroz, almendra, avena y coco van adquiriendo valor en el mercado. Recientemente, la atención se ha dirigido a explorar la utilización de cereales, oleaginosas y legumbres para uso alimentario en función de sus propiedades. (Sethi, *et al.*, 2016; El financiero, 2016).

Las bebidas basadas en vegetales son definidas por Sethi en 2016 y por Mäkinen *et al.* en el mismo año, como “fluidos resultantes de la reducción de partícula empleando métodos mecánicos y físicos del material vegetal (cereales, pseudocereales, oleaginosas o legumbres) a lo cual se encuentra disuelto y desintegrado, extraídos en agua y sometidos a una homogeneización, obteniendo una distribución de partículas en el intervalo de 5-20 μm , precedente a esto se somete a filtración y finalmente deber aplicarse a pasteurización o UHT”. De modo que se puede confirmar que son suspensiones coloidales y sólo en casos particulares emulsiones (bebida de coco).

1.3.2 Clasificación

Aunque no hay una clasificación establecida, Sethi en 2016 propone una, la cual se muestra en la Figura 1.2.

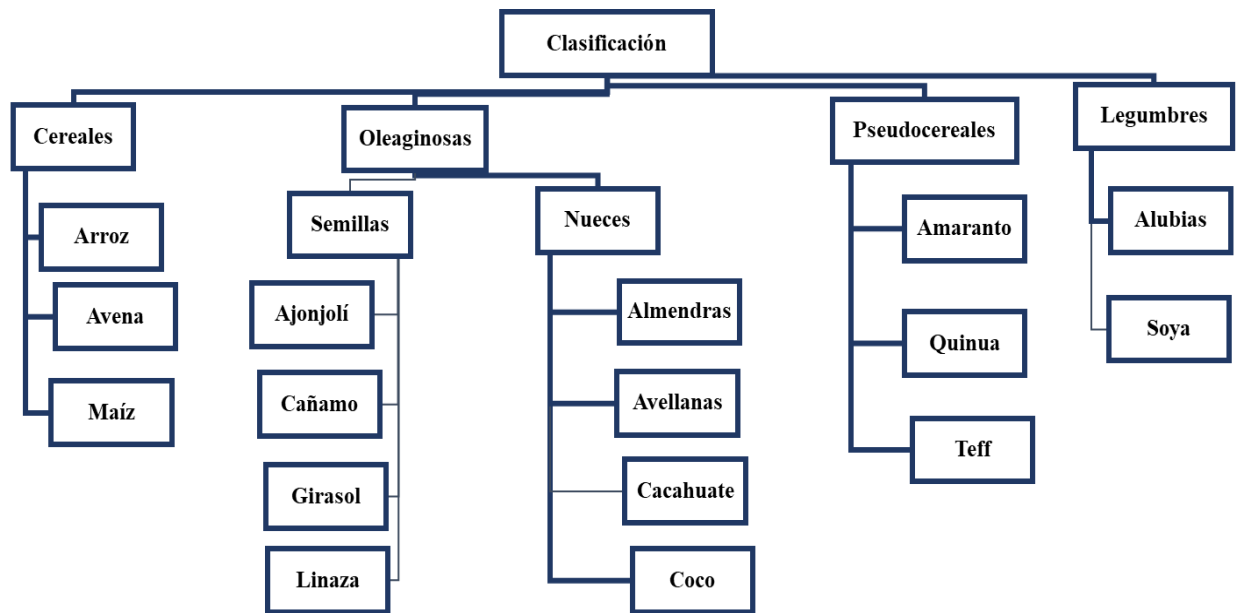


Figura 1.2. . Clasificación de bebidas vegetales de acuerdo con el vegetal que se utiliza según Sethi en 2016.

1.3.3 Bebidas elaboradas a partir de cereales

Los cereales son conocidos como una buena fuente de energía, minerales, fibra dietética y fitoquímicos, incluidos compuestos fenólicos, carotenoides, vitamina E, lignanos, inulina, almidón, esteroides y fitatos; también son fuente importante de vitaminas del grupo B, especialmente tiamina, riboflavina, folatos y niacina. La fibra dietética está presente en grandes cantidades y es rica en fructooligosacáridos, que estimulan el crecimiento de Bifidobacterias y Lactobacilos en el intestino. Compuestos fenólicos que contienen los cereales poseen propiedades gastroprotectoras, además de sus efectos antioxidantes, reductores del colesterol, antiaterogénicos, anticancerígenos y antiinflamatorios. Es importante usar y consumir granos enteros y no los refinados, ya que la mayoría de los componentes de salud se encuentran en el salvado y el germen. Otro punto por considerar es el contenido de anti-nutrientes en algunos cereales, principalmente ácido fítico (quelante de minerales) o saponinas (tóxico en grandes cantidades y sabor amargo), aunque su presencia puede reducirse y / o eliminarse mediante procesos de pretratamiento tales como molienda, remojo, tratamientos térmicos, fermentaciones y germinaciones (Bernat, *et al.*, 2014).

Por otro lado, a pesar de que los cereales presentan un alto valor de proteína las bebidas vegetales elaboradas muestran contenidos menores al 2% según lo reportado por Bernat, *et al* en el 2016, en adición exhiben una deficiencia de lisina, en contraste los pseudocereales tienen un perfil de aminoácidos esenciales similar al estándar de referencia, en consecuencia, la proteína se considera de buena calidad con un alto valor biológico (Haros, 2017). Actualmente existen en el mercado bebidas de pseudocereales elaboradas con quinua, mas se observa la ausencia de bebidas elaboradas a partir de amaranto(FAO, 2013). De modo que ahora se considera como una alternativa para la elaboración de bebidas vegetales.

Por otro lado, según la FAO en el 2018 la producción de cereales reportó un alza, mas no es suficiente para cubrir la demanda actual, por lo que se debe realizar una exploración racional y efectiva de recursos de otros cultivos para garantizar la seguridad alimentaria mundial en el futuro. Un ejemplo son los cultivos infrautilizados como los pseudocereales. La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el 2013 como el “Año Internacional de la Quinua” en reconocimiento a las prácticas ancestrales de los pueblos andinos, que han sabido conservar la quinua en su estado natural como alimento para las generaciones presentes y futuras. La promoción de la quinua es parte de una estrategia más amplia de la FAO para fomentar la producción de cultivos tradicionales u olvidados, como medio de contribuir a la seguridad alimentaria, entre estos cultivos, destacan algunos pseudocereales como el amaranto y la quinua (FAO, 2013).

1.3.4 Amaranto

En términos botánicos los pseudocereales no pertenecen a la familia de las gramíneas a diferencia de los cereales, sin embargo, también se cultivan con el mismo propósito. En cuanto al valor nutricional los pseudocereales no son similar a la de los cereales verdaderos debido a que en términos botánicos y de acuerdo con la definición propuesta por Shewry en 2005 los pseudocereales son dicotiledóneas y no están estrechamente relacionadas entre sí con los cereales verdaderos a pesar de que las semillas de ambos son ricas en almidón, los cereales son monocotiledóneas. Las semillas de los pseudocereales se asemejan en función y composición a la de los cereales sin embargo el grano no tiene la misma fisiología. El germen de los pseudocereales más conocidos, amaranto y la quinua, es circular y se

encuentra rodeado de un periespermo rico en almidón y una cutícula, la anterior con el periespermo conforman el salvado que tiene un contenido alto en almidón y proteínas. Además, el porcentaje de salvado es más alto en comparación con los cereales como el maíz y el trigo, lo cual explica la alta concentración de proteína y grasa presente en estos granos (Alvarez, *et al*, 2010).

1.3.4.1 Valor nutrimental

Las tres principales partes de la semilla de amaranto son pericarpio, endospermo y germen. El endospermo está compuesto principalmente por almidón y proteína, el germen es principalmente lípidos, minerales y proteína, finalmente la cubierta de la semilla o pericarpio consiste fundamentalmente de celulosa, hemicelulosa, así como lignina y proteínas (Haros, 2017). La composición química del amaranto se muestra en la Tabla 1.2, y es característico que algunos de los componentes son más altos que los cereales como el contenido de proteína; se muestran intervalos ya que, dependiendo del genotipo, así como las condiciones de la cosecha y el suelo pueden influir (Das, 2016).

Tabla 1.2. Composición química del *Amaranthus hypocondriacus* (Información obtenida de Haros, 2017)

Componente	g/100 g de amaranto en base seca (%)
Proteínas	12.5-16.0
Lípidos	4.8-8.8
Almidón	55.5-67.3
Fibra dietética	3.8-19.7
Cenizas	2.4-3.3

1.3.4.1.1 Proteínas

Los pseudocereales han adquirido relevancia sin duda por el contenido de proteína ya que de forma muy general los valores son similares a los cereales e inclusive más altos como se muestra en Tabla 1.3, el amaranto sobresale al resto. Alrededor del 65% de las proteínas se localizan en el germen y periespermo por lo que el 35% restante se localiza en el endospermo. El contenido total de proteína en el amaranto varía de acuerdo al genotipo y

condiciones agro geográficas sin embargo se puede hablar de un intervalo de 12.5%-16.0% (Tabla 1.2) (Venskutonis & Kraujalis, 2013).

Tabla 1.3. Contenido de lípidos algunos cereales y del amaranto (Información obtenida de FAO, 1985 y Haros, 2017).

Cereales y pseudocereales	Proteína (%)	Lípidos (%)
Amaranto	16.0	7.2
Avena	13.0	4.8
Trigo	12.2	1.9
Quinoa	12.0	6.7
Centeno	11.0	2.1
Cebada	11.0	2.1
Mijo	10.4	3.9
Sorgo	10.1	3.4
Maíz	9.5	4.4
Arroz	7.5	5.1

De acuerdo con la solubilidad de Osborne las proteínas del amaranto son en su mayoría globulinas con un 40%, precedido por las albúminas 20% estas dos son conocidas por ser fácilmente digeribles (Kristbergsson, 2016; Venskutonis & Kraujalis, 2013) en contra parte el contenido de prolaminas es bajo 2-3% teniendo una ventaja en la elaboración de productos para individuos que presentan enfermedad celiaca y cuenta con un 25-30% de glutelinas (Bejosano & Corke, 1998).

Previamente se ha mencionado que la proteína del amaranto es de buena calidad ya que contiene grandes cantidades de algunos de los aminoácidos esenciales (Tabla 1.4), no obstante, es necesario considerar otros parámetros, la biodisponibilidad y la digestibilidad para concluir. Estudios recientes muestran que la calidad de la proteína de los pseudocereales es cercana a la de la caseína, el valor biológico de la proteína del amaranto se estima en un 74.2% y los ensayos PER el valor es de 1.5. El perfil de aminoácidos del amaranto se asemeja más a las legumbres que a los cereales, excepto por los aminoácidos azufrados que hay una mayor concentración en el amaranto que en las legumbres. Con base en la Tabla 1.4

se puede concluir de forma general que los niveles de leucina, isoleucina y valina son limitantes, en resumen, estas limitaciones no es un problema serio pues generalmente estos aminoácidos no son comunes en los cereales. Los granos de amaranto tiene un correcto balance de aminoácidos, con un contenido particularmente alto de lisina y residuos azufrados (Haros, 2017).

Tabla 1.4. Contenido y composición de aminoácidos de la proteína de amaranto y el perfil (FAO/OMS/UNU, 1985; Haros, 2017).

Aminoácido	FAO/OMS patrón de aminoácidos mg AA/ g de proteína	mg de AA/ g de proteína de (<i>Amaranthus hypocondriacus</i>)
Fenilalanina + Tirosina	63	73
Histidina	19	25
Isoleucina	28	39
Leucina	66	57
Lisina	58	56
Metionina+ Cistina	25	47
Treonina	34	36
Triptófano	11	13
Valina	35	45

La disponibilidad de lisina se ve disminuida por la cocción de la semilla durante el reventado debido a la reacción de Maillard se lleva a cabo; se ha concluido en otros estudios que también se pierde tirosina, fenilalanina y metionina. Durante la germinación aumenta el contenido de ácido aspártico, serina y alanina mientras que la treonina, arginina y tirosina se ven disminuidas (Venskutonis & Kraujalis, 2013).

1.3.4.1.2 Lípidos

Algunos estudios reportan el contenido de lípidos con un intervalo de 4.8-8.8%, (Tabla 1.2) como sucede con la proteína. El contenido de lípidos es alto comparado con cereales como se muestra en la Tabla 1.3, inclusive aún más que el maíz, cereal del cual se extrae aceite (Venskutonis & Kraujalis, 2013). Así como la proteína, los lípidos se localizan en el germen y en la cubierta de la semilla (Belton & Taylor, 2002).

La fracción lipídica está constituida por triacilglicerolos, fosfolípidos, escualeno y vitaminas, así como tocoferoles; los constituyentes minoritarios de la fracción lipídica son fitoesteroles, ceras y terpenos según la Tabla 1.5. Es notorio que la mayor parte son TAG, resaltando que los fosfolípidos son el 8.1 %, del total el 13.3 % corresponde a cefalina, 16.3% a lecitina y 8.2% fosfoinositol: el total de esteroles en el amaranto es de 24.3×10^3 ppm y la mayoría se encuentran esterificados, lo cual contrasta con la mayoría de los vegetales en los cuales se encuentra libre el esteroles (Arendt & Dal Bello, 2008).

Tabla 1.5. Principales componentes de la fracción lipídica del amaranto (Venskutonis & Kraujalis, 2013).

Componentes	Contenido promedio (g/100 g de lípidos)
Triacilglicéridos (TAG)	78.5
Fosfolípidos	8.1
Diacilglicerolos	5.1
Escualeno	4.8
Monoglicerolos	3.0
Tocoferoles y tocotrienoles	< 0.2

La fracción correspondiente al escualeno es especialmente alta si se considera que en la mayoría de los vegetales tiene una abundancia relativa al 0.1-0.7% (Belton y Taylor, 2002). Por otro lado, el contenido de tocoferoles y de tocotrienoles tiene un intervalo de 1465-2000 mg/kg, el cual es mayor al del aceite de oliva con 191 mg/kg (Belton & Taylor, 2002). Se demostró que el consumo de lípidos del amaranto disminuye significativamente la glucosa sanguínea y aumenta los niveles de insulina en ratas diabéticas (Arendt & Dal Bello, 2008).

El perfil de ácidos grasos del amaranto es comparable con el de avena, cebada, maíz y trigo, sin embargo, tiene una mayor similitud con el maíz. Como se puede observar en la Tabla 1.6 los lípidos del amaranto contienen un alto grado de insaturación de modo que es un aceite a temperatura ambiente (Venskutonis & Kraujalis, 2013). El ácido graso más abundante en la semilla de amaranto es el ácido linoleico, el cual representa casi el 50%, el segundo ácido insaturado con mayor concentración es el ácido oleico con un 20%, finalmente el ácido linolénico representa el 1%. Considerando que el ácido saturado más abundante es el palmítico, 30%, seguido por el esteárico con 3.8 % (FAO, 1985; Belton & Taylor, 2002).

Tabla 1.6. Perfil de ácidos grasos del aceite de amaranto (Información tomada de FAO, 1985).

Ácido graso	g/100g de lípidos
Ácido linoleico	44.0
Ácido oleico	29.3
Ácido palmítico	18.4
Acido esteárico	3.8
Ácido linolénico	1.3
Ácido mirístico	0.2
Ácido palmitolénico	0.9
Acido palmitoleico	0.8
Ácido miristoleico	0.1
Ácido miristolénico	0.1

1.3.4.1.3 Hidratos de carbono

En el amaranto el almidón se localiza en el periespermo y no en el endospermo como los cereales verdaderos, es el principal carbohidrato (Tabla 1.3) y se encuentra una estructura organizada, que son los gránulos, los más pequeños hasta ahora conocidos (1 μm), de forma angular y poligonal con tamaño uniforme. En el almidón del amaranto abunda la amilopectina y se tiene un contenido bajo de amilosa entre el 5-7 % (Haros, 2017). Con base a la viscosidad del almidón del amaranto se concluye que es muy similar al almidón del maíz. El contenido de amilosa es mucho más bajo en comparación con el almidón de los cereales, con valores que van de 0.1-11% lo cual responsable de que tenga una mayor capacidad de ligar agua, con esto una mayor capacidad de hinchamiento, mayor susceptibilidad a las enzimas y una buena estabilidad durante la retrogradación (Belton & Taylor, 2002). En lo que concierne a la sorción del almidón del amaranto, es más alta que el del maíz y del trigo; exhibe una mayor temperatura de gelatinización y una mayor viscosidad la cual aumenta durante el periodo de enfriamiento. La digestibilidad del almidón retrogradado es de 63.5 %, es mayor al que se obtiene con almidón retrogradado de maíz (35 %). Los gránulos de *A. hypocondriacus* se pueden digerir 5 veces más rápido que el almidón del maíz (Arendt & Dal Bello, 2008).

La concentración de mono, di y oligosacáridos se encuentra en el intervalo de 3-5%, el principal de éstos es la sacarosa (1.0-2.2 %) seguido de la rafinosa (0.5-1.2 %) y una pequeña cantidad de estaquiosa (0.02-0.15 %), así como de maltosa (0.02-0.36 %) (Belton & Taylor, 2002). La fibra dietética tiene una abundancia del 3.8-19.7 % (Tabla 1.3) y se encuentra en una menor concentración respecto al trigo; el contenido de fibra es más alto en la fracción del salvado que en el periespermo, y el valor de fibra insoluble disminuye al someter el amaranto a procesos mecánicos en contraste se observó el efecto contrario con los tratamientos térmicos ya que el valor de fibra soluble se ve aumentado, sin embargo, aún no se saben las causas a este fenómeno se presume que se forma almidón resistente al aplicar calor (Arendt & Dal Bello, 2008).

1.3.4.1.4 Vitaminas

El amaranto contiene más riboflavina (B2) y ácido ascórbico (C) que los cereales en general. El amaranto es una fuente importante de vitamina E, la cual tiene poder antioxidante y prolonga la estabilidad del aceite (Belton & Taylor, 2002).

1.3.4.1.5 Minerales

La cantidad de cenizas o minerales es de 2.4-3.3 % lo que representa casi el doble que en los cereales (1.8 %). El salvado y el germen tienen niveles más altos de minerales (66%) que el periespermo. Tiene un contenido particularmente alto en calcio, hierro, magnesio, potasio y zinc (Tabla 1.7).

Tabla 1.7. Minerales más importantes en el amaranto (Información tomada de FAO,1985; Haros, 2017).

Minerales	mg/100 g
P	530
K	411
Mg	274
Ca	267
Fe	3.9
Na	0.82
Zn	1.6-4.0

1.3.4.1.6 Compuestos bioactivos

Numerosos estudios confirman que el amaranto es una buena fuente de compuestos encargados de promover la salud, entre los cuales figuran y predominan los polifenoles, además, contiene diversos compuestos bioactivos como ácido ascórbico, betacarotenos, betalainas y luteínas, toma relevancia que estas moléculas no pierden su actividad al someterlo a cocción (Barba de la Rosa, *et al.*, 2009), y se muestran a mayor detalle en la Tabla 1.8

Tabla 1.8. Principales compuestos bioactivos reportados la literatura en el amaranto.

Compuesto bioactivo		Función
Polifenoles	Rutina o Rutósido	Prevención de patologías mediante la inhibición de la glicación y sus productos (Barba de la Rosa, <i>et al.</i> , 2009)
	Nicotiflorina	Capacidad de prevenir la disfunción en la memoria (Barba de la Rosa, <i>et al.</i> , 2009)
	Isoquercitina	Previene el daño por la oxidación (Haros, 2017).
	Ácido Ferúlico, Cafeico e hidroxibenzoico	
	Betalainas	
Inhibidores de tripsina y quimotripsina		Modulación tumorigénica en células de cáncer de mama en células in vitro (Venskutonis & Kraujalis, 2013).
Lecitinas		Sonda histoquímica para la proliferación de células en secciones de tejido del colón humano (Venskutonis & Kraujalis, 2013).
Proteínas y péptidos	Amarantina	Se asocia con la reducción de colesterol (Haros, 2017).
	Péptidos bioactivos	Anamnésico, antitrombótico, inmunomodulador, regulador, antioxidante, inmunoestimulante, inhibidor de proteasa y antihipertensivo (Haros, 2017).
	Lunasina	Propiedades preventivas contra el cáncer (Haros, 2017)
Compuestos lipídicos	Escualeno	Prevención a desarrollar cualquier tipo de cáncer, reducción de los niveles de colesterol (Kristbergsson, 2016).
	Ácidos grasos	Previenen la formación de cálculos biliares. Aumento de HDL (lipoproteínas de alta densidad, por sus siglas en inglés) y disminución de LDL (lipoproteínas de baja densidad, por su siglas en inglés) (Kristbergsson, 2016).
	Tocotrienoles	Antioxidante. Disminución de los niveles de colesterol en la sangre, relacionado en la reducción de colesterol y triacilglicéridos (Das, 2016)

1.3.5 Valor Nutricional de bebidas vegetales

En realidad, las propiedades nutricionales dependen en gran medida de la materia prima, el procesamiento, el enriquecimiento y la presencia de otros ingredientes tales como edulcorantes y lípidos.

Al comparar algunos productos, es evidente que la bebida de soya tiene valores proteínicos que van desde 2.9-3.7% y son comparables a los de la leche de vaca. Las bebidas producidas de legumbres como el cacahuate y el caupí pueden tener un contenido de proteína de hasta el 4%. Todas las demás bebidas son muy bajas en contenido de proteína, las bebidas de avena, cáñamo y avena contienen $\geq 1\%$ de proteína. Lo anterior representa un riesgo si se utilizan para reemplazar la leche de vaca, especialmente cuando se administra a niños pequeños de modo que se han reportado varios casos de anemia en países occidentales como resultado del uso de bebida de arroz (0,1-0,2% de proteína) como alimento posterior al periodo de ablactación (Serra, 2015). Las proteínas vegetales generalmente son de menor calidad nutricional en comparación con las derivadas de animales debido a la limitación de aminoácidos (lisina en cereales, metionina en legumbres) y pobre digestibilidad (Bernat *et al.*, 2014).

Aunque las bebidas vegetales son bajas en grasas saturadas y la mayoría de los productos tienen conteos calóricos comparables a la leche desnatada, algunos productos contienen tanta energía como leche entera, originado principalmente de azúcares y otros hidratos de carbono (Bernat *et al.*, 2014).

Algunas bebidas están fortificadas con calcio y vitaminas, principalmente B12, B2, D y E con miras a evitar problemas de desnutrición en los consumidores debido a que se ha observado que en las bebidas vegetales se encuentran en muy baja proporción o son nulos (Sethi, *et al.*, 2016). El procesamiento influye en las propiedades nutricionales de los alimentos, así como altas cantidades de ciertos minerales: Ca, Fe, P, Zn (45-74%), los cuales se pierden durante la etapa de decantación en la producción (Kwok & Niranjana, 1995).

Las semillas a menudo contienen compuestos antinutritivos, como fosfoinosítidos e inhibidores de tripsina. Los inhibidores disminuyen la digestibilidad de la proteína, sin embargo, se inactivan por tratamientos térmicos. Los fitatos presentes en las semillas típicamente unen cationes divalentes como calcio, hierro, magnesio y zinc con su

consecuente reducción de su biodisponibilidad; mediante germinación, fermentación, uso de fitasa o de agentes quelantes la biodisponibilidad de los minerales puede ser aumentada (Sethi, *et al.*, 2016).

1.3.4 Panorama Mundial y Nacional

Hay una creciente tendencia en las “bebidas vegetales”, elaboradas principalmente de nueces y cereales. Las ventas europeas de bebidas de soya y otras leches no lácteas están aumentando en más del 20% por año; España es el país de la UE en el que creció más el mercado de bebidas no lácteas. Del mismo modo, las ventas minoristas totales de Estados Unidos de soya, almendras, arroz y otras leches vegetales alcanzaron \$1.3 mil millones de dólares en 2011 (El Financiero, 2016).

Se prevé que, en el mercado internacional de alternativas lácteas basadas en cereales, oleaginosas y legumbres, crecerá a una tasa compuesta anual del 15% de 2013 y se espera que alcance un valor de \$ 14 mil millones. En los países occidentales, el uso de alternativas lácteas a base de hortalizas está bien establecido no solo como bebida, sino que se ha utilizado ampliamente en las recetas como ingrediente. Por lo tanto, existe un gran margen para explorar alternativas basadas en diversos vegetales para la preparación de bebidas lácteas (Sethi *et al.*, 2016). El interés de los consumidores intolerantes a la lactosa por explorar nuevas alternativas de bebidas, de modo que ha llevado a marcas como Silk de Danone, Nature’s Heart, Ades y Calahua de dar frente a los productores de leche de vaca con alimentos sustitutos que son hasta el doble de caros y más rentables (El Financiero, 2016).

Grupo Danone es líder en el mercado de bebidas sustitutas de la leche con el 60.7 %, seguido de Terraholding Group, con la marca Nature’s Heart y bebidas hechas a base de almendra, coco y arroz, detenta el 16.5 %, de acuerdo con datos de Euromonitor. (El Financiero, 2016). El mercado global de la leche de origen vacuno crece a un ritmo de 3 por ciento anual, frente al 14 de las ‘leches’ de origen vegetal (Excelsior, 2016). De acuerdo con la consultora de mercados Euromonitor International, el volumen desplazado de estas bebidas se incrementará 106 % entre 2013 y 2017, al pasar de 11.5 millones de litros a un estimado de 23.7 millones (El Financiero, 2016). Los intolerantes a la lactosa y/o personas alérgicas a las proteínas de la leche de vaca son los principales consumidores de estos tipos de productos,

no obstante también personas sanos pero con un estilos de vida como veganismo o vegetarianismo tienen una gran demanda por estas bebidas (Sethi, *et al.*, 2016).

En México los últimos años el valor de las bebidas de origen vegetal como almendra, soya, arroz y coco casi se triplicó al pasar de los 374.6 millones de pesos en 2013, a un estimado de 998.7 millones de pesos para el año 2016. México se encuentra en la novena posición a nivel mundial en términos del tamaño de mercado para estas bebidas alternativas de arroz, coco, almendra y soya, por encima de países como Italia. Las naciones que lideran son China, Estados Unidos, España y Canadá, según Euromonitor (El Financiero, 2016).

1.4 ALIMENTOS FERMENTADOS

El creciente énfasis de hoy en una dieta saludable y equilibrada ha creado una demanda de "alimentos funcionales", aquellos que además de sus funciones originales proporcionan energía y nutrición y pueden afectar favorablemente las funciones corporales y reducir el riesgo de enfermedades crónicas. Los alimentos con estos efectos positivos para la salud incluyen constituyentes biológicamente valiosos: proteínas, lípidos, Hidratos de carbono con una composición favorable, fibra dietética, vitaminas y minerales (Frias, *et al.*, 2017). Estudios científicos recientes sobre las propiedades y la funcionalidad de microorganismos vivos en los alimentos sugieren que los probióticos desempeñan un importante papel en las funciones inmunitaria, digestiva y respiratoria, y que podrían tener un efecto significativo en el alivio de las enfermedades infecciosas en los niños y otros grupos de alto riesgo de modo que, en los últimos 10 años se ha observado un aumento considerable en el número y tipo de alimentos y bebidas fermentadas disponibles a los consumidores parte importante radica en que profesionales de la salud están reconociendo cada vez más los efectos beneficiosos de los probióticos de los alimentos fermentados sobre la salud y la nutrición humana. (FAO & OMS, 2006).

La fermentación es uno de los métodos más antiguos de procesamiento de alimentos después del secado (Prajapati & Nair, 2008), se tienen ejemplos como el pan, la cerveza, el vino y el queso todos ellos remontan sus orígenes antes de Cristo (Adams & Nout, 2001). La práctica de la fermentación de alimentos tiene sus raíces en una miríada de culturas alrededor del mundo (Frias, *et al.*, 2017).

Este proceso conduce a la mejora de los nutrientes calidad de los productos finales a través de la producción de factores nutritivos (por ejemplo, aminos biogénicos y ácido aminobutírico) y la reducción de factores antinutritivos. La fermentación también mejora la calidad sensorial de los productos finales en comparación con las materias primas al producir compuestos de aroma por bacterias lácticas y a la extensión de la vida útil, a través de la producción de compuestos antimicrobianos (Kocková, *et al.*, 2013).

1.4.4 Generalidades

Los alimentos y bebidas que han sido modificados por acción de microorganismos y sus enzimas, mejoran su palatabilidad y ofrece un perfil sensorial más complejo (Frias *et al.*, 2017). A través de la fermentación se eliminan componentes tóxicos en los alimentos por otro lado hace biodisponibles nutrimentos que en el sustrato no lo estaban *per se*, también se obtiene un alimento inocuo ya que previene el crecimiento de microorganismo patógenos mediante los productos formados durante esta reacción (Adams & Nout, 2001). La fermentación puede estar fuertemente representada en el producto final, como en kimchi y kombucha, o ser simplemente un paso en la preparación, como con chocolate y café. En ambos casos, la fermentación es un paso importante en el desarrollo ya que es responsable de crear patrones de sabor y aroma (Frias, *et al.*, 2017).

Los alimentos fermentados siguen vigentes y solo una pequeña parte de este tipo de alimentos se ha expandido hasta llegar al mercado masivo, actualmente se pretende llevarlos a escala comercial, mas la ignorancia sobre el microbioma en el alimento y la fermentación impide su producción de forma industrial (Prajapati & Nair, 2008).

En regiones tropicales y países en vías de desarrollo, la fermentación es una de las principales opciones para procesar alimentos, por lo que se reducen tiempos de cocción y hay un ahorro de combustible. Los alimentos comúnmente preparados a través de la fermentación varían de una cultura a otra, impulsado por la disponibilidad de materias primas, preferencias de sabor, condiciones ambientales, técnica y, en definitiva, el desarrollo tecnológico (Adams & Nout, 2001).

1.4.5 Fermentación

Una definición amplia establece que la fermentación es la transformación de los alimentos por acción de diversas bacterias y hongos, así como las enzimas que estos producen (Frias, *et al.*, 2017). Estrictamente se puede hablar de una transformación que ocurre en condiciones anaerobias durante la cuales se degradan cadenas carbonadas en ausencia de receptores de electrones, generando moléculas simples, intermediarias del metabolismo, que actúan como receptoras de estos. Las moléculas generalmente son etanol y lactato, y de acuerdo con los anteriores o los sustratos se pueden clasificar las fermentaciones (Madigan, *et al.*, 2009)

1.4.6 Fermentación en cereales

Como ya se ha mencionado anteriormente los cereales proporcionan la mayoría de los Hidratos de carbono y la fibra en muchos países, además también son fuente de proteínas con una amplia gama de aminoácidos esenciales. Por otro lado, son deficientes en aminoácidos y proveen anti nutrimentos no obstante cuando se someten a un proceso fermentativo se remueven los fitatos, enzimas inhibidoras y taninos, adicionalmente se mejora la biodisponibilidad de vitaminas (FAO, 2002)

El interés en los pseudocereales como el trigo sarraceno, el amaranto y la quinua, ha aumentado recientemente, por su excelente valor nutricional y biológico, la ausencia de gluten y el contenido de algunos compuestos que promueven la salud (Frias *et al.*, 2017).

El cereal empleado es decisivo ya que varía la cantidad de hidratos de carbono, fuente de nitrógeno y factores de crecimiento. Los cereales fermentados tienen múltiples ventajas en comparación con los granos nativos o cocidos, ya que los hidratos de carbono, así como las proteínas son más digestibles, mejora la biodisponibilidad de macronutrimentos, también hay un aumento en la biosíntesis de vitaminas; en resumen, se puede hablar de un alimento mejor en términos de composición nutrimental y digestibilidad, relativamente económico y que por sí mismo garantiza la vida útil e inocuidad (Frias, *et al.*, 2017). Los compuestos tóxicos tales como aflatoxinas y cianógenos pueden reducirse durante la fermentación por factores protectores tales como ácido láctico, bacteriocinas, dióxido de carbono, peróxido de hidrógeno y etanol, que facilitan la inhibición o eliminación de patógenos transmitidos por los alimentos y mejoran la seguridad alimentaria. Además de sus efectos nutritivos, de seguridad y conservantes, la fermentación enriquece la dieta a través de la producción de una

variedad de sabores, texturas y aromas, Además, algunos estudios han reportado un aumento en la actividad antioxidante de los cereales durante el proceso de fermentación (Kocková, Dilongová, *et al.*, 2013)

1.4.7 Beneficios a la salud

Algunos de los posibles beneficios para la salud: actividad antihipertensiva, bajar glucosa en sangre, antidiarreico, propiedades antitrombóticas. La evaluación integral de alimentos fermentados y cómo pueden proporcionar beneficios para la salud ha llevado a la identificación específica de ciertas vitaminas, minerales, aminoácidos y fitoquímicos (p. ej., fenólicos, ácidos grasos y sacáridos). En particular, las concentraciones de compuestos bioactivos disponibles a partir de productos fermentados pueden depender de las regiones geográficas a partir de las cuales se produjo el producto inicial, cepas de las bacterias utilizadas, la disponibilidad de sustratos específicos en la fermentación proceso, las condiciones ambientales, como la estacionalidad y el método de preparación o proceso de fabricación (Nikolopoulou, *et al.*, 2006; Starr, *et al.*, 2015).

En general, el efecto deseable de la actividad microbiana puede ser causado por su actividad bioquímica. Enzimas microbianas descomponen hidratos de carbono, lípidos, proteínas y otros componentes alimenticios puede mejorar la digestión de los alimentos en el tracto gastrointestinal humano y así aumentar la absorción de nutrientes. Varias bacterias excretan vitaminas B en los alimentos. Como resultado de su crecimiento y metabolismo, se encuentran sustancias de origen microbiano en los alimentos fermentados, incluidos ácidos orgánicos, alcoholes, aldehídos, ésteres y muchos otros (Adams & Nout, 2001). Los anteriores pueden tener un profundo efecto en la calidad del producto fermentado. Por ejemplo, los ácidos lácticos y acéticos producidos por bacterias ácido lácticas (LAB) tienen un efecto inhibitorio sobre las bacterias de descomposición en el pan de masa fermentada y el yogur, y la producción de etanol y dióxido de carbono determina la aceptabilidad del pan, la cerveza y el vino (el etanol desaparece pan durante el proceso de cocción). Además de enzimas y metabolitos, el crecimiento microbiano causa mayores cantidades de microbios masa celular Esto puede ser de interés nutricional y aromático en el extracto de levadura, por ejemplo. La presencia de células microbianas vivas, como en el yogur no pasteurizado,

puede tener efectos ventajosos sobre la microflora intestinal e, indirectamente, sobre la salud humana (Adams & Nout, 2001).

1.5 QUESOS ANÁLOGOS

En el mercado existen una gran variedad de queso, la mayoría de estos productos se basan en la leche, sin embargo, no cubren al sector de la población que tiene la preferencia por comida vegetariana, problemas con alergenicidad o la intolerancia, o aquellos que buscan incorporar a su vida alimentos que proporcionen beneficios a la salud además de nutrir. El consumidor hoy en día es más consciente con su alimentación, por lo que espera encontrar en el mercado productos más saludables, y los productos lácteos no son la excepción (González, *et al.*, 2018). Por lo anterior se ha estimulado el uso de productos no lácteos materias primas, especialmente las basadas en vegetales como la soya, para desarrollo de productos alimenticios (Saad, *et al.*, 2014).

1.5.4 Definición

De modo general los análogos de queso no se refieren únicamente a productos lácteos o lácteos parciales, pueden ser también de origen no lácteo, esta clasificación depende del origen de los lípidos y la proteína. Los productos lácteos consideran en sus ingredientes proteínas lácteas, y lípidos, en cambio sí es un producto parcial utilizará proteína láctea y lípidos de origen vegetal, finalmente los no lácteos emplean en su formulación grasa y proteína vegetal. Según especificaciones de la FDA considera una imitación de queso si sustituye o se asemeja a un tipo de queso pero que nutrimentalmente es inferior o cambia algún ingrediente que no impacte en el contenido calórico, en este marco también se consideran los quesos elaborados con proteínas de origen vegetal (Guinee, 2011). Los análogos de queso son productos similares al queso y se fabrican con las mismas técnicas que un queso, del mismo modo, se mezclan aceites, una fuente de proteína, y agua en calor para finalmente adicionar los aditivos (Bachmann, 2001).

Se pueden distinguir dos clases de mercado para estos productos alimenticios: para aquellos individuos que consumen los análogos de queso regularmente y forman parte de una dieta mixta y aquella población que los consume como único fuente de nutrientes (Bachmann, 2001). Una ventaja importante sobre los naturales es el costo, el cual es considerablemente más bajo debido al uso de aceites vegetales en lugar de grasa láctea más sustitución parcial

de proteínas por proteínas vegetales y en algunas ocasiones almidón u otros hidrocoloides, reducción en la fabricación puesto que no requieren del proceso de maduración (Bachmann, 2001). Hay disponibilidad de las materias primas, la formulación permite obtener una diversidad de atributos nutrimentales, a modo de ejemplo lo son los bajo en grasa, calorías o sal, y enriquecimiento mineral y mineral (Guinee,2011).

1.5.5 Proceso global

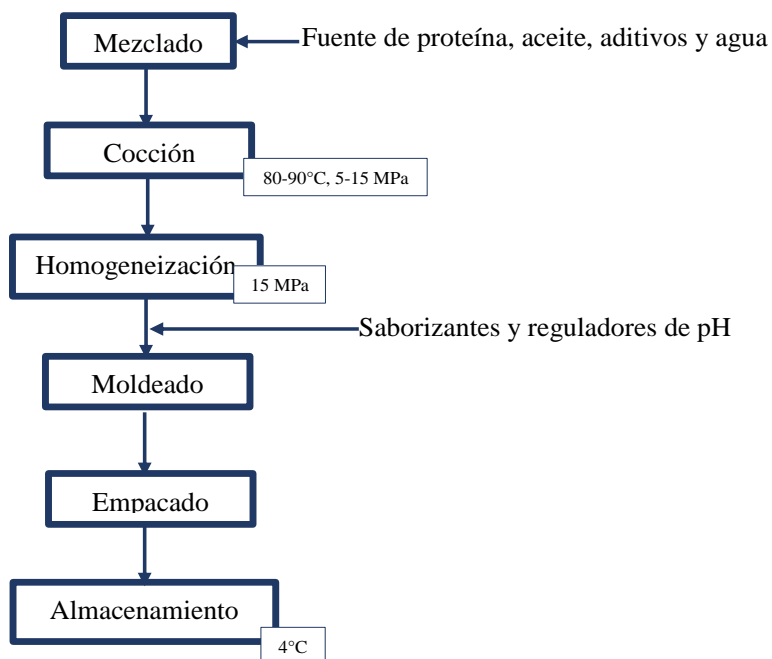


Figura 1.3. Diagrama de proceso de elaboración de análogos de queso según Guinee, en 2011.

En general, la Figura 1.3 representa el proceso global para la elaboración de quesos análogos tiene un orden establecido, primero se mezclan los ingredientes y es aquí donde deben separarse los polvos y los líquidos considerando que la grasa debe derretirse, generalmente la mezcla anterior se somete a calentamiento y dependiendo del tipo de producto se cizallará o no, posterior a la fundición se debe homogeneizar nuevamente la mezcla para así disolver aquellas aglomerados gruesos promoviendo con esto la interacción de cada uno de los

ingredientes y la emulsión de la grasa con el agua, y para finalizar se procede a amoldar para finalmente embalar y almacenar en refrigeración (Guinee, 2011).

Desde un punto de vista tecnológico el proceso (Figura 1.3) puede sufrir algunas variaciones según la funcionalidad del producto final, al cambiar las proporciones de caseinatos, ácido, estabilizadores y el aceite vegetal, así como realizar un ajuste de los parámetros de procesamiento. La caída en el pH tiene un fuerte efecto en el desarrollo de la textura, ya sea un producto para rebanar, fundir o triturar. Básicamente, un análogo de queso es una emulsión de aceite en agua, similar al queso natural. Gotitas de grasa son incorporado en una matriz de proteínas gelatinizadas que funcionan como emulsionante (Guinee, 2011).

Tabla 1.9. . Ingredientes utilizados en la fabricación de análogos de queso (Guinee, 2011).

Ingredientes	Función	Ejemplo
Grasa	Textura y características de palatabilidad.	Grasa de leche o aceites vegetales.
Fuente de proteína	Proporcionar textura semi-rígida, buena capacidad de gelificación.	Caseinatos, proteína de suero, de soya, cacahuete, gluten de trigo o levadura.
Hidrocoloides	Sustituto de la caseína, da estabilidad al producto y textura.	Almidones de maíz, arroz o papa, goma guar, goma xantana y carragenina
Emulsificantes	Formación de la emulsión	Fosfato y citrato de sodio
Agentes acidificantes	Control del pH.	Ácidos orgánicos: láctico, acético, cítrico y fosfórico
Saborizantes	Acentuar el sabor.	Extractos de humo o de especias.
Colorantes	Imparte el color deseado.	Paprika y colores artificiales
Conservadores	Prolongar la vida útil.	Sorbato o propionato de potasio/calcio/ sodio.
Vitaminas y minerales	Valor nutricional	Óxido de magnesio o zinc, hierro, vitamina A palmitato, riboflavina, tiamina y ácido fólico.

Las funciones de los diferentes ingredientes utilizados se resumen en la Tabla 1.9. La fuente de proteína varía entre los productos de modo que si es un queso lácteo o parcial se emplearan caseinatos y caseína, y en casos particulares se emplea suero de proteína de leche siempre y cuando no se aplique una cocción prolongada en el producto final. En el caso de ser productos no lácteos se emplean proteínas vegetales de diversas fuentes (soya, semilla de algodón, maní, arveja), en general las cuales no necesariamente otorgan las características reológicas de un queso convencional por lo que se recurre a añadir en la formulación almidón (2-4%) (Guinee, 2011).

1.5.6 Panorama mundial

Este tipo de productos se desarrollaron en los Estados Unidos a principios de los años 70, y tenían numerosos usos como coberturas de pizza congelada, rebanadas para hamburguesas de carne, ingrediente en ensaladas, sándwiches y salsas de queso. Los análogos de queso ahora también se producen en Europa (40-60 000 toneladas por año), sin embargo, se fabrican principalmente en los Estados Unidos donde la producción anual es de 300 000 toneladas. Los tipos más comunes son productos de baja humedad Mozzarella, Cheddar, Monterey Jack o Cheddar (Guinee, 2011).

Desafortunadamente, la falta de estadísticas detalladas hace que imposible de indicar cuál es la importancia total de análogos de queso en el mercado mundial. El nivel de uso de análogos de queso en los Estados Unidos se ha mantenido estable, como se ha mencionado dado que el mercado se sigue empleando mozzarella para la pizza. En términos de uso, el mercado de la Unión Europea no es similar a los Estados Unidos, el mercado análogo del queso es casi inexistente (Bachmann, 2001).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

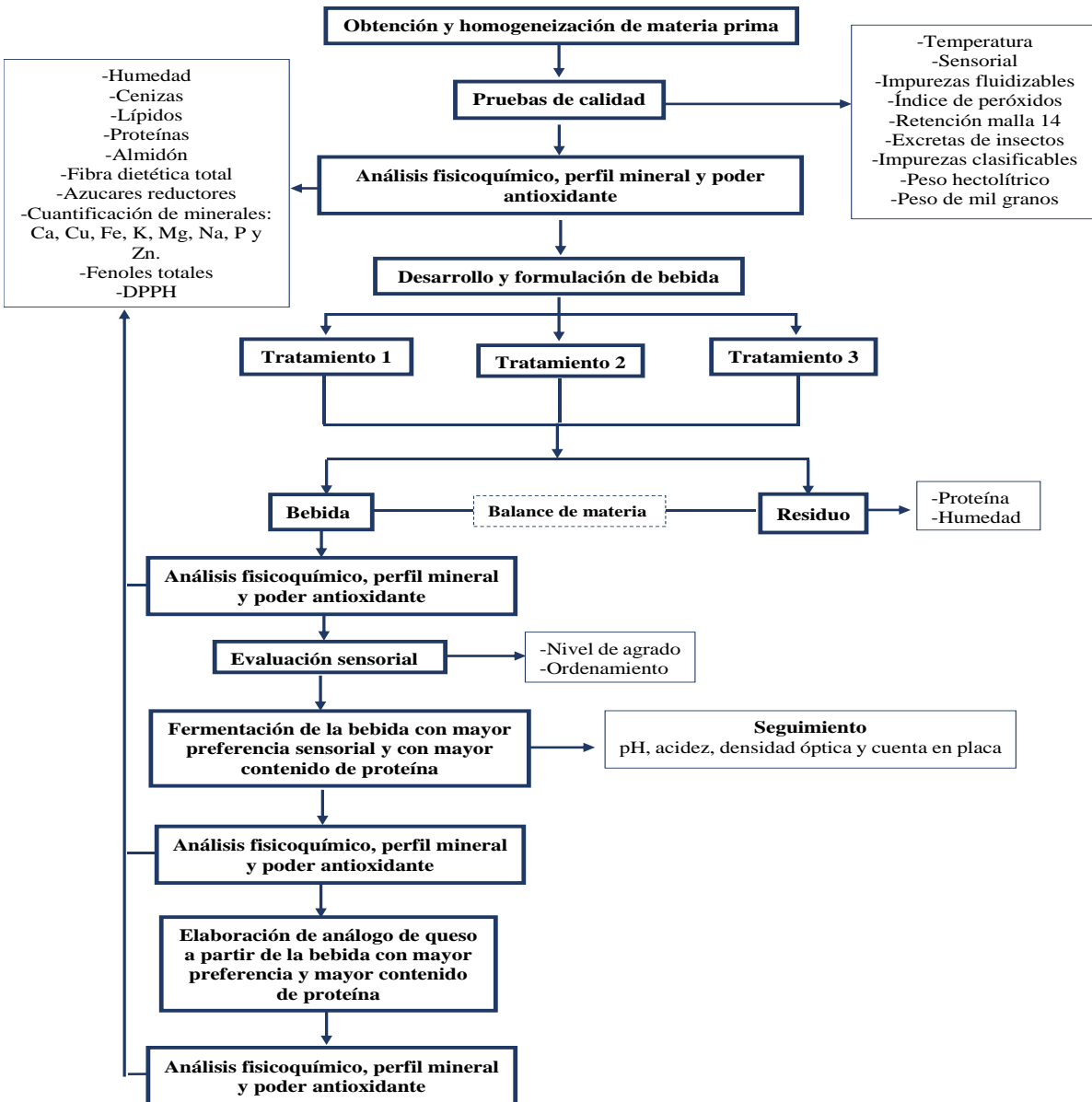


Figura 2.1. Diagrama de bloques del desarrollo experimental empleado para la elaboración de productos a partir de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*).

2.1 RECOLECCIÓN DE AMARANTO

El lote de 4 kilos de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) proviene de la Delegación Xochimilco, del pueblo Santiago Tulyehualco y fue proporcionado por el productor Maximino Manuel Moreno Cruz y familia, quienes se han dedicado por más de 30 años al

cultivo de esta semilla. La muestra se encontraba empacada en una bolsa de plástico sellada, y se transportó hacia el lugar de trabajo: Laboratorio de Bromatología II, Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, localizado en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

2.2 PRUEBAS DE CALIDAD

Mediante la descripción física del grano se corroboró la especie *Amaranthus hypochondriacus* de acuerdo con lo enunciado en la NMX-FF-114-SCFI-2009 y lo descrito por Haros en 2017. Se homogeneizó el lote de amaranto con base en el método de la AOAC 925.20, después se midió la temperatura según lo reportado por De Lucia y Assennato en 1993, seguido de la limpieza, inspección visual y olor en el lote considerando la NMX-FF-114-SCFI-2009, de igual forma se determinó el peso hectolítrico y el peso de mil granos según lo establecido por Peralta 2011, y finalmente se almacenó en recipientes de vidrio a temperatura ambiente en un lugar seco.

Se tamizaron los 4 kg de amaranto con la malla número 14 del sistema U.S. Standard Sieve, de la fracción obtenida se tomó 1 kg para tamizar en la malla número 20. Aquello que quedó retenido fue evaluado para establecer la calidad del grano, por lo que se separó manualmente los tallos y hojas, este grupo fue considerado como las impurezas clasificables, otro tanto (50 g) del material retenido en la malla 20 fue empleado para buscar excretas de insectos. De aquella fracción que pasó la malla número 20, se muestrearon 100 g y mediante separación manual se cuantificaron los granos negros. Se extrajo empleando el método de James, 1999 empleando una mezcla 1:1 de éter etílico y de petróleo, en el extracto etéreo extraído se midió el índice de peróxidos según la metodología de Crowe y White en 2001 y para concluir se realizaron pruebas relacionadas con la densidad del grano, peso hectolítrico y peso de mil granos según Peralta en 2011.

2.3 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AMARANTO

Asimismo, se realizó el análisis fisicoquímico con los métodos descritos en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Métodos utilizados en el análisis fisicoquímico del amaranto, alimento fermentado, bebida y análogo de queso.

COMPONENTE	MÉTODO
Humedad	Sólidos totales. Método AOAC 925.10 (1990)
Cenizas totales	Cenizas totales. Método AOAC 925.46 (1990)
Lípidos	James, 1999
Proteína	Proteína en cereales. Método AOAC 979.09 (1990)
Almidón	Almidón total. Método AOAC 996.11
Fibra Dietética Total	Fibra dietética total en alimentos. Método AOAC 985.29
Azúcares reductores	Nielsen, 2003
Minerales: Ca, Cu, Fe, K, Mg, Na y Zn	Espectrofotométrico por absorción atómica. Método AOAC 984.27 (1990)
Mineral: P	Espectrofotométrico. Método AOAC 964.06 (1990)

2.4 DESARROLLO Y FORMULACIÓN DE BEBIDA

2.4.1 Desarrollo de la bebida.

Se desarrolló una bebida a partir del amaranto empleando tres tratamientos (Tabla 2.2) en los cuales se emplea el mismo tiempo de remojo, 24 horas. Ambos se homogeneizan en una licuadora industrial durante 10 minutos y se filtraron en una malla con apertura de 1 milímetro (mm), se pasteurizó a 65 °C durante 30 minutos para garantizar la inocuidad de la bebida. El primer tratamiento, así como el segundo, el grano es remojado a 4 °C, en el caso del tratamiento 3 el remojo es a temperatura ambiente. El segundo método es diferente al resto debido a que el extracto se somete a una hidrólisis enzimática, empleando α -amilasa de *Aspergillus oryzae* (Sigma® No.9001-19-8), proteasa de *Bacillus licheniformis* (Sigma® No. P4860) y amilogucosidasa de *Aspergillus niger* (Sigma® No.10115) las cuales tienen un pH óptimo de 7.00 de acuerdo con las condiciones de tiempo y temperatura de la Tabla 2.2. Se midió la cantidad inicial de grano, la cantidad de producto y de residuo para determinar el rendimiento de extracción para comparar y saber si había diferencia significativa. Se recolectó el residuo obtenido con cada uno de los tratamientos, se determinó la humedad (método AOAC 925.10) y la cantidad de proteína (método AOAC 945.23). Por otra parte, se

analizó la cantidad de proteína soluble mediante el método de Lowry (Lowry, Rosebrough, Farr y Randall, 1951) empleando como estándar albúmina bovina sérica (Sigma® No. A7030).

Tabla 2. 1. Comparación entre tratamientos

CONDICIONES*	TRATAMIENTO 1 (T1)	TRATAMIENTO 2 (T2)	TRATAMIENTO 3 (T3)
Remojo	24 horas a 4°C		24 horas a 25°C
Hidrólisis enzimática	No aplica	α -amilasa a 90°C durante 60 min., amilglucosidasa y proteasa a 60°C por 30 min	No aplica
Homogeneización	Licuadora industrial (10 minutos)		
Filtrado	Coladera con apertura de 1 mm		
Tratamiento térmico	65 °C por 30 minutos		

*T1 (Soriano, 2006), T2 (Pineli, 2016) y T3 (Modificación de Biachindi, 2014).

2.4.2 Estabilidad de bebida.

Para la estabilidad se empleó carragenina como estabilizante a diferentes concentraciones (0.0-0.1 %) considerando la metodología reportada por Montañó en 2017. Se procedió a ajustar el pH del producto pasteurizado a 6.00, en un tubo de ensaye se añadieron 7 mililitros (mL) de bebida posteriormente se agregaron 3 mL de sacarosa al 6.64 % y se obtuvo un volumen final de 10 mL, se procedió a calentar a 65°C en baño de agua, agitando cada 10 min a 5000 rpm, el tiempo del calentamiento total fue de 30 min, fue cuando se notó una disolución total de la carragenina. Se midió el total de altura que abarcaba la bebida en el tubo y posteriormente la altura de las fases en las que se pudo separar la bebida, finalmente se obtuvo el porcentaje tomando como el 100% la altura total.

2.5 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LA BEBIDA.

En las tres bebidas se realizó el análisis composicional, los métodos y componentes cuantificados se explican en la Tabla 2.1. Para evaluar si las bebidas presentaban diferencia significativa respecto a su composición química primero se evaluaron los resultados

empleando una ANOVA y se realizó una prueba de t de student $p \leq 0.05$ se conoció si existía diferencia significativa.

2.6 ANÁLISIS SENSORIAL DE LAS BEBIDAS DESARROLLADAS

La formulación de la bebida fue 6.64% de sacarosa, 0.08% de sabor a vainilla marca Deiman® y 2.33% saborizante artificial sabor a vainilla presentación líquida marca Molina® para la evaluación sensorial. Para esta determinación se añadieron los ingredientes que proporcionan el dulzor y sabor antes de la pasteurización. El análisis sensorial se realizó en el restaurante “Amelia se cocina” ubicado en la calle de Goya 54 de la Colonia Insurgentes Mixcoac en la Delegación Benito Juárez C.P 03920 de la Ciudad de México, debido al amplio perfil de consumidores. Con edades entre 20 y 70 años, todos ellos con diferentes ocupaciones y grados académicos, parte de esta población estaban familiarizada con las bebidas vegetales y 100 de ellos juzgaron las bebidas de acuerdo con su criterio empleando el cuestionario presentado en el ANEXO I. Se realizó la evaluación mediante pruebas nivel de agrado y ordenamiento, a modo de resumen se preguntó cuál de las bebidas agradaba más de modo general y cuánto estarían dispuestos a pagar por 1 L del producto. Para concluir si presentaban diferencia significativa en nivel de agrado, se realizó una ANOVA y pruebas a *posteriori* para conocer cuál de las muestras presentaban diferencia significativa, en adición se elaboró una gráfica de araña o radial.

2.7 DESARROLLO DE ALIMENTO FERMENTADO

Se desarrolló el alimento fermentado empleando la bebida con el mayor agrado y contenido de proteína. Se utilizó 1×10^8 UFC del inóculo liofilizado de *Lactobacillus delbruki spp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* en 100 mL de la bebida pasteurizada y obtenida por el tratamiento 3. Para dar seguimiento a la fermentación se tomaron alícuotas cada 60 minutos durante las tres primeras horas, posteriormente, cada 30 minutos durante 12 horas. Con el muestreo realizado se determinó la acidez, el pH y la densidad óptica (D.O $_{600 \text{ nm}}$). Cuando el pH y la acidez se mantuvieron estables en los últimos 4 muestreos se dio por finalizada la fermentación. Se realizó la cuantificación de las células por el método de cuenta en placa mediante diluciones seriadas en agua peptonada al 0.1%, las diluciones tomaron valores de 1×10^{-1} hasta 1×10^{-8} . Las células se inocularon en placa por extensión superficial en agar All Purpose Tween 20 (APT) incubando a 37 °C por 24 horas las diluciones

pertenecientes al intervalo 1×10^{-5} - 1×10^{-8} (NOM-092-SSA1-1994). Finalmente se realizó tinción de Gram.

2.8 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL ALIMENTO FERMENTADO

Se llevó a cabo el análisis composicional de la bebida vegetal fermentada empleando los métodos descritos en la Tabla 2.1.

2.9 DESARROLLO DE ANÁLOGO DE QUESO

Empleando la bebida con mayor agrado sensorial y harina de amaranto se desarrolló un análogo de queso de acuerdo con la formulación de la Tabla 2.3. Primero se pesaron todos los ingredientes y se mezclaron, exceptuando la grenetina, y se homogeneizaron en un procesador de alimentos marca Kitchen Aid Modelo Artisan 5KFP1644 , por otro lado se hidrató y fundió la grenetina y se hidató con agua y finalmente se agregó a la mezcla anterior . Se moldeó y dejó enfriar a 4 °C, se realizó una adaptación de un queso tipo ranchero de Aron en 2017 Se realizó el análisis fisicoquímico empleando los métodos de la Tabla 2.1.

Tabla 2.2. Formulación del análogo de queso de amaranto

Ingrediente	g / 100 g de formulación (%)
Bebida de amaranto	44.5
Ácido acético al 3% (grado alimenticio)	19.4
Almendras	13.9
Grenetina	11.1
Sal y pimienta	5.6
Levadura de cerveza	4.2
Ajo fresco	1.4

2.10 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL ANÁLOGO DE QUESO.

Se llevó a cabo el AQP y perfil de minerales, así como de carbohidratos empleando los métodos descritos en la Tabla 2.1.

2.11 EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y FENOLES TOTALES EN EL AMARANTO Y PRODUCTOS

Se realizó un extracto metanólico de las muestras para ambas determinaciones. Se partió de un gramo de muestra seca y desengrasada, en el caso de la bebida y el alimento se secó en la estufa y posteriormente se desengrasó la muestra, se agregaron 50 mL de metanol puro. La extracción se llevó en un baño sonicador en oscuridad durante 30 minutos, posteriormente se centrifugó a 4500 rpm durante 10 minutos. El sobrenadante se decantó, y el sedimento fue sometido nuevamente a extracción y finalmente se obtuvieron 50 mL de extracto.

De acuerdo con el método AOAC.2012.04 se determinó la actividad antioxidante en el amaranto, bebida, alimento fermentado y análogo de queso. Para lo cual se elaboró una curva de calibración a partir de una solución Stock con concentración de 0.5 mg/mL, con los siguientes estándares: trolox, ácido ascórbico y α -tocoferol, con un intervalo de 0-5 mg, se añadió en un matraz aforado de 50 mL y posterior a esto se aforó con DPPH [40 mg/L], se agitó y se dejó en reposo en oscuridad durante 30 minutos. Pasado el tiempo, se determinó la absorbancia a 517 nm frente a un blanco de metanol. En el caso de las muestras el volumen de la alícuotas fue de 1.0 mL.

Los fenoles totales fueron cuantificados mediante el método de Folin Ciocalteu, para lo cual fue necesario mezclar en un tubo de ensaye 0.2 mL de extracto con 2.6 mL de agua destilada, y adicionar tomando el tiempo 0.2 mL del reactivo de Folin Ciocalteu, pasados exactamente 10 minutos se agregaron 2 mL de Na_2CO_3 al 7 %, se mezcló y se dejó reposar en oscuridad durante 2 horas. Se determinó la absorbancia del color producido a 765 nm frente a un blanco de reactivos. La concentración de los fenoles se calculó a partir de una curva patrón preparada con ácido gálico en concentraciones de 0.00 a 0.24 mg/mL tratadas de la misma manera que las muestras.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 PRUEBAS DE CALIDAD

Se muestreo la temperatura del lote de amaranto para lo cual se seccionó en cinco partes, con el objetivo de buscar algún foco de calentamiento que pudiera indicar la germinación del grano lo cual no es deseable ya que conlleva al deterioro del valor nutrimental y por consiguiente la merma del lote. En caso contrario se desearía la germinación sí el amaranto fuera empleado para siembra (De Lucia & Assennato, 1993). En la Tabla 3.1 se muestran los resultados de la evaluación de la temperatura del lote de amaranto, al finalizar se obtuvo una temperatura de 19°C, la cual fue homogénea y se observó una diferencia promedio de 1°C respecto a la temperatura ambiente, de modo no hubo focos de calentamiento. Asimismo, se sabe que, a temperaturas mayores a 17°C y humedad mayor al 15%, la propagación de insectos y crecimiento de hongos ocurre, dichos factores influyen del mismo modo, considerando lo anterior se puede establecer un intervalo límite de temperatura 20 a 25 °C y humedad menor al 15% en el cual el cultivo aún es utilizable (De Lucia & Assennato, 1993). A pesar que se observó una temperatura cercana al límite del intervalo, la humedad fue baja (7.7%) por lo que se espera que el lote preserve su calidad durante el almacenamiento (Instituto Nacional de Desarrollo Social, 2014)..

Tabla 3.1. Determinación de temperatura del lote de amaranto.

Sección*	T** del lote del grano (°C)	T** ambiente (°C)	Máxima diferencia con la T** ambiente (°C)
1	19	20	1
2	19	21	2
3	19	20	1
4	19	20	1
5	19	20	1

*El lote se dividió en cinco partes

** T: temperatura

Por otra parte, se realizó la inspección visual con base en lo que dictamina la NMX-FF-114-SCFI-2009 que ofreció un panorama general del estado del lote. Referente a la descripción del grano, era pequeño y esférico, de color amarillo paja, todas las anteriores típicas de la especie, además el lote se encontraba libre de insectos y de plagas, así como hongos.

Respecto al olor era característico de la especie, libre de rancidez o algún otro aroma que indicará el crecimiento de hongos. En resumen el grano se encontraba en buen estado resultado de un buen proceso de secado, con la inspección visual se pudo asegurar que el amaranto empleado pertenece a la especie *Amaranthus hypochondriacus* porque había ausencia de granos de otra especie debido principalmente a las mejoras genéticas realizadas por los productores (Instituto Nacional de Desarrollo Social, 2014).

Por disposición de la Norma Mexicana mencionada en el párrafo anterior, fue necesario clasificar las impurezas. En dicha Norma se presentan diversas clases de acuerdo con el contenido y tipo de impureza, por lo que en esta investigación se empleó como referencia los valores de la Clase 1 y los resultados están mostrados en la Tabla 3.2. En el primer recuadro (de izquierda a derecha) se cuantificaron aquellas que han pasado por tamaño de malla número 14, mediante el tamizado se pudo limpiar apropiadamente el grano, se obtuvieron 0.040 %, las cuales correspondieron principalmente tallos y recubrimientos del grano, la cantidad se encontró dentro de lo estipulado en la norma (0.040 %), dada la particularidad de la impureza se atribuye meramente a la trilla, al aventado y, de manera evidente, a la limpieza que el agricultor proporciona al amaranto. En adición, fue necesario cuantificar las impurezas clasificables que tuvieron el doble del valor de las retenidas en malla 14, esta fracción estaba principalmente compuesto por granos con daños mecánicos. Finalmente, no se encontraron excretas de insectos. Los granos negros (0.038 %) son granos de amaranto perteneciente a otra especie que no ha sido domesticado aún, no obstante, los encontrados en el lote está por debajo a lo que establecido por la norma (0.500 %), lo cual remite nuevamente a las prácticas de cultivo (selección de semilla) del agricultor, él cual mediante escrupulosas técnicas de cultivo logró una mejora de la especie y como consecuencia de su cultivo (Das, 2016).

En general el grano se encontraba limpio ya que no presentaba infestaciones y residuos de excreta de insectos. En el lote muestreado se encontró en buen estado ya que no hay presencia de granos vanos. El índice de peróxidos es otro requerimiento de la Norma y es considerado como indispensable debido principalmente al alto contenido lipídico si se compara el amaranto con cereales (Tabla 1.3), y según lo expresado en la Tabla 3.2, el grano

aún se conserva íntegro, en adición Peralta, *et al.*, en 2007 reporta el mismo valor máximo que la NMX-FF-114-SCFI-2009.

Tabla 3.2. Relación de impurezas y daños en el grano de amaranto expresado en (g /100g).

Impurezas	Valor experimental*	NMX-FF-114-SCFI-2009
Material retenido en malla 14	0.038	≤ 0.040
Impurezas clasificables	0.800	0.051-0.090
Impurezas excretas de insectos	0.000	0.011-0.050
Granos negros	0.038	≤ 0.500
Índice de peróxidos (meq/kg)	0.000	≤ 7.000

*Las determinaciones se realizaron por triplicado y se obtuvo un CV < 3%.

En complemento, se realizaron pruebas asociadas a la densidad real los cuales tienen una estrecha relación con el rendimiento de la molienda, es decir la extracción de harina y su potencial uso, de modo que lo anterior impacta en el costo (SIAP, 2017), en la Tabla 3.3 se muestra el peso hectolítrico y peso de mil granos considerados por Peralta, *et al.* en 2007 como parámetros indispensables en la determinación de la calidad del amaranto. El peso hectolítrico obtenido fue de 78 kg/hL el cual se localizó en el límite inferior del intervalo reportado en la bibliografía, este valor expresó el estado del grano, ya que mantiene una estrecha relación con la estructura biológica y la cantidad de proteína contenida en el endospermo, lo cual impacta durante el quiebre ya que sí es más duro tiene una mayor resistencia durante la molienda resultando una harina más gruesa. El valor experimental para el peso de mil granos se localizó cercano al límite inferior reportado por Peralta, *et al.* en 2007 lo cual señala que este lote tuvo un menor porcentaje de endospermo de modo, que se tendrá una menor extracción de harina

Tabla 3.3. Determinaciones relacionadas a la densidad del grano de amaranto.

Parámetro	Valor experimental*	Valor reportado por Peralta en 2007
Peso hectolítrico (kg/hL)	78	78-82
Peso de mil granos (g)	1.05	1.05-1.09

*Las determinaciones se realizaron por triplicado y se obtuvo un CV < 3%.

Después de las determinaciones realizadas, se concluyó con base en la NMX-FF-114-SCFI-2009 que la calidad del lote corresponde a CLASE 1, asimismo los parámetros de densidad son un criterio de calidad considerado en este trabajo como relevantes ya que se empleó harina de amaranto para desarrollar las bebidas y aportó mayor detalle del estado del lote.

3.2 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL AMARANTO

3.2.1 Análisis composicional del amaranto.

Para calcular el contenido calórico por cada 100 gramos de amaranto se considerando los componentes de la Tabla 3.4 y se obtuvo un resultado de 358.41 kcal, por otro lado, el Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) en el 2014 recomienda una porción de 16 g de amaranto reventado haciendo esta consideración el aporte calórico por cada porción es de 57.34 kcal. Aparentemente es una alta densidad calórica comparado con la de los cereales, sin embargo, el 14.97 % del total corresponde a proteína, y según lo reportado por Venskutonis & Kraujalis en 2013 se trata de una fuente de buena calidad equiparable a la albúmina de huevo. El porcentaje de proteína experimental expresado en la Tabla 3.4 es mayor en comparación con cereales verdaderos como el maíz, trigo, centeno, arroz entre otros que típicamente tienen valores inferiores al 12 % (Belitz, 2009). El contenido de proteína del amaranto fue cercano al reportado en la bibliografía (16.0 %), consecuencia de las condiciones de cultivo que proporcionó el agricultor (Haros, 2017)

En adición, la Tabla 3.4 muestra que más de la mitad de este grano corresponde a hidratos de carbono y la mayoría son complejos. El almidón representó aproximadamente un 79 % del total, el 16% fue fibra dietética total y la abundancia de los azúcares reductores fue menor al 1%, mientras que el 4 % restante corresponde a azúcares no reductores los cuales se determinaron por diferencia respecto al total de carbohidratos. Como se había mencionado con anterioridad el contenido de almidón (Tabla 3.4) es particularmente alto, sin embargo, es equiparable con el contenido promedio de los cereales 60-75% (Arendet & Dal Bello, 2011).

Tabla 3.4. Análisis fisicoquímico del amaranto.

Componente	g/100 g de grano*
Contenido calórico (kcal/100g)	358.41
Humedad	7.75
Cenizas	2.57
Lípidos (extracto etéreo)	8.37
Proteína (N x 5.75)	14.97
Hidratos de carbono totales**	66.34
Fibra dietética total	10.54
Almidón	52.32
Azúcares reductores	0.16
Azúcares no reductores***	3.32

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%.

**Se determinaron por diferencia del 100%

***Se determinaron por diferencia respecto al total de hidratos de carbono

En relación al alto contenido de hidratos de carbono y de acuerdo con las recomendaciones de la OMS en 2004 “Estrategia Mundial OMS sobre Régimen Alimentario, Actividad Física y Salud”, se sugiere el consumo de hidratos de carbono complejos sobre los simples debido a que el tiempo de oxidación es mayor por lo que proveen constantemente energía al cuerpo, asimismo se evita que el exceso de glucosa se incorpore a la vía de la lipogénesis de *novo* además de la saciedad que produce consumirlos. El contenido de fibra dietética en el amaranto lo hace una fuente importante, en general se asocia el consumo de ésta a la salud intestinal ya que gran parte corresponde a prebiótico, también genera saciedad tras su consumo y en consecuencia hay una menor ingesta calórica, con ello menor riesgo de padecer obesidad, de lo convierte en un alimento para ser considerado en la dieta un individuo (FAO, 2002).

El contenido de lípidos de este pseudocereal reportado en la Tabla 3.4 es mayor de dos a tres veces en comparación con el valor reportado para los cereales (Tabla 1.3) y es aproximadamente de 4 % (Arendet & Dal Bello, 2011). Por esta razón sin las condiciones óptimas de almacenamiento la harina de amaranto es susceptible a oxidarse pues la superficie de contacto es mayor a la que presenta el grano. Por otro lado, como reporta Venskutonis &

Kraujalis en 2003 el perfil lipídico del amaranto es bajo en ácidos grasos polinsaturados y generalmente se asocia un efecto positivo en la salud con el consumo de éstos.

3.2.2 Análisis de nutrimentos inorgánicos.

Para conocer el contenido y la relación de minerales se obtuvo el perfil del lote de amaranto como se había mencionado, el contenido depende de factores genotípicos, especie y condiciones de crecimiento proporcionadas por la familia amarantera (Mustafa, *et al.*, 2011).

De acuerdo con la Tabla 3.5 es notable que en las cenizas predomina el potasio y el fósforo representando una quinta parte del total debido a que generalmente los suelos en los que crece el amaranto es fertilizado con mezclas en las cuales abunda sales de potasio y con alto contenido de nitrógeno, lo cual se ve reflejado en el contenido de proteína (Das, 2016).

Aproximadamente un 10% es representado por calcio y magnesio en consecuencia el contenido de estos macrominerales tendrá una tendencia a variar por el genotipo expresado, en otras palabras, el color del amaranto es un indicativo de la concentración de dichos minerales, una semilla más oscura tendrá un mayor porcentaje. La cantidad de zinc no sufre variación debido al color de la semilla (Mustafa, *et al.*, 2011).

Tabla 3.5. Cuantificación de nutrimentos inorgánicos en el amaranto.

Mineral	mg/100 g de grano*
K	634.74
P	575.67
Mg	135.01
Ca	127.15
Na	68.90
Zn	17.34
Fe	7.25
Cu	0.48

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%.

El contenido de hierro es mayor al reportado en la bibliografía (Tabla 1.7) consecuencia del suelo en el que creció, igualmente lo es la concentración de cobre la cual es considerable baja inclusive se puede decir que es despreciable. El agua de riego es un factor trascendental en el

perfil mineral de cultivos hablando de cereales verdaderos y pseudocereales, generando una variabilidad en la concentración de sodio (Das, 2016).

3.3 DESARROLLO Y ANÁLISIS DE BEBIDA

3.3.1 Desarrollo de bebida.

Se calculó el rendimiento de cada uno de los tratamientos y se obtuvo la cantidad de bebida producida a partir de 100 g de amaranto, asimismo se hizo una comparación para conocer la diferencia estadística significativa. En adición, se cuantificó el total de sólidos y se obtuvo el rendimiento con el propósito de comprender cómo se distribuían, en otras palabras conocer qué porcentaje permaneció en la bebida y cuál en el residuo; de acuerdo con la solubilidad de las proteínas del amaranto el 40 % corresponde a globulinas y el 20 % a albúmina (Kristbergsson, 2016; Venskutonis & Kraujalis, 2013), considerando esto se esperaba una mayor solubilidad de las proteínas en la bebida y no en el residuo, y para conocer veracidad de esto se cuantificó la cantidad de proteína en el residuo y la bebida. Con la información anterior se elaboró la Tabla 3.6 que muestra el rendimiento total, el de los sólidos y el de la proteína de cada uno de los tratamientos.

Se observó en la Tabla 3.6 que, hay diferencia estadística significativa entre tratamientos respecto al rendimiento total, es decir que la cantidad de producto que se obtuvo varió según el tratamiento que se empleó para obtenerlo. En general el único tratamiento que logró el máximo aprovechamiento de la materia prima según lo dicho por Bernat, *et al.* en 2014 fue el 1 (T1) con un rendimiento mayor al 85%, lo que se considera alto y rentable, en contraste aproximadamente el 10% del amaranto fue mermado durante este tratamiento, esta pérdida es la menor respecto al tratamiento 2 (T2) y 3 (T3) los cuales tienen mermas entre 27 y 24% respectivamente.

Se comparó entre los tratamientos también el rendimiento de sólidos presentes en la bebida, el T3 y T1 mantuvieron un comportamiento similar en la forma en que se distribuyeron los sólidos, lo anterior coincidió con la información presentada en la Tabla 3.7 ya que hubo una menor distribución de sólidos en las bebidas y la mayoría predominó en los residuos. Se esperaba que el T2 fuera aquel que figurará por un alto rendimiento de sólidos ya que la acción enzimática permitió obtener moléculas de menor peso molecular como oligopéptidos,

tripéptidos y aminoácidos libres así mismo maltodextrinas y dextrinas, los anteriores podrían solubilizarse con mayor facilidad en la solución, no obstante, ocurrió lo contrario. En adición, se observó que en el T3 se extrajo un mayor contenido de sólidos igualmente de proteína.

Tabla 3.6.. Rendimiento de los métodos empleados para obtener bebida.

Tratamiento	Rendimiento (%)*	Rendimiento sólidos* (%)	Rendimiento proteína* (%)
1	87.3 ^c	80.0 ^b	7.0 ^b
2	72.7 ^a	79.3 ^a	6.4 ^a
3	75.8 ^b	80.1 ^b	8.4 ^c

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%. Diferentes letras por columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

Uno de los objetivos de este proyecto era obtener una bebida con alto valor proteínico comparado al de otras bebidas del mercado obtenidas a partir de cereales, legumbres y oleaginosas (1.5-3.5 %), es por eso que era imperante conocer la distribución de los sólidos y principalmente el de la proteína, representado cuantitativamente en los balances en la Tabla 3.7 y los rendimientos de la Tabla 3.6, ambas expresan *per se* características del producto. De acuerdo con el rendimiento de proteína obtenido (Tabla 3.6) se observó que, el tratamiento de mayor eficiencia es el 3 que obtuvo un 8.4 %, además según lo presentado en la Tabla 3.7, se registró un contenido fue superior al T1 y el T2 con 1.57 % por ende el residuo fue el que menor proteína presentó en su composición, 13.8 %.

En resumen, se prefirió el T1 para elaborar la bebida debido a que tuvo mayor rendimiento referido a cantidad de producto obtenido, por otro lado, el T3 fue el más bajo, no obstante, a través de éste se pudo obtener la máxima cantidad de proteína. Se sabe que el costo es un factor decisivo cuando se habla de producciones a nivel industrial, por lo que el rendimiento permitió visualizar cuál de los tres tratamientos es el conveniente en el escalamiento, sin embargo, la extracción de proteína impera sobre el rendimiento total en esta investigación, de modo que el T3 fue el seleccionado.

Adicional a la información presentada, se realizaron balances de materia considerando la humedad, concentración de proteína en cada una de las bebidas y del residuo, también se

midió la cantidad de residuos y bebida obtenido. Se tomó como base de cálculo 100 g de amaranto en base seca que contiene 15.0 % de proteína y el 85.0% son otros sólidos.

Tabla 3.7. Distribución de sólidos y proteínas en los tratamientos.

	Bebida			Residuo		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Masa (g)*	78.9 ^a	79.5 ^b	80.2 ^c	20.8 ^c	20.5 ^b	18.1 ^a
Proteína (g)*	1.3 ^b	1.2 ^a	1.5 ^c	13.9 ^b	14.1 ^c	13.8 ^a
Otros (g)*	77.6 ^a	78.3 ^b	78.7 ^c	6.9 ^c	6.4 ^b	4.3 ^a

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%. Diferentes letras por fila indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) considerando que se hizo la comparación entre tratamientos para la bebida y otra comparación para el residuo.

Para los tres métodos se notó una distribución similar de proteína en tanto que predomina en el residuo y no en el la bebida, de modo que en los tres tratamientos al menos el 78 % del grano se distribuye en la bebida y el restante permanece en el residuo. Igualmente, se observó que tuvo el mismo comportamiento la distribución de la proteína, la cual abundó en el residuo y en la bebida se mantuvo aproximadamente un 10%

La Tabla 3.7 muestra el balance de materia con base en la proteína de los tratamientos, en el 1 se observó que el 1.3% de la proteína se encuentra en la bebida, en contra parte la mayor parte de los sólidos en el residuo son proteína (66%) y el resto son cenizas, fibra, almidón, entre otros; en este tratamiento fue importante mantener a una temperatura de 4°C lo que evitó la gelatinización del almidón y se obtuvo un producto fluido, y propiedades físicas diferentes al 2 y 3, tuvo una tonalidad más blanca, lo cual se puede observar en la evaluación sensorial (Figura 3.4). El T2 presentó en la bebida un 1.3% de proteína y en el T3 hubo un 1.5%.

Se determinó el contenido de proteína mediante dos metodologías, la oficial según la AOAC en el 2012 (979.09) y en complemento la de Lowry debido a que por la determinación por Kjeldahl se obtiene la cantidad de nitrógeno total, y se deseaba conocer el contenido de proteína soluble en la bebida. De acuerdo con lo que se muestra en la Tabla 3.8, el T2 que involucra el uso amilasas y proteasa tuvo la menor cantidad de proteína soluble. El T3 es aquel que tiene una mayor cantidad de proteína soluble. A pesar de que en el T1 y T2 se

obtiene la misma cantidad de proteína total, la proteína soluble es mayor en el 1. En conclusión, mediante el tratamiento 3 se obtiene una bebida con 1.5% de proteína de la cual el 4.9% es soluble.

Tabla 3.8. Contenido de proteína soluble en las bebidas de los tres tratamientos

Tratamiento	Proteína soluble g/100 g de proteína total*
1	3.5 ^b
2	1.6 ^a
3	4.9 ^c

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%. Diferentes letras indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$).

Es un hecho que el 60-70% del nitrógeno proteico del amaranto es representado por albúminas y globulinas (Kristbergsson, 2016), por consiguiente se esperaba la mayor solubilidad en medio acuoso, no obstante, en esta investigación a través de los tratamiento de extracción se logró solubilizar una mínima cantidad de proteína, Cabe destacar que aproximadamente un 80% de los sólidos del pseudocereal se solubilizó, mas no el macrocomponente de interés ya que se determinó que se encontraba en una concentración menor al 2%. La bebida obtenida por el T3 es aquella seleccionada para fermentar y a la cuál se le agregará carragenina como estabilizante.

3.3.2 Estabilidad de bebida.

Parte del desarrollo de la formulación incluye la estabilidad, de modo que se agregó carragenina en diferentes concentraciones esperando con esto conocer cuál era la óptima para la bebida obtenida mediante el T3. Se empleó como el 100% la altura en el tubo que pertenecía a la bebida homogeneizada con carragenina, cuando se presentó la separación de fases se midió la parte que correspondía a sólidos y la que era bebida homogénea. Los resultados se presentan en la Tabla 3.9, la bebida T3 no mostró estabilidad con la adición de carragenina, a pesar de que se probaron diferentes concentraciones (0.0-0.1%) más del 90% de los sólidos de la bebida se asentaban en el fondo, inclusive mostró menor cantidad de sólidos cuando no se adicionaba carragenina, es decir que a mayor concentración de carragenina hubo una menor suspensión de las partículas en la bebida, inclusive que aquella

a la cual no se le añadió el hidrocoloide. Se sugiere emplear una mezcla sinérgica de hidrocoloides para lograr el efecto deseado.

Tabla 3.9. Separación de fases de la bebida obtenida por el T3.

Concentración de carragenina (%)	Sólidos asentados en la bebida * (%)
0.00	84.2
0.02	96.9
0.04	96.1
0.06	97.2
0.08	100
0.10	100

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%.

Es común que los hidrocoloides presenten una competencia por el agua disponible en una solución. Por otra parte, se ha estudiado el almidón como un hidrocoloide según lo reportado por Phillips & Williams en 2009, no obstante, se considera una problemática la concentración de almidón en la bebida y el efecto que tiene en la misma, mas la incógnita puede ser en cómo se debe preparar la bebida de modo que el almidón tenga el comportamiento deseado.

3.4 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE BEBIDA.

3.4.1 Análisis composicional

Con la intención de conocer la composición química y el contenido energético de las bebidas obtenidas por los tres tratamientos por cada 100 mL, se reportan en la Tabla 3.10. En general el bajo aporte calórico fue resultado del alto contenido de humedad. El T1 aportó menos kilocalorías que el resto ya que contiene una menor cantidad de hidratos de carbono y de lípidos, lo cual se relaciona al rendimiento de sólidos de la bebida.

El contenido calórico de las bebidas de esta investigación se posicionó por debajo del intervalo del resto de las muestras comerciales obtenidas a partir de oleaginosas o de legumbres (47-66 kcal/100 mL), es relevante que según la marca será el contenido energético debido a que cada una tiene una formulación en particular (Bernat, *et al.*, 2014; Sethi, *et al.*, 2016). En las tres bebidas se presentó un contenido bajo de azúcares reductores, menores al

1%, este tipo de azúcares se asoció considerando la matriz alimenticia en esta investigación a glucosa y maltosa. Actualmente, lo anterior es relevante debido a las pandemias como la obesidad, por lo que es necesario diseñar un producto alimenticio con una correcta relación de macro componentes en el alimento, haciendo énfasis en reducir el contenido de azúcares simples y grasa saturadas, de modo que las bebidas pueden ser formuladas con algún edulcorante no calórico y así mantener un contenido calórico bajo. De acuerdo con todo esto, las bebidas obtenidas por los tres tratamientos podrían consumirse hasta 2 veces al día por el valor nutrimental reportado en la Tabla 3.10, en adición a esto, se puede añadir en la dieta de individuos que comienzan el periodo de ablactación en países en vías de desarrollo, y que difícilmente tendrán acceso algún alimento industrializado, ya que la textura facilita que el infante pueda tragar (Montet & Ray , 2016).

A pesar del contenido bajo de proteína comparada con bebidas a base de soya 3.0-3.5% (Bernat, *et al.*, 2014; Sethi, *et al.*, 2016) se debe recalcar que el perfil de aminoácidos del amaranto no es parecido a ninguna leguminosa o cereal por el contenido alto de lisina y residuos azufrados (FAO/OMS/UNU, 1985). La cantidad de proteína el tratamiento 3 presenta un mayor contenido, no obstante, en general con los tres tratamientos se obtiene una bebida con un contenido proteínico menor al 3.5 %, sobresalta este valor porque generalmente la bebida elaborada con soya reporta esta cantidad (Bernat *et al.*, 2014; Sethi *et al.*, 2016), por lo que se esperaba ofrecer una bebida de amaranto que fuera competitiva considerando este parámetro.

Considerando lo reportado en la Tabla 3.10, se observó que en todas las bebidas el componente que predominaba era el agua, el contenido fluctuó entre 90-92%, en relación a ésta el T1 tiene el mayor contenido, seguida del T2 y finalmente el T3. El principal aporte calórico de la bebida fueron los lípidos con una prevalencia de escualeno, tocoferoles y tocotrienoles, así como fosfolípidos y según lo reportado Venskutonis & Kraujalis en 2013 podrían tener un efecto positivo en la salud. En general el contenido lipídico es bajo sin embargo el T1 contiene menos lípidos por la temperatura empleada para el remojo, en contraste con el T2 y T3 los cuales presentan la misma cantidad; se esperaba que por alto contenido de lípidos del amaranto las bebidas tendrían mayor contenido de lípidos en su

composición con aporte a la textura del producto, sin embargo, este fenómeno no se presentó.

Tabla 3.10. Análisis composicional de las bebidas vegetales en g/100 mL bebida.

Componente	Tratamiento 1*	Tratamiento 2*	Tratamiento 3*
Contenido calórico (kcal)	16.48 ^a	21.03 ^c	19.13 ^b
Humedad	92.37 ^c	91.12 ^b	90.85 ^a
Cenizas	0.44 ^b	0.35 ^a	0.36 ^a
Lípidos (extracto etéreo)	0.12 ^a	0.31 ^c	0.25 ^b
Proteína (N x 5.75)	1.27 ^b	1.15 ^a	1.54 ^c
Hidratos de carbono totales**	5.80 ^a	7.07 ^b	7.00 ^b
Fibra dietética total	3.22 ^a	3.66 ^c	4.32 ^b
Almidón	2.17 ^b	0.10 ^a	2.59 ^c
Azúcares reductores	0.41 ^c	3.31 ^b	0.09 ^a

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%. Diferentes letras por fila indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$). **Se determinaron por diferencia

Actualmente se sabe que la fibra dietética tiene diversas funciones en el organismo entre las que se destacan la actividad biológica de las bacterias, los metabolitos producidos en la fermentación de la fibra y su efecto en los individuos, se sabe con base en lo reportado por Haros en 2017 que la fibra del amaranto es mayoritariamente insoluble en cambio, el contenido de fibra soluble es menor a la de los cereales paralelamente, por su composición mantiene similitud con la de las frutas y verduras (xigooligosacárido y fructooligosacáridos). Se observó que la fibra de esta bebida modificó la textura además del almidón resultando una consistencia particularmente densa y viscosa. Se asocia este componente con un efecto prebiótico para géneros bacterianos como bifidobacteria y lactobacilos, por lo tanto un beneficio en la salud de los individuos que consuma esta bebida (Escuder & González, 2006). La bebida del T2 contiene más fibra, seguida del T1 y finalizando con el T3.

Con relación al contenido de cenizas es similar en el T2 y T3 al igual que el contenido de hidratos de carbono mientras que el T1 fue superior, no obstante, el perfil no es el mismo

entre los tres tratamientos ya que cada uno presenta una peculiaridad con base al tratamiento de obtención.

El contenido de almidón del T3 es mayor, seguido por el T1, y es evidente que en el tratamiento que se emplearon amilasas y amiglucosidasa el contenido de almidón es cercano a 0, con un consecuente aumento de azúcares reductores; el T1 emplea temperaturas de 4 °C en el remojo de modo que ésta idealmente no favorecería la solubilidad del almidón, en cambio se puede observar que hay almidón soluble en la bebida por el valor reportado en la Tabla 3.10. Se considera que la solubilidad del almidón tiene una estrecha relación con la cantidad de amilopectina que lo constituye y, de acuerdo con Haros en 2017 sólo el 2-5% es amilosa lo cual sugiere que la amilopectina del amaranto se solubilizó al entrar en contacto con el agua sin que afectara la temperatura.

3.4.2 Análisis de nutrimentos inorgánicos.

Para comparar entre los tres tratamientos la cantidad de minerales se reportó en base seca en la Tabla 3.11, se cuantificaron sólo los cationes presentes en la disolución. Con cada uno de los tratamientos se obtuvo un perfil parecido respecto a la predominancia no así en la concentración, se observó la predominancia de algunos macrominerales como el magnesio y potasio seguido de calcio, fósforo y sodio, estos tres últimos con concentraciones menores a 100 mg/100 mL por lo que no lideran el perfil. La bebida del T2 tiene la mayor concentración de potasio, magnesio, calcio y sodio, así como los microelementos que son hierro, cobre y zinc en comparación con las del T1 y T3. La bebida obtenida por el tratamiento 1 tiene un mayor contenido de fósforo respecto a las otras dos bebidas. En general también se observó que las concentraciones de los minerales entre el T1 y T3 pertenecen en el mismo intervalo y el T2 tiene valores que duplican o triplican el valor de los dos tratamientos mencionados esto puede ser debido al tratamiento enzimático ya que generalmente necesitan de buffers para mantener el pH óptimo en el cual funciona la enzima (Belitz, 2009).

Tabla 3.11. Cuantificación de nutrimentos inorgánicos en las bebidas vegetales.

Mineral	Tratamiento 1*	Tratamiento 2*	Tratamiento 3*
	(mg/100 mL bebida).		
K	188.47 ^b	459.43 ^c	141.63 ^a
Mg	118.39 ^a	354.68 ^c	197.79 ^b
Ca	56.18 ^a	110.04 ^c	94.82 ^b
P	59.88 ^c	45.84 ^b	28.98 ^a
Na	13.10 ^a	21.84 ^b	22.10 ^c
Fe	2.68 ^a	8.18 ^c	2.12 ^a
Zn	7.61 ^a	2.98 ^b	0.91 ^a
Cu	0.33 ^a	1.37 ^b	0.24 ^a

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%.

Diferentes letras por fila indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$).

En cada uno de los tratamientos el contenido de cenizas fue menor al 1% (Tabla 3.10) y como se expresó en la Tabla 3.9 que estos sólidos de las no son en su mayoría minerales. Y en general, se observó una tendencia en predominancia del potasio, magnesio, fósforo y calcio, mientras que el resto tienen concentraciones menores al 0.5%.

En conclusión, del apartado 3.4, se consideró el contenido de proteína como uno de los dos parámetros para elegir aquel tratamiento que permitiera obtener una bebida de acuerdo a las características establecidas, de modo que el tratamiento que obtuvo el contenido superior de proteína. Esta bebida fue empleada como medio de cultivo y se desarrolló el alimento fermentado.

En un medio de cultivo se debe tener una fuente de carbono, que en este caso es la fuente la fuente primaria son los azúcares reductores de la bebida sin añadir algún tipo de edulcorante y de modo complementario el almidón, la fuente de nitrógeno es la proteína del amaranto, finalmente se sabe que las bacterias ácido lácticas necesitan de Mg, Zn, Mn, Ca, P y Fe, y vitaminas del complejo B que sirven como cofactores metabólicos (Madigan et al., 2010), los resultados presentados en la Tabla 3.11 son los minerales presentes en las bebidas y sí bien

el amaranto es fuente de casi todos los minerales con una función metabólica, se ha reportado que no la presencia de manganeso (Mn) no hace la diferencia, se cuenta con la presencia de tiamina (B1), riboflavina (B2) y tiamina (B3) sin embargo carece de algunas importantes como ácido pantoténico (B5), piridoxina (B6) y cobalamina (B12) (Belton & Taylor. 2012) a pesar de esto, según lo reportado por Kocková, *et al.*, en 2013 las bacterias se desarrollarán, sin embargo, se deben tener una consideración, las cepas a inocular, típicamente crecen en leche y puede producir yogurt y tienen un crecimiento óptimo porque la leche es un excelente medio de cultivo, no obstante, se espera un resultado favorable en la bebida de amaranto pues en general tiene un contenido de vitaminas más alto (Kocková, *et al.*, 2013)

3.5 ANÁLISIS SENSORIAL.DE LA BEBIDA

Las bebidas obtenidas mediante los tres tratamientos se evaluaron por 100 jueces que no se encontraban entrenados, sin embargo, estaban familiarizados con este tipo de bebidas vegetales. Este análisis tuvo como objetivo conocer la aceptación y el agrado del producto, que es inexistente en el mercado, del mismo modo conocer sí lo comprarían y cuánto pagarían por él. También determinar cuantitativamente cuál de las tres formulaciones era la preferida. Las Figuras 3.1-3.4 contienen esa información.

El porcentaje de individuo encuestados fueron en su mayoría mujeres (70%) el restante correspondió a hombres (30%). En la Figura 3.1 se muestra la frecuencia de consumo de bebidas vegetales de los individuos que fueron parte de la evaluación sensorial, aproximadamente una décima parte no consume este tipo de bebidas, del 90% restante solo una quinta parte lo consume diario, en contraste al menos una tercera parte consume una vez por semana. Sí se planea en un futuro introducir al mercado una bebida de amaranto es necesaria este tipo de información y de acuerdo con la Figura 3.1 la población mexicana está familiarizada con el producto más no es un consumidor frecuente como ocurre en otros países (El Financiero, 2016)

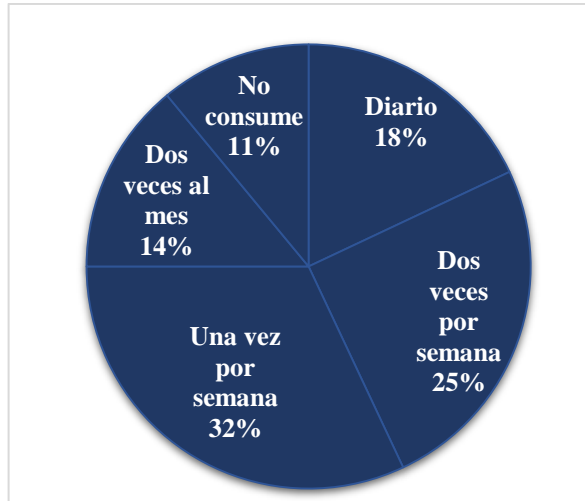


Figura 3.1. Frecuencia de consumo de bebidas vegetales.

Del 90% restante de la población que consume bebidas vegetales se pudo notar acorde con la Figura 3.2, aproximadamente una cuarta parte consume bebida de coco debido a que tiene mayor sabor y cuerpo principalmente a su contenido graso (Sethi,*et al.*, 2016), otra quinta parte consume bebida de almendra así como de soya éstas dos bebidas tienen al menos 20 años en el mercado lo cual genera popularidad (El Financiero, 2016). Una décima parte consume 2-6% según lo dicho por Bernat en 2014 y nuevamente por Sethi, *et al.*, en el 2016, bebida de avena y el otro tanto de arroz atribuible a la cantidad de azúcares en su composición.

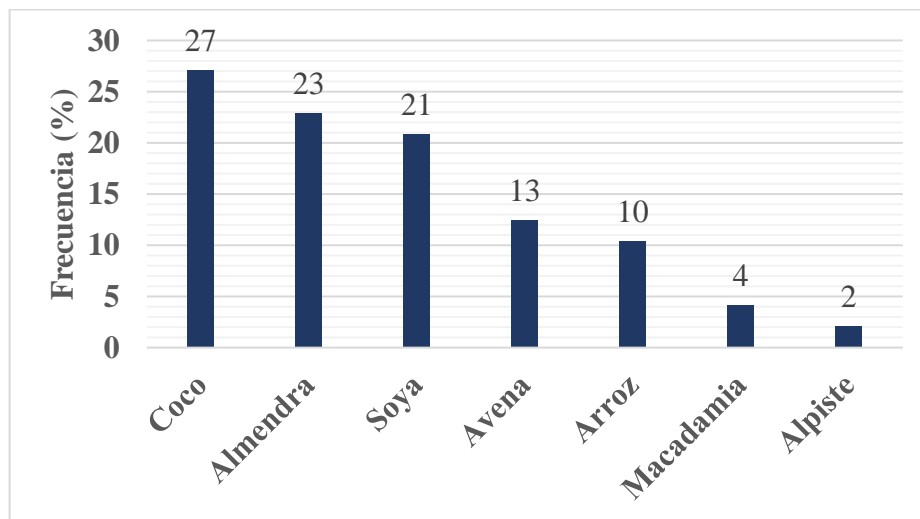


Figura 3.2. Preferencia de consumo de bebidas vegetales.

En la Figura 3.3 se presenta la preferencia de las bebidas evaluadas. Un 68 % prefirió la T3, un 25 % la T2 y el restante la T1, se realizó el estadístico correspondiente y se concluyó que no había diferencia de la T3 con las muestras T1 y T2, la T3 agradó más de modo general. Es importante resumir que la bebida con mayor agrado, hasta ahora con los resultados presentados es aquella con el mayor contenido de proteína (1.5 %), lo que dio lugar a seleccionarla para desarrollar el alimento fermentado.

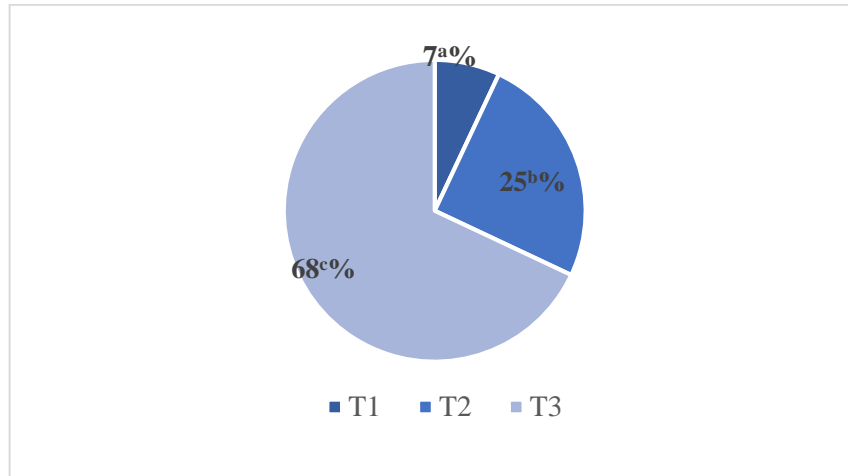


Figura 3.3. Agrado general de las bebidas evaluadas. Diferentes letras significan que existe una diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En la Figura 3.4 se muestra los atributos sensoriales evaluados de las bebidas en pruebas de nivel de agrado en el cual se utilizó una escala hedónica con 5 posibles calificaciones, siendo el número 5 la calificación más alta.

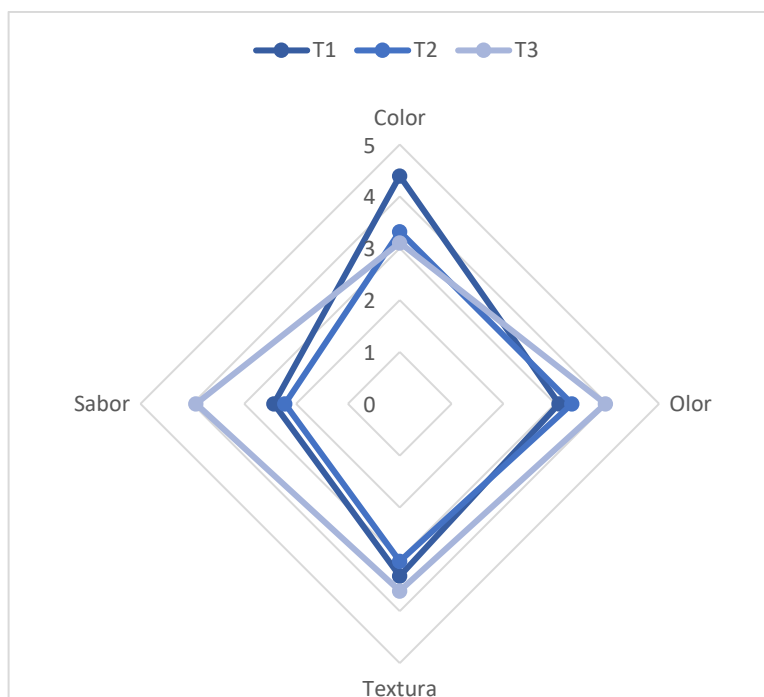


Figura 3.4. Comparación de nivel de agrado entre las tres formulaciones.

De la Figura anterior se puede observó que hay una diferencia en el atributo del color, sabor y olor, y en la textura se muestra una respuesta similar. Es visible que el sabor de la T3 agradó sobre el resto tomando un valor cercano al límite (5), en los atributos del olor y la textura se localizó cercano al 4. Respecto a la textura todas las bebidas tomaron valores muy cercanos, en contraste en el color la T3 tuvo el valor más alto de la escala, mientras que la T2 y T1 tuvieron el mismo valor. En general se prefiere el color de la T1 y el sabor, textura y olor de la T3. Mediante el análisis estadístico con un nivel de confianza de 95 ($p \leq 5\%$) de cada uno de los atributos para así poder puntualizar las diferencias que agrandes rasgos ofrece la Figura 3.4 y de acuerdo con esto se concluye que en el atributo del color la T2 y T3 no muestran diferencia significativa entre ellas, pero sí la tienen con la T1; el siguiente atributo es el olor y en éste la T1 y la T2 no muestran diferencia de modo que pueden agruparse y la T3 muestra diferencia; el sabor la T3 es diferente en referencia a la T1 y T2 y finalmente las tres bebidas son diferentes en la textura que presentan.

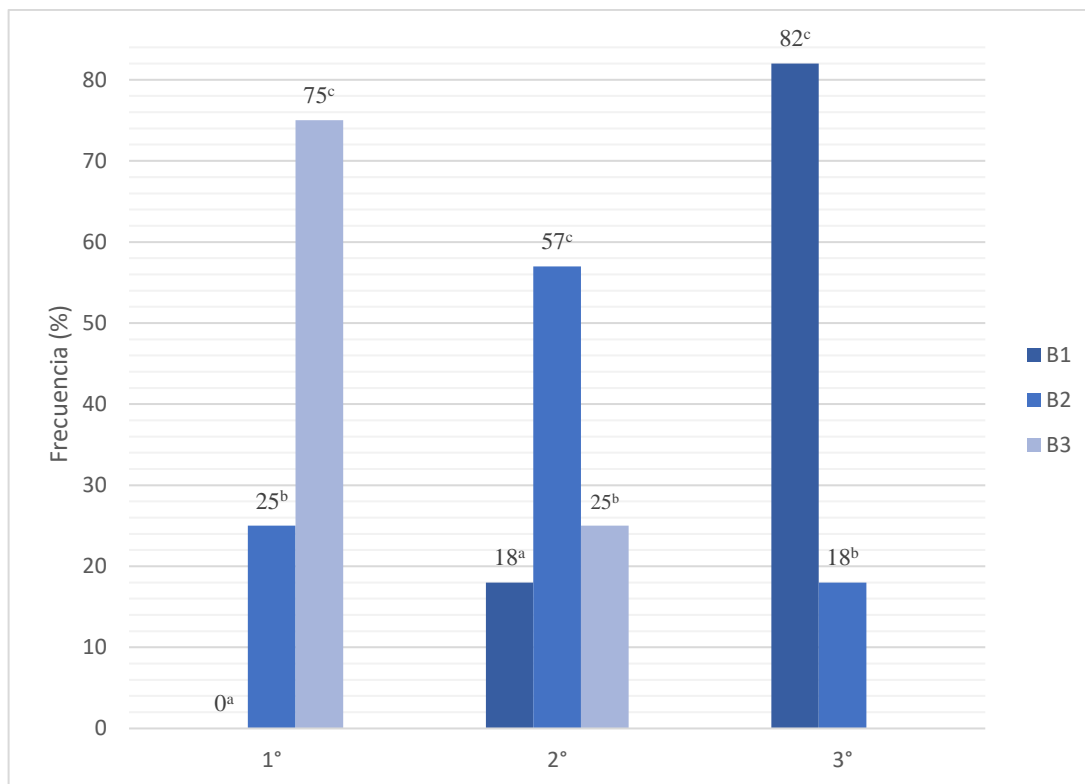


Figura 3.5.Resultados de la prueba de ordenamiento.

Posterior a las pruebas de nivel de agrado se les pidió a los jueces que ordenaran las muestras según su preferencia y se obtuvo la Figura 3.5, generalizando la T3 es la que más agradó seguida de la T2 y finalmente la T1, lo anterior es congruente con lo presentado en la Figura 3.3. Respecto al primer lugar tres cuartas partes de los jueces seleccionaron la T3 y una cuarta parte la T2 por lo que ningún juez eligió la T1. Para el segundo lugar se observó un comportamiento diferente a los observados, al menos la mitad eligió la T2 como la segunda que más agradó seguida de la T3, y en este caso la T1 fue seleccionada por el 18%. Por último, en el tercer lugar la T3 no fue considerada por los jueces por lo que las que fueron consideradas al final son las T2 y la T1, con un predominio de la T1.

El 86% de los jueces indicaron que sí estarían dispuestos a comprar el producto evaluado y estarían dispuestos a pagar por un litro del producto entre 25-30 pesos.

Resumiendo la información presentada, se seleccionó la bebida del T3 para elaborar el alimento fermentado ya que en las muestras de nivel de agrado fue la que se posicionó como

preferida ya que el olor, sabor y textura fue superior a las bebidas del T1 y T2, el mismo comportamiento se observó en las pruebas de ordenamiento.

3.6 DESARROLLO DE ALIMENTO FERMENTADO

3.6.1 Seguimiento de la fermentación.

Con el objetivo de corroborar el desarrollo de las bacterias lácticas inoculadas en la bebida obtenida por el tratamiento 3 a través de parámetros cuantitativos, se monitoreo la acidez total titulable, densidad óptica a 600 nm y pH durante las 8 horas de fermentación., los resultados están expresados en la Figura 3.6.

En la curva de crecimiento de las BAL utilizadas (Figura 3.6) se muestra que el comportamiento seguido, tomando como referencia la densidad óptica a 600 nm (D.O), muestra tres diferentes etapas que describen el desarrollo microbiano, sin embargo, se muestra un punto dentro de la fase logarítmica o exponencial por debajo de la zona en la que se encuentra la fase lag o de transición. Esto podría deberse a que, al momento en que se realizó la lectura de la densidad óptica, los sólidos de la bebida o incluso algunas células de microorganismo, hayan formado conglomerados que sedimentaron, por lo que el valor de la DO resulta ser menor. Es importante destacar que durante el tiempo durante el cual se llevó a cabo la fermentación, como se observa, la DO fue aumentando respecto al tiempo, por lo tanto, puede considerarse como adecuado el crecimiento bacteriano llegando hasta 0.950 nm de absorbancia alrededor de los 400 minutos (8 horas), además, los microorganismos se encontraron dentro de un ambiente óptimo para su desarrollo, así como el uso de los nutrientes presentes en el medio para llevar a cabo su metabolismo.

En complemento, en la Figura siguiente se muestra en la curva correspondiente el aumento de la acidez de la bebida vegetal respecto al tiempo durante el cual se llevó a cabo la fermentación. Las bacterias ácido lácticas conforman un grupo de microorganismos que tienen en común la producción de ácido láctico como metabolito mayoritario en la fermentación de azúcares por lo tanto este fue la base del cálculo.

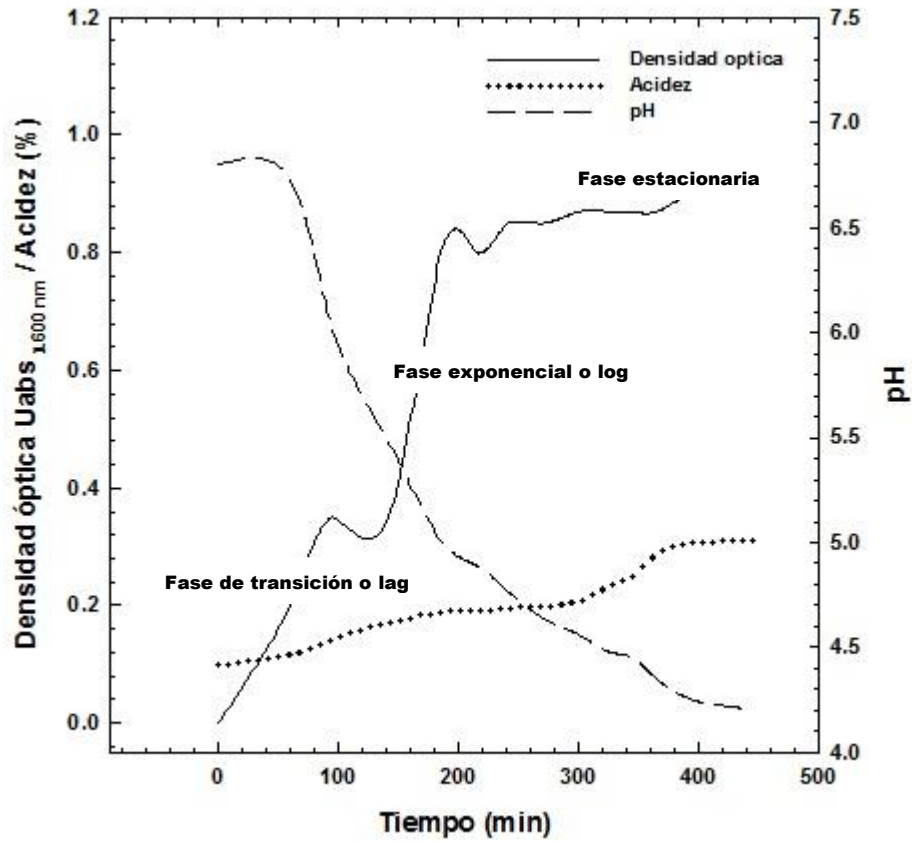


Figura 3.6. Crecimiento de las bacterias *Lactobacillus delbruki* spp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, disminución del pH y aumento de la acidez durante el tiempo de fermentación.

Por otra parte, se muestra en la Figura anterior la disminución del pH respecto al tiempo de fermentación, congruente con las líneas graficadas en la Figura 3.6, se muestra una disminución de la bebida respecto al tiempo. Cabe destacar que el metabolismo de las bacterias utilizadas es homofermentativo, dado que se produce únicamente ácido láctico, que contribuirá con aspectos organolépticos finales en la bebida.

A través de la cuenta en placa realizada a partir de la fermentación de la bebida, se observan colonias típicas en medio APT, específico para el crecimiento de bacterias ácido lácticas mostrándose colonias blanquecinas y redondas. La cuantificación total correspondiente para la bebida es de 1×10^8 UFC/mL.

Con el fin de corroborar la supervivencia de las BAL, se realizó una tinción de Gram a las colonias aisladas para determinar de qué microorganismos se trataban, observándose en la Figura 3.7 la morfología de cocos sin una agrupación definida o en estreptococos, Gram positivos. Es sabido que los microorganismos al encontrarse en medios de cultivo que dificulten su crecimiento puedan cambiar su conformación y agrupación, con el fin de adaptarse al nuevo medio. Ésta es una posible razón por la que se puedan observar algunos microorganismos en forma de cocobacilos.

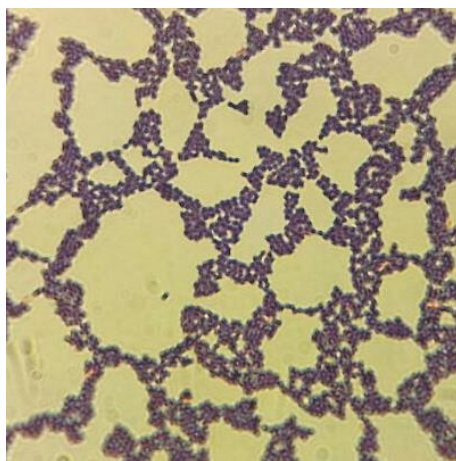


Figura 3.7. Morfología microscópica de cepas del alimento fermentado, tinción de Gram en objetivo 100x.

3.7 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL ALIMENTO FERMENTADO.

3.7.1 Análisis composicional de alimento fermentado.

Se realizaron diversas determinaciones para conocer la composición del alimento fermentado asimismo evaluar los cambios ocurridos a causa del proceso de fermentación, los cuales se presentan en la Tabla 3.12. Se pretendía que BAL emplearan los hidratos de carbono complejos del amaranto, después de terminar la fuente primaria de energía por lo que no se adicionó sacarosa debido a que las cepas empleadas *Lactobacillus delbruki spp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* según lo reportado por Montet & Ray en 2016 tienen capacidad amilolítica, y transformar éste polisacáridos en ácido láctico (Ai, *et al.*, 2015).

En la siguiente Tabla se muestra el análisis químico proximal del alimento fermentado, el contenido calórico es 19.09 kcal por cada 100 mL, con un contenido bajo de lípidos, y la mayoría de los carbohidratos corresponden a fibra.

Tabla 3.12 .Análisis composicional del alimento fermentado

Componente	g/100 mL de bebida fermentada*
Contenido energético (kcal)	19.05
Cenizas	0.23
Lípidos (extracto etéreo)	0.01
Proteína (N x 5.75)	1.46
Hidratos de carbono totales**	5.96
Fibra dietética total	2.68
Almidón	2.05
Azúcares reductores	1.23

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%.

**Se determinaron por diferencia. ND: no determinado.

La bebida empleada como medio de cultivo mostraba una cantidad considerable de almidón (2.6 %) y fue hidrolizado para obtener energía a partir de los monómeros de glucosa y de acuerdo con la Tabla 3.12, se observó una disminución en el contenido de almidón y azúcares reductores, los productos de la hidrólisis son maltosa y glucosa, este último es utilizado inmediatamente (Marko, *et al.*, 2014). En general se esperaba una reducción de hidratos de carbono ya que los microorganismos emplean las cadenas carbonadas como fuente de energía.

El contenido de proteína entre la bebida (Tabla 3.10) y el alimento fermentado presentó diferencia significativa estadísticamente, sin embargo, y según lo reportado por Marko y cols. en 2014 es común el aumento en el contenido de proteína en tanto exista un descenso hidratos de carbono dado que los esqueletos carbonados se emplean como fuente primaria de energía en consecuencia hay una concentración de nitrógeno. Asimismo, después de la fermentación hay un aumento de la digestibilidad de acuerdo con Marko y cols., en 2014, Kóckova y cols. en 2016 y Frías y cols., en 2017 ya que se ha asociado con la actividad proteolítica de las BAL. Los productos de la hidrólisis de las proteínas como los cetoácidos, amoníaco, aminas, aldehídos y alcoholes afectan el perfil sensorial con sabores poco comunes y que la mayoría de la población no conoce (Marko, *et al.*, 2014).

De la información de la Tabla 3.12, destacó una disminución en el contenido alto de fibra que generalmente es el resultado de la actividad metabólica de las BAL, atribuido a las enzimas que se producen y que originan la ruptura de los polisacáridos la degradan (Marko, *et al.*, 2014). Ésta hidrólisis pudo haber generado un aumento en los azúcares reductores, en adición a la hidrólisis del almidón (Montet & Ray, 2016). Se observó, paralelamente una disminución en el contenido lipídico, así como en el contenido de cenizas. La disminución de lípidos sugiere que los microorganismos emplearon este macrocomponente en su metabolismo energético, de modo que pudieran seguir creciendo, antes de comenzar a hidrolizar el almidón.

3.7.2 Análisis de nutrimentos inorgánicos del alimento fermentado.

Se presenta el perfil mineral de alimento fermentado en base seca en la Tabla 3.13 ya que se quería conocer si durante la fermentación se producían cambios en la concentración y poder comparar con la bebida del T3. En general, se mantuvo una similitud con el perfil de la bebida del tratamiento 3, con predominancia de potasio, magnesio, sodio y calcio, así como en concentración menor al 5% se encuentra el fósforo, para el caso de los microelementos se encontraron en una concentración menor al 0.5%. Después de la fermentación hay una reducción de fitasas, así como de otros factores antinutrientales lo cual permite una solubilidad de minerales como Ca, Fe y Zn con la consecuente disponibilidad (Marko, *et al.*, 2014).

Tabla 3.13. Nutrimentos inorgánicos presentes en el alimento fermentado

Mineral	mg/100 mL de bebida*
K	434.55
Mg	201.18
Na	84.94
Ca	79.78
P	48.00
Fe	5.66
Zn	3.41
Cu	0.26

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%.

3.8 DESARROLLO DE ANÁLOGO DE QUESO

Al diseñar un producto como este se tenía la intención de lograr el máximo aprovechamiento de los residuos generados durante el desarrollo de la bebida como se menciona en el apartado 3.3.1, es un hecho que en éstos reside la mayor cantidad de proteína del amaranto. Considerando las investigaciones sobre la capacidad de gelificación de la proteína del amaranto se encontró que sí bien se podían formar geles fuertes debido a los puentes disulfuro que establece, en la mayoría de los experimentos se emplean concentrados de proteína de amaranto de modo que aún no se ha demostrado el efecto que puede tener en la capacidad de gelificación la interacción con diversos componente de una matriz compleja: minerales, almidón, fibra dietética, lípidos, etc., que tiene la finalidad de ser un análogo de queso o al someterlo a un procedimiento mecánico y obtener harina (Alvarez,*et al.*, 2010b; Janssen, *et al.*, 2017).

De modo que se formuló el producto empleando la bebida y harina de amaranto, lo anterior no satisfacía el objetivo establecido en la investigación, se encaraba nuevamente un producto con un contenido bajo de proteína el cual no sería equiparable a un queso elaborado con leche de vaca o un análogo de queso de soya, para lo cual se optó por una propuesta de complementación en la cual se tiene al consideración que el perfil de aminoácidos del amaranto es muy parecido al patrón de la FAO (FAO/OMS/UNU, 1985), el pseudocereal (aproximadamente 45 %) con una oleaginosa (alrededor del 15%) con adición de extracto de levadura (aproximadamente 4 %). Se eligió la almendra como ingrediente por los compuestos bioactivos que contienen y que más adelante se discutirán. De acuerdo con lo dicho por Guinee en 2011 y la FDA en un análogo de queso típicamente se puede sustituir la proteína o los lípidos de la leche y se emplea como posibilidad el remplazo de ambos por alguna fuente vegetal, no obstante, en el mercado aún no se observa la presencia de este tipo de productos y se desconocen las causas. Finalmente, el desarrollo de este producto es un prototipo.

3.8.1 Análisis composicional de análogo de queso.

Con la intención de conocer los principales componentes del análogo de queso se llevaron a cabo diversas pruebas para obtener la información contenida en la Tabla 3.14, además del algún modo categorizarlo de acuerdo con los parámetros de humedad sin material graso y

extracto seco, como típicamente se haría con un queso. Se partió de un total de 428 g de formulación la cual mantuvo las proporciones presentadas en el capítulo II (metodología) y se obtuvieron 220.8 g de producto, lo cual correspondió a un rendimiento total del 56% , el cual es mayor al rendimiento típico quesero, 10%.

Por el contenido de humedad se consideró como un producto fresco, con un contenido energético de 98.14 kcal por cada 100 g de queso y por 50 g son 49.08 kcal, este último valor es menor si se equipara con análogos de queso considerados como frescos y que han sido elaborados con proteínas vegetales así como lípidos de este origen, el cual fluctúa entre 70-140 kcal por la porción sugerida (50 g), por otro lado una porción de queso fresco contiene alrededor de 90 kcal (Brown, 2016).

Según la Norma del queso del CODEX (Codex Standard 283-1978), define el queso como un producto propiamente obtenido de la leche de vaca y, también puntualiza que éste se puede clasificar según su consistencia y nivel de maduración , para el primero es necesario considerar el cociente del peso de la humedad en el queso entre el peso total del queso sustrayendo el peso de los lípidos del queso, evidenciando que puede ser blando (>67 %), semiduro (54-69 %), duro (45-56 %) y extraduro (<51 %), el queso análogo desarrollado a pesar de contener proteínas ni lípidos de la leche puede ser clasificado según el parámetro mencionado como blando ya que obtuvo un porcentaje de humedad sin materia grasa (HSMG %) del 68 %.

El contenido de humedad es un indicativo de la textura del queso el cual es un análogo de queso que puede fundirse. En relación al contenido de proteína, nuevamente se observa que es alto en comparación con otros análogos de queso y es la mitad de lo que contiene un típico queso, este contenido es producto de la formulación en la cual se emplea harina de amaranto, almendras, la bebida desarrollada por el tratamiento 3 y extracto de levadura, la gretina proporcionó la textura, por lo que se sugirió esta formulación a manera de poder complementar la calidad de la proteína ya que de acuerdo con Suárez et. al en 2006 reportaron que el aminoácido limitante en las almendras es la lisina (Lys), la gretina no es una fuente de triptófano (Trp) en adición el balance entre aminoácidos esenciales y los que no son tiene un comportamiento atípico de modo que no se sugiere como fuente primaria de proteína (Bordin, *et. al.*, 2015) en contraste la levadura y el amaranto no presenta algún

aminoácido limitante según Haros en 2017 y Kozo en 1964, de modo que por información recuperada en la bibliografía este producto tiene una buena calidad en cuanto al perfil de proteína se refiere. Los hidratos de carbono representan una quinta parte del producto, sí se observa el perfil resumido en la Tabla 3.14, aproximadamente el 20% es almidón siendo el amaranto la principal fuente de éste, por otro lado, la levadura es aquella que hace el mayor aporte al contenido de fibra seguida de las almendras y el amaranto, de los azúcares reductores las fuentes son las almendras ya la bebida desarrollada.

Tabla 3.14. Análisis composicional del análogo de queso.

Componente	g/100 g análogo de queso*
Contenido energético (kcal/g)	98.16
Humedad	65.33
Cenizas	2.60
Lípidos (extracto etéreo)	4.04
Proteína (N x 6.25)	7.67
Hidratos de carbono totales**	20.36
Fibra dietética total	12.58
Almidón	5.49
Azúcares reductores	2.29

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%.

**Se determinaron por diferencia del 100%.

Las almendras son una fuente de lípidos que en su mayoría son insaturados, y es el ingrediente la principal fuente de aporte de este nutrimento y el amaranto, retomando, el perfil de lípidos de estos ingredientes es principalmente ácidos grasos insaturados lo cual tiene un impacto benéfico en la salud y una menor cantidad de grasas saturadas, resaltando que no contienen grasas trans (Gil, 2010); en adición, haciendo mención a la Norma del CODEX para queso (Codex Standard 283-1978), el contenido graso en extracto seco proveniente de la leche, es otro parámetro empleado para clasificar y etiquetar quesos como: extragrasso ($\geq 60\%$), graso ($\geq 45\%$), semigraso ($\geq 25\%$), semidesnatado ($\geq 10\%$) y desnatado ($< 10\%$), haciendo la misma consideración para el análogo de queso a sabiendas que no es obtenido a partir de leche se considera como desnatado ya que el valor es menor al 10%. Es importante puntualizar que el valor de cenizas de la Tabla 3.14 es el resultado de la

combinación de los ingredientes empleados para la elaboración de este producto, no obstante, el alimento que pudo aportar la mayoría de minerales fue la almendra y la harina de amaranto.

3.8.2 Análisis de nutrimentos inorgánicos.

Se elaboró el perfil mineral saber cuál fue el efecto de la adición de almendras en el análogo de queso y se muestra el análisis en la Tabla 3.15. En el análogo de queso abunda el potasio, este mineral representa un 20% de las cenizas, en contraste el resto de los minerales tienen una contribución menor al 5% en este producto. Resalta que el segundo mineral en importancia es el sodio, seguido del magnesio y calcio. Considerando la contribución de cada uno de los ingredientes que conforman esta matriz alimenticia, las almendras aportan tres de los elementos mayoritarios al perfil mineral reportado (Tabla 3.15) que son potasio, fósforo y magnesio (Kristbergsson, 2016), asimismo el calcio es el cuarto en abundancia, , acerca de los elementos traza tienen abundancia el zinc y el hierro, y las almendras tienen contribución a la concentración de cobre ; por otra parte, en el amaranto predomina el potasio, fósforo y calcio (FAO,1985; Haros, 2017). En el perfil expresado en la Tabla 3.15, se puede observar la presencia de sodio, sin embargo, si se considera lo anterior, los ingredientes del análogo de queso aportan una baja cantidad de este elemento por lo que se atribuye la presencia del sodio netamente a la adición de sal debido.

Tabla 3.15.Perfil de nutrimentos inorgánicos

Minerales	mg/100 g análogo de queso
K	1524.99
Na	152.59
Mg	94.34
Ca	88.57
P	71.66
Zn	15.20
Fe	5.47
Cu	0.62

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%.

En resumen, el consumo de este análogo de queso no reemplaza un queso elaborado a partir de leche, mas puede tener un aporte de compuestos bioactivos con una posible mejora en la salud del consumidor, por otro lado, como se mostró en el perfil mineral hay una diversidad sin embargo se desconoce la biodisponibilidad de los mismos.

3.9 COMPARACIÓN DE MINERALES EN LOS PRODUCTOS

Con el objetivo de comparar las concentraciones de los minerales cuantificados en los productos desarrollados, se elaboraron la Tabla 3.15 y la Tabla 3.16, la primera contiene los macroelementos y la segunda los microelementos. Se esperaba en forma teórica que la bebida tuviera un menor contenido de minerales ya que para elaborarla se emplea una relación del 10% (p/v) de amaranto, respecto a la concentración del alimento fermentado.

En la Tabla 3.15 se observó que la concentración de calcio y el fósforo decrece en la bebida y el alimento fermentado respecto a la concentración inicial que presenta el amaranto. La concentración del potasio decrece en la bebida T3 y es superior en el alimento fermentado, no obstante, no supera la concentración inicial en el amaranto. En caso contrario, el sodio y el magnesio se encontraron en una mayor concentración en el alimento fermentado, inclusive que el amaranto, lo anterior es resultado del metabolismo de las BAL ya que varios de estos macroelementos se encuentran involucrados en rutas metabólicas y se incorporan de forma inmediata y se emplean, mientras que aquellos que no son empleados se concentran en el alimento fermentado. De acuerdo con Frías, 2017 los compuestos antinutrimientales durante la fermentación se degradan lo que trae como consecuencia un aumento de cationes como los presentados en la Figura 3.16 y 3.18

Tabla 3.16. Comparación de la concentración de los macroelementos en el amaranto, la bebida y el alimento fermentado.

Producto	Minerales*				
	Ca	P	Na	K	Mg
Amaranto	127.2	575.7	64.7	643.7	135.0
Bebida T3	94.8	59.9	22.1	141.6	197.8
Alimento fermentado	79.8	48.0	84.9	434.5	201.2

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%.

Considerando lo reportado en la Tabla 3.16 el contenido de calcio en los productos fluctúa entre 80-130 mg, este último valor es aproximadamente lo que se cuantificó en el amaranto y se esperaba que en la bebida y en el alimento abundará una décima parte de 127.5 mg/100 g de muestra seca, sin embargo, hay una mayor cantidad soluble; en adición entre los productos hay diferencia significativa estadísticamente y se explica esta disimilitud en particular entre la bebida y el alimento fermentado, debido a que este mineral es un cofactor de enzimas como las proteinasas que se forman parte del metabolismo bacteriano de las BAL. El amaranto contiene oxalatos que se concentran en las hojas y no superan el 4.6%, mas el contenido es inofensivo para el organismo (Arendt & Dal Bello, 2008), para inactivar el ácido fítico se sometió el amaranto a remojo de 24 horas, ahondando, para el caso del alimento fermentado que el proceso disminuye la concentración (Marko et al., 2014), algunos estudios al respecto señalan que la fermentación de promueve la biodisponibilidad y absorción de Ca en el organismo (Marko et al., 2014).

El contenido de fósforo en los productos representa aproximadamente un 10% de lo cuantificado en el amaranto, la disminución del alimento fermentado respecto a la bebida nuevamente involucra una función en el metabolismo de los microorganismos, el P se usa principalmente para la síntesis de los ácidos nucleicos y los fosfolípidos, pero aparece también en coenzimas y en proteínas (Díaz, 2012).

En la investigación de Haros en 2017 y lo reportado por la FAO en 1985 el amaranto contiene menos de 1 mg/100 g de muestra seca, los alimentos de origen vegetal son bajos en sodio (Díaz, 2012). Sin embargo, el lote empleado para esta investigación reporta un contenido de 64 mg, en la bebida hubo aproximadamente una tercera parte, en adición se presentó un aumento de casi el 30 % en el alimento fermentado y no se puede relacionar al proceso fermentativo porque el sodio no tiene alguna función en el metabolismo bacteriano.

Los resultados de la concentración del potasio presentaron comportamiento similar en el alimento fermentado, es decir que aumenta en un 300% después de que la bebida se fermenta mas no supera la cantidad que se reportó en el amaranto, el K es un cofactor de diversas enzimas entre las que destacan las encargadas de la síntesis de proteínas de modo que sí se lleva a cabo este proceso, se vea disminuida la concentración El contenido de K en la bebida

es aproximadamente un 20% del potasio total, de modo que se logró solubilizar durante el remojo una cantidad mayor al 10% esperado por la relación amaranto-agua.

El magnesio aumentó significativamente, y en el alimento fermentado hay 65 mg/100 g de muestra seca respecto al amaranto; en el metabolismo microbiano el magnesio estabiliza los ribosomas, así como las membranas celulares, ácidos nucleicos y regula la actividad de las enzimas.

A continuación, se presenta en la Tabla 3.17 la comparativa de valores promedio de los minerales medidos en la investigación contra bebidas comerciales con el objetivo de conocer cómo se perfilaba la bebida del T3. El K, P, Cu y Fe contenido de la bebida de amaranto es menor a cualquiera de las bebidas, en particular el fósforo es casi 10 veces menor con un contenido similar a la bebida de soya, respecto al Ca, Na y Mg el contenido es mayor a las muestras comerciales excepto a la del almendra el cual tiene un contenido superior y según Bernat y Sethi en 2014 y 2016 respectivamente, la bebida de almendra se encuentra fortificada con calcio y vitaminas del complejo B al igual que la de soya, en contraste el Zn es mayor a todas menos la de la bebida de almendra. Como se evidencia en la Tabla, 3.17, la bebida de soya no contiene Zn ni Cu, y tiene valores bajos respecto a las otras bebidas en contenido de Mg, P, Na, en caso contrario el Ca y el K se encuentra dentro de los valores reportados de las otras bebidas.

Tabla 3.17. Minerales en bebidas elaboradas a partir de cereales, legumbres y oleaginosas. (Información tomada de Bernat, et al., 2014).

Símbolo	Bebida					
	Almendra	Amaranto	Arroz	Avena	Coco	Soya
K	767.25	141.63	233.00	429.00	356.00	125.00
P	524.00	28.98	523.00	303.00	113.00	33.00
Mg	258.13	197.19	143.00	177.00	32.00	17.00
Ca	248.25	94.82	54.00	21.00	14.00	188.00
Na	10.36	22.10	6.00	2.00	20.00	38.00
Zn	3.60	2.12	1.80	3.97	1.10	0.00
Fe	3.59	0.91	1.70	4.72	2.43	0.45
Cu	1.00	0.24	0.85	0.63	1.90	0.00

Los resultados del contenido de los oligoelementos se presentan en la Figura 3.18, se observó de forma general que hay una disminución en la bebida y un aumento en el alimento fermentado con diferencia significativa estadísticamente. Se solubilizó en la bebida al menos el 30% del Fe y del Cu, del Zn sólo el 12%. Se atribuyó, también, el aumento a la biomasa adicionada para fermentar la bebida de amaranto, el zinc está involucrado en la síntesis de DNA y RNA, y el hierro se encuentra implicado en la respiración celular, clave en los citocromos de las BAL.

Tabla 3.18. Comparación de elementos trazas de los productos elaborados.

Producto	Minerales*		
	Fe	Cu	Zn
Amaranto	7.3	0.5	17.3
Bebida T3	2.1	0.2	2.1
Alimento fermentado	5.8	0.3	3.4

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%.

El aumento de estos minerales en el alimento tiene un impacto positivo, ya que gran parte de ellos son cofactores en el metabolismo energético, otros más son electrolitos que mantienen el equilibrio osmótico (Díaz, 2012). En general el contenido de minerales en los productos elaborados en esta investigación puede ser elevado equiparado con algún producto lácteo sin embargo aún se desconoce si la biodisponibilidad es equivalente.

3.10 PODER ANTIOXIDANTE Y FENOLES TOTALES

Se cuantificaron los polifenoles para así conocer y comparar la concentración en el amaranto y en los productos desarrollados, ya que anteriormente Barba de la Rosa *et al.*, han reportado que el amaranto contiene polifenoles que contribuyen a un poder antioxidante. Los polifenoles son metabolitos secundarios del metabolismo de las plantas que tienen la función de protegerlas contra hongos o bacterias, así como son los responsables de la pigmentación de tejidos vegetales y existe una diversidad de estructuras (Gimeno, 2004).

Tabla 3.19.Contenido de polifenoles en el amaranto y productos desarrollados.

Producto	mg de equivalentes de ácido gálico/g de muestra*
Amaranto	3.800
Bebida T3	2.000
Alimento fermentado	0.400
Análogo de queso	0.746

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%.

Respecto a lo mostrado en la Tabla 3.19, en el amaranto los mg de equivalentes de ácido gálico expresaron una relación directa a la actividad antioxidante, particularmente con el contenido de polifenoles (Aluko, 2012). Barba De la Rosa en 2009 reporta entre 8.9-34.2 mg de equivalentes de ácido gálico, Haros en 2017 reporta 2-4 mg de equivalentes, y el valor obtenido coincidió con el valor experimental. Nuevamente, la representación de un valor mediante un intervalo es reflejo del impacto de las condiciones de cosecha e inclusive la subespecie. El disolvente empleado para obtener los extractos permitió la solubilidad de flavonoides y polifenoles que tiene contribución a los valores presentados, estos últimos han sido caracterizados por De la Rosa en 2009 (Tabla 1.7) y son: rutina, niticloforina e isoquercina, todos con una estrecha relación en protección contra el estrés oxidativo (Haros, 2017).

En el caso del alimento fermentado la disminución puede ser efecto del proceso, según Frias en 2017 un tipo de polifenol son los taninos y estos se degradan mediante las enzimas que están produciendo las BAL especificando, el contenido mostrado puede ser efecto de la utilización de algún fenol en el metabolismo de las BAL (Frias et al., 2017); aunque también se puede generalizar y suponer que sí los fenoles se encuentran conjugados después de sufrir algún tipo de reacción durante la fermentación sea necesario emplear un método con mayor sensibilidad o emplear un disolvente que modifique la polaridad del medio para lograr extraer.

El análogo de queso muestra una concentración de polifenoles totales de 0.74 mg de ácido gálico/ g de muestra, la matriz está compuesta por amaranto y almendras, el contenido de polifenoles teórico en el amaranto se ha reportado con anterioridad y el de las almendras es

de 4.0 a 10.7 mg de equivalentes de ácido gálico (Bolling, Dolnikowski, Blumberg, & Chen, 2010). Como se ha señalado anteriormente para el caso del amaranto es importante considerar que los valores se encuentran reportados como intervalos y no como un promedio debido a que las condiciones de cosecha de las almendras influyen, y son diferentes entre zonas y agricultores. En este producto el que tiene una mayor contribución es el amaranto debido a que las almendras contienen en su mayoría tocoferoles y en cantidades pequeñas (Boye, 2015). Los principales beneficios asociados a estos compuestos son aquellos relacionados con efecto anticancerígeno, protección contra el daño en el ADN causado por expresiones genéticas anormales, estimulación del sistema inmunitario y actividad antioxidante (Etherton, 2004; Denny, 2005).

Se determinó el poder antioxidante mediante la estabilización del radical proveniente del 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) para conocer la concentración del poder antioxidante en el amaranto, bebida del T3, alimento fermentado y análogo de queso. El mecanismo a seguir dependerá de la estructura de compuestos que se emplearon como estándar, se proponen diversos mecanismos algunos de ellos se explican mediante un efecto resonante, considerando otro enfoque es una reacción oxido-reducción en la cual el antioxidante se reduce y el DPPH se oxida; no obstante, típicamente se explica de la siguiente forma que involucra la donación de un hidrógeno (H) por el antioxidante de modo que el DPPH se estabiliza (Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995).

A medida que el DPPH alcanza un estado estacionario la intensidad del color se ve disminuida y se ve reflejado en la curva de calibración la cual tiene una pendiente negativa. Debido a lo anterior en la metodología de la AOAC 2012.04 se propone una absorbancia neta de modo que se obtuvieron curvas de calibración como mostradas en el Anexo II. Los antioxidantes: trolox, y α -tocoferol mostraron un comportamiento diferente ya que todos ellos tienen una absorbancia neta máxima diferente. En la metodología oficial se emplea el trolox como el estándar a emplear, sin embargo, en esta investigación se añadió el α -tocoferol ya que juega un papel fundamental en la protección de membranas durante el estrés oxidativo y de modo que se pensó emplearlos en este ensayo. La Tabla 3.20 muestra los μ moles de equivalentes de trolox y α -tocoferol por gramo de muestra que se obtuvieron a través de la reacción con el DPPH, cada uno de los antioxidantes empleados mostró una

cinética de reacción distinta, este tipo de comportamiento mantiene una estrecha relación con la estructura de la molécula antioxidante y estequiometría esto es efecto de la cantidad de hidrógenos libres en los grupos hidroxilos.

El trolox tiene un cinética lenta de actividad antirradical, el α -tocoferol tiene una velocidad de reacción intermedia a rápida con una estequiometría de 0.5, reduciendo dos moléculas \bullet DPPH, sin embargo, solo tiene un grupo hidroxilo disponible por lo que se sugiere que ocurre una dimerización y el nuevo compuesto podría reducir una segunda molécula de \bullet DPPH, y en contraste el ácido ascórbico es de cinética rápida, en la cuál reaccionan dos moléculas de \bullet DPPH por cada molécula de ácido ascórbico (Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995). Mediante esta técnica se determina la concentración de compuestos antioxidantes a través de la equivalencia con los diversos estándares sugeridos; no obstante, existen técnicas adicionales en las cuales se reportan: porcentaje de inhibición que corresponde a la cantidad de DPPH estabilizado por el antioxidante y la concentración de muestra para que reaccione el 50% de los radicales libres (IC50).

Tabla 3.20. Poder antioxidante mediante técnica DPPH de las muestras evaluadas.

Producto	μ moles de equivalentes de trolox/g de muestra*	μ moles de equivalentes de α -tocoferol/g de muestra*
Amaranto	243963.4	14345.1
Bebida T3	216362.1	12748.9
Alimento Fermentado	199413.7	11765.5
Análogo de queso	199078.0	11746.0

*Cada una de las determinaciones representa la media de triplicados con un CV < 2%.

En el amaranto hay una diversidad de compuestos bioactivos con actividad antioxidante y se muestra en la Tabla 1.7, se puede discutir a grosso modo péptidos bioactivos, escualeno y ácidos grasos insaturados: linoleico que representa aproximadamente 50 %, oleico, y en menor proporción linolénico, se reporta también presencia de Vitamina C o ácido ascórbico, flavonoides, betalaínas. Lo anterior contribuye a los valores expresados en la Tabla 3.20, que establecen una relación proporcional ya que entre mayor concentración de compuestos antioxidantes presentes en la muestra se visualizará una mayor reducción del compuesto \bullet DPPH a DPPH el cual tiene una coloración amarilla y finalmente se cuantificará como más

equivalentes del antioxidante, según Venskruonis & Kraujalis en 2013 reporta que lo que mayor impacto tiene en la capacidad antioxidante en el amaranto son las vitaminas, betalainas y los polifenoles. Los péptidos bioactivos reportan actividad antioxidante en aislados de proteína por lo que se pone en duda que este tipo de moléculas tengan impacto en los resultados de la Figura 3.22. Los compuestos antioxidantes del amaranto presentan un comportamiento similar al trolox en tanto que tiene la misma cinética, y una tendencia a disminuir, por otro lado, respecto al queso se puede notar que tiene un valor similar al del alimento fermentado.

En el caso del α -tocoferol hay una mayor capacidad antioxidante en el amaranto, la bebida representa un 89% de ese valor mientras que el alimento fermentado y el análogo de queso presentan un 82% del valor total, se puede concluir que la almendra no tiene una contribución significativa en la actividad antioxidante total sí se encuentra sin la piel ya que los compuestos residen en esta parte (Bolling, Dolnikowski, Blumberg, & Chen, 2010). Otra posibilidad es que la proporción empleada de amaranto es baja y las almendras logran igualar la actividad con la aportación de las almendras, se ha reportado que son fuente de: tocoferoles: α , δ y γ (enlistados con base en la concentración), arginina y lisina, así como la presencia de flavonoides y ácidos grasos insaturados siendo el oleico (omega 9) y linoleico (omega 6) los más abundantes (Kristbergsson, 2016).

De acuerdo con la Tabla 3.20 se sabe con certeza que hay compuestos antioxidantes en los productos desarrollados, pese a ello, no se sabe con exactitud cuáles son o cuál de todos ellos tiene una mayor contribución.

3.11 COSTEO DE PRODUCTOS ELABORADOS Y ETIQUETADO NUTRIMENTAL.

El etiquetado de los alimentos proporciona información sobre los ingredientes empleados para elaborarlo y sí se presenta un riesgo el consumo, asimismo se presenta la información nutrimental del aporte energético por porción y cuántas de éstas existen por envase, de modo que con toda esta información el consumidor idealmente podrá tomar una decisión concienzuda sobre la adquisición de productos. En las Figuras 3.8 a la 3.13 se muestran la información nutrimental y los ingredientes seguidas del etiquetado frontal, las cuales fueron elaboradas considerando como base la Norma Mexicana “Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y

sanitaria” (NOM-051-SCFI/SSA1-2010) y el “Manual de etiquetado frontal nutrimental” sin embargo se hace que aún no se realiza la cuantificación de vitaminas y azúcares de los productos, finalmente la cantidad de grasa saturada se calculó considerando información bibliográfica.

En la Figura 3.9 se muestra la información nutrimental y declaración de ingredientes de la bebida de amaranto. Se consideró la recomendación de consumo del SMAE para bebidas vegetales, es decir un equivalente que corresponde a 240 mL o una taza, y por envase habrá contenidas aproximadamente 4 porciones. Por un equivalente de bebida de amaranto se están ingiriendo 87.4 kcal del cual el 76% son hidratos de carbono.

INFORMACIÓN NUTRIMENTAL	
Tamaño de la porción 1tza (240 mL)	
Porciones por envase Aprox 4	
Contenido energético	365.7 kJ (87.4 kcal)
Proteínas	3.7 g
Lípidos	0.6 g, de las cuales 0.2 g de grasa saturada
Hidratos de carbono	16.8 g, de los cuales
Fibra dietética	10.4 g
Sodio	4.7 mg
Calcio 2.2 %*	Magnesio 17.0 %*
Fósforo 0.9 %*	Hierro 0.3%*
Cobre 7.4%*	Zinc 1.9%*
*Los porcentajes de VNR (Valor Nutrimental de Referencia) están basados en las recomendaciones ponderales de la NOM-051-SCFI/SSA1-2010	

Ingredientes: Amaranto, azúcar.

Figura 3.8. Información nutrimental e ingredientes de la bebida de amaranto (Formato adaptado de NOM-O51-SCFI-2010).

Para el etiquetado frontal se consideraron los valores de referencia de una población sana, tomados del Manual publicado por COFEPRIS en 2016, en el cual se indica que el consumo diario de grasa saturada no debe ser mayor a 200 kcal y 400 kcal en el caso de otras grasas

las cuales se entienden como la diferencia obtenida las grasas totales menos la saturada, mientras que para el sodio la recomendación es no consumir más de 2000 mg. De acuerdo con la Figura 3.10, el porcentaje de los nutrimentos diarios que aporta la bebida de amaranto es menor al 1%

Se realizó un estimado del costo de un litro del producto sin considerar el envase de este, el precio mínimo de venta es de \$14.10 en el cual se obtiene una ganancia bruta del 60% y el precio ideal de venta es de \$28.30 con una ganancia bruta del 80%.

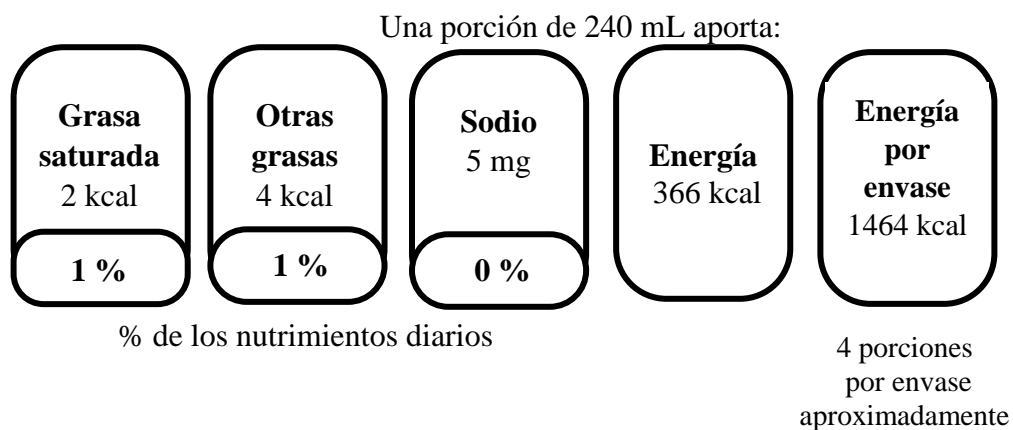


Figura 3.9. Etiquetado frontal para bebida elaborada a partir de amaranto. (Formato adaptado de COFEPRIS).

El producto existente en el mercado con un mayor parecido al alimento fermentado desarrollado es el yogurt bebible, por lo que tomo como base para calcular todo aquello representado en la Figura 3.11, de acuerdo con la SMAE, el equivalente para el yogurt bebible natural es de 250 mL y este es el volumen del envase. De las 47.3 kcal reportadas, el 60% estuvo proporcionado por los hidratos de carbono y el restante correspondió a proteínas.

Por otro lado, en la Figura 3.12 se muestra el etiquetado frontal, las anteriores se elaboran con base en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 y considerando los valores de referencia reportados por COFEPRIS, el porcentaje del aporte energético del alimento fermentado es del 0% para las grasas saturadas y otras grasas, para el caso del sodio los 16.6 mg representan el 1% del consumo recomendado

Una presentación de 250 mL tendría un precio mínimo de venta de \$1.80 con una ganancia del 60% y deberá tener un precio ideal de venta de \$3.60 considerando una ganancia del 80%

INFORMACIÓN NUTRIMENTAL	
Tamaño de la porción 1tza (250 mL)	
Porciones por envase 1	
Contenido energético	314.6 kJ (75.2 kcal)
Proteínas	3.6 g
Lípidos	0.0 g, de las cuales 0.0 g de grasa saturada
Hidratos de carbono	15.2 g, de los cuales
Fibra dietética	6.8 g
Sodio	16.6 mg
Calcio 1.7 %*	Magnesio 15.8%*
Fósforo 1.4%*	Hierro 6.5%*
Cobre 7.7%*	Zinc 6.8%*
*Los porcentajes de VNR (Valor Nutricional de Referencia) están basados en las recomendaciones ponderales de la NOM-051-SCFI/SSA1-2010	

Ingredientes: Amaranto y cultivos lácticos

Figura 3.10. Información nutricional e ingredientes de alimento fermentado elaborado con amaranto. (Formato adaptado de COFEPRIS).

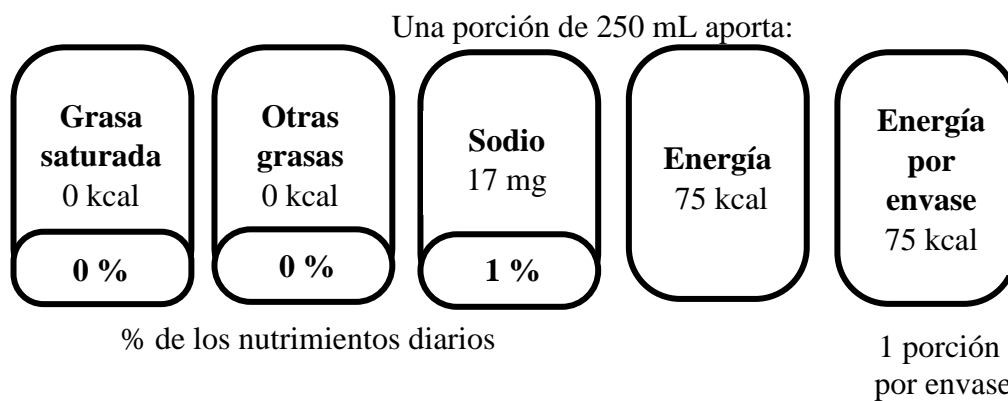


Figura 3.11. Etiquetado frontal para alimento fermentado. (Formato adaptado de COFEPRIS).

INFORMACIÓN NUTRIMENTAL	
Tamaño de la porción 1tza (50 g)	
Porciones por envase 8	
Contenido energético	301.66 kJ (72.1 kcal)
Proteínas	3.8 g
Lípidos	2.0 g, de las cuales 0.5 g de grasa saturada
Hidratos de carbono	10.2 g, de los cuales
Fibra dietética	6.3 g
Sodio	51.3 mg
Calcio 3.2%*	Magnesio 12.8%*
Fósforo 3.6 %*	Hierro 10.8 %*
Cobre 32.3%*	Zinc 51.1 %*
*Los porcentajes de VNR (Valor Nutricional de Referencia) están basados en las recomendaciones ponderales de la NOM-051-SCFI/SSA1-2010	

Figura 3.12. Información nutricional y declaración de ingredientes de análogo de queso. (Formato adaptado de COFEPRIS).

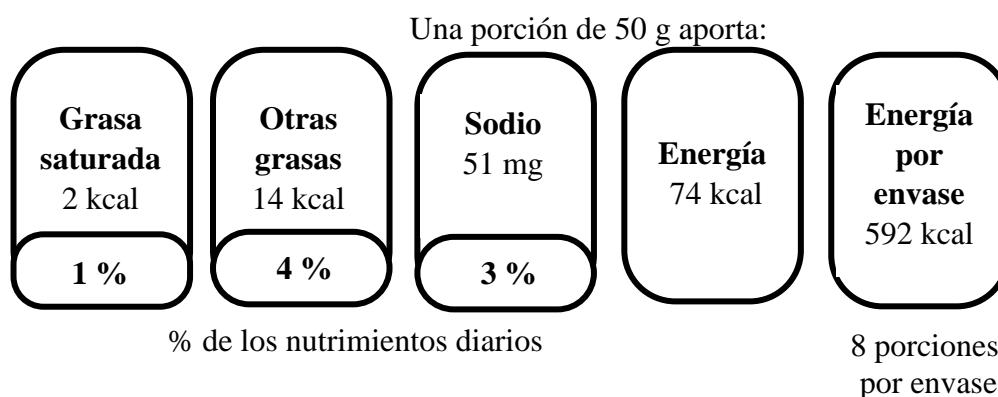


Figura 3.13. Etiquetado frontal de análogo de queso. (Formato adaptado de COFEPRIS).

Se consideró un volumen de 400 g para la presentación del análogo del queso. Asimismo, en la Figura 3.13 se encuentra la información nutrimental del análogo de queso, así como los ingredientes empleados para elaborar este producto. En la Figura 3.14 se muestra el etiquetado frontal de este producto, respecto a lo declarado en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010. La porción de queso fresco es de 50g de acuerdo con la SMAE. Una presentación de 400 g tendría un precio mínimo de venta de \$50.90 pesos teniendo una ganancia de 60% y si la ganancia es del 80% el precio ideal de venta es de \$101.80.

CONCLUSIONES

De acuerdo con las pruebas de calidad realizadas al amaranto con base en la NMX-FF-114-SCFI-2009 el grano empleado en esta investigación es perteneciente a la Clase 1. Por lo que el lote de amaranto perteneciente a esta clasificación debe estar libre de excretas de insectos, con un contenido de impurezas clasificables y fluidizables dentro del intervalo de referencia en adición, el contenido de proteína y la humedad no deben superar los límites establecidos y finalmente no presentar indicios de formación de peróxidos

Se evaluaron tres tratamientos para obtener una bebida elaborada a partir de semilla de amaranto y se obtuvo una cantidad de proteína con diferencia significativa menor al 2% y con bajo contenido de sólidos menor al 10%. El tratamiento 3 fue aquel que obtuvo un mayor contenido de proteína, 1.57% de proteína y con base en las pruebas de nivel de agrado y ordenamiento fue la predilecta, en adición es la que mayor rendimiento total, sólidos y de proteína obtiene.

La adición de carragenina no logró estabilizar la bebida obtenida por el tratamiento, ya que se observó el asentamiento de casi la totalidad de los sólidos (90%) en la bebida.

Se logró obtener un alimento líquido fermentado usando la bebida obtenida por el tratamiento 3 como medio de cultivo para inocular los probióticos *Lactobacillus delbrueckii spp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, con un pH final de 4.5, 0.3% de acidez total, 0.950 nm de absorbancia de O. D_{600nm} y una cuenta total de 1×10^8 UFC/mL. El alimento fermentado tiene un contenido de proteína de 1.46%.

Se desarrollo un análogo de queso empleando la bebida desarrollada por el tratamiento 3, harina de amaranto, se empleó almendra para hacer una complementación proteínica. Este producto tuvo un contenido de 7.7% de proteína, el cual es alto comparado con quesos vegetarianos. Al menos el 50 % del análogo de queso fue agua y una quinta parte correspondió a hidratos de carbono de los cuales más del 60 % fue fibra dietética.

Se cuenta con valores cuantitativos que evidencia el poder antioxidante del amaranto, bebida, alimento fermentado y análogo de queso. Del mismo modo se conoce el contenido de polifenoles, y se encontró que al menos el 10% del total permanece en los productos desarrollados.

Se desarrollaron tres productos a partir de amaranto: bebida, alimento fermentado y análogo de queso. A pesar que la bebida no tiene valores de proteína superiores a muestras comerciales como coco, soya, sí es superior a la bebida de arroz y avena, y semejante a la de almendra. Por otro lado, se evidenció en esta investigación que hay presencia de compuestos con capacidad antioxidante en todos los productos los cuales se asocian a un efecto positivo en la salud. En adición, el contenido de proteína del análogo de queso es superior a muestras comerciales vegetarianas. En los tres productos se mostró un alto contenido de fibra con un efecto benéfico en la salud intestinal. Finalmente, los productos mostraron un contenido bajo de lípidos, en consecuencia, tuvieron una baja densidad calórica.

PERSPECTIVAS

Elaborar el alimento fermentado inoculando otro microorganismo, el cual pueda hidrolizar con mayor rapidez el almidón presente en la bebida de amaranto.

Evaluar la supervivencia de los cultivos *Lactobacillus delbrueckii spp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* en el alimento fermentado de modo que pueda ser considerado un alimento con probióticos.

Realizar el análisis sensorial del alimento fermentado y del análogo de queso, de igual forma obtener una formulación que agrade a los consumidores.

Realizar el perfil de vitaminas y aminoácidos del amaranto, bebida, alimento fermentado y análogo de queso para así poder complementar la información del etiquetado.

Complementar el perfil mineral de los productos, ya que aún se desconocer que otros minerales contribuyen de forma significativa.

ANEXOS

ANEXO I. CUESTIONARIO PARA EVALUACIÓN SENSORIAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



Edad: _____

Género: ___F___M

1.- ¿Con qué frecuencia consume bebidas vegetales?

___Diario ___Dos veces por semana ___Una vez por semana ___Dos veces al mes

2.- ¿Cuál de las siguientes bebidas es de su preferencia?

Soya___ Arroz___ Otra___

Almendra___ Coco___ Macadamia___

Frente a usted tiene tres bebidas de amaranto, por favor observe detenidamente y pruebe cada una de ellas yendo de izquierda a derecha. Indique el nivel de agrado de cada uno de los atributos de ellas.

3.- ¿Cómo calificaría el color de las bebidas respecto a la siguiente escala?

Muestra	Me disgusta mucho	Me disgusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta mucho
323					
512					
891					

4.- ¿Cómo calificaría el olor en cada una de las bebidas?

Muestra	Me disgusta mucho	Me disgusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta mucho
323					
512					
891					

5.- ¿Cómo calificaría la textura (viscosidad, sólidos, separación de fases) de las bebidas?

Muestra	Me disgusta mucho	Me disgusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta mucho
323					
512					
891					

6.- ¿Cómo calificaría el sabor (Intensidad, resabio, dulzor)?

Muestra	Me disgusta mucho	Me disgusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta mucho
323					
512					
891					

7.- ¿Cuál de las bebidas presentadas de modo general sabe mejor?

Muestra	Me disgusta mucho	Me disgusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta mucho
323					
512					
891					

8.- Ordene de mayor a menor (1-3) según su preferencia, escribiendo en el recuadro el número 1 aquel que más le agradó.

CÓDIGO	ORDEN
323	
512	
891	

9.- ¿Usted compararía el producto?

Sí _____ No _____ ¿Por qué? _____

10.- ¿Cuánto pagaría por un Litro del producto evaluado?

\$19-25	\$25-30	\$30-40
---------	---------	---------

ANEXO II. CURVAS DE CALIBRACIÓN DPPH

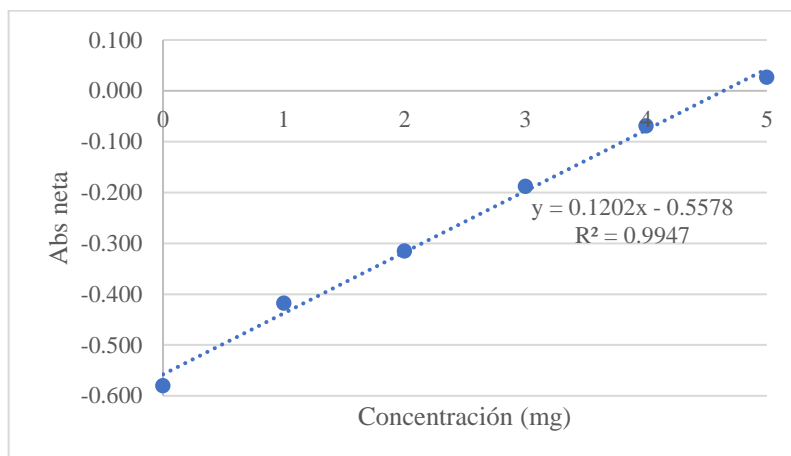


Figura 4.1. Curva de calibración del trolox

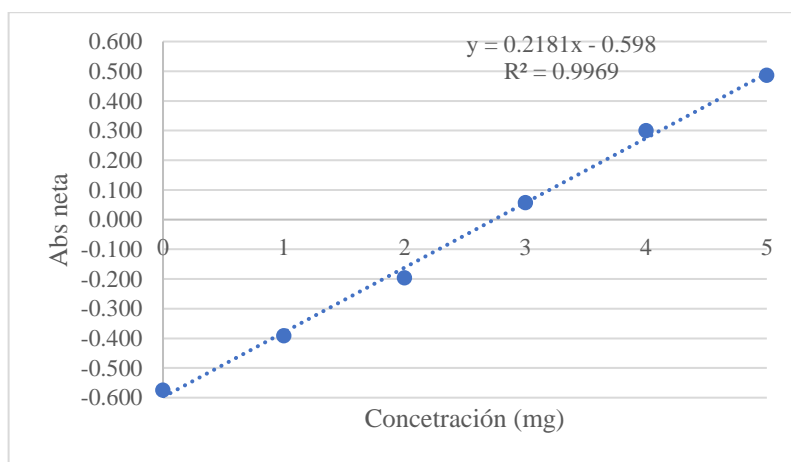


Figura 4.2. Curva de calibración del α -tocoferol

BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C.1990. Official Methods of Analysis. American of Official Analytical Chemists.N
14va. Edición Inc. Washington, D.C
- A.O.A.C.2012 Official Methods of Analysis. American of Official Analytical Chemists.N
19va. Edición Inc. Washington, D.C
- Adams, M. R., & Nout, M. J. R. (2001). *Fermentation and Food Safety*. Maryland. Aspen
Publishers. Capítulo 1
- Ai, J., Li, A. L., Su, B. X., & Meng, X. C. (2015). Multi-Cereal Beverage Fermented by
Lactobacillus Helveticus and Saccharomyces Cerevisiae. *Journal of Food Science*, 80,
M1259–M1265.
- Aluko, R. E. (2012). *Functional Foods and Nutraceuticals*. Nueva York. Springer. Capítulo
1-4
- Alvarez, L., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010). Nutritive value of pseudocereals and their
increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science and Technology*,
21(2), 106–113.
- Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010b). Nutritive value of pseudocereals
and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science and
Technology*, 21(2), 106–113.
- Araya, H., & Lutz, M. (2003). Alimentos funcionales y saludables. *Revista Chilena de
Nutrición*, 30(1), 8–14.
- Arendt, E., Dal Bello, F.,2011. Gluten-Free Cereal Products and Beverages. Oxford.
Editorial American Press. Capítulo 7
- Aroon, J. (2017).Vegan cheese: simple, delicious plant-base recipies. New York. Norton.
Capítulo 5
- Ávila, L. (2015). Diagnóstico y manejo de la alergia a la leche de vaca.*Revista Alergia
México*, 52(5), 206-215

Bachmann, H. P. (2001). Cheese analogues: A review. *International Dairy Journal*, 11(4–7), 505–515.

Barba de la Rosa, A. P., Fomsgaard, I. S., Laursen, B., Mortensen, A. G., Olvera-Martínez, L., Silva-Sánchez, C., De León-Rodríguez, A. (2009). Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as an alternative crop for sustainable food production: Phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality. *Journal of Cereal Science*, 49(1), 117–121.

Bejosano, F. P., & Corke, H. (1998). Protein Quality Evaluation of Amaranthus Wholemeal Flours and Protein Concentrates. *Journal of Science and Food Agriculture*, 76(1991), 100–106.

Belitz, H.D. y Grosch, W. (2009). *Food Chemistry*. Berlín. Springer. Capítulo 15.

Belton, P. y Taylor, J. (2002). Pseudocereals and less common cereals. Grain properties and utilization potential. Berlín. Springer. Capítulo 7

Bernat, N., Chafer, M., Chiralt, A., & Gonzalez-Martinez, C. (2014). Vegetable milks and their fermented derivative products. *International Journal of Food Studies*, 3(April), 93–124.

Bianchi, F., et.al., 2014. Potentially synbiotic fermented beverage with aqueous extracts of quinoa (*Chenopodium quinoa* wild) and soy. *Food Science and Technology International*, 21, 403-415

Bolling, B. W., Dolnikowski, G., Blumberg, J. B., & Chen, C. Y. O. (2010). Polyphenol content and antioxidant activity of California almonds depend on cultivar and harvest year. *Food Chemistry*, 122(3), 819–825.

Bordin, c. C. D., naves, m. M. V., bordin, c. C. D., & naves, m. M. V. (2015). Hydrolyzed collagen (gelatin) decreases food efficiency and the bioavailability of high-quality protein in rats. *Revista de Nutrição*, 28(4), 421–430.

Boye, J. I. (2015). *Nutraceutical and functional food processing technology*. Oxford. Willey Blackwell. Capítulo 1 y 8.

Brown, C (2004). *Understanding Food: Principles and Preparation*. Second edition.

California. Wadsworth Publishing.

CODEX STAN 283-1978. Norma general del codex para el queso.

Crowe T. D. & White P. J. (2001). Adaptation of the AOCS Official Method for Measuring Hydroperoxides from Small-Scale Oil Samples. *Journal of the American Oil Chemical Society*. 78, 2, 1267-1269.

Das, S. (2016). *Amaranthus: A promising crop of future*. Singapur. Springer. Capítulo 1-5.

Denny, A., & Buttriss, J. (2005). *Synthesis Report No 4 : Plant Foods and Health : Focus on Plant Bioactives*. Norwoch. EuroFIR Project Management Office/British Nutrition Foundation 2007. Capítulo 2 y 3

Escudero Álvarez, E., & González Sánchez, P. (2006). La fibra dietética. *Nutricion Hospitalaria*, 21(SUPPL. 2), 61–72.

Etherton, P. M., Lefevre, M., Beecher, G. R., Gross, M. D., Keen, C. L., & Etherton, T. D. (2004). Bioactive compounds in nutrition and health-research methodologies for establishing biological function: The Antioxidant and Anti-inflammatory Effects of Flavonoids on Atherosclerosis. *Annual Review of Nutrition*, 24(1), 511–538.

Fernández, E. F., Hernández, J. A. M., Suárez, V. M., Villares, J. M. M., Yurrita, L. R. C., Cabria, M. H., & Rey, F. J. M. (2015). Documento de Consenso: Importancia nutricional y metabólica de la leche. *Nutricion Hospitalaria*, 31(1), 92–101.

Frias, J., Martinez-Villaluenga, C., & Peñas, E. (2017). *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*. Londres. Elsevier. Capítulo 1-4, 14 y 17.

Gil, Á. (2010). Bases Fisiológicas y Bioquímicas de la Nutrición. *Tratado de Nutrición*. México. Editorial Médica Panamericano. Tomo I , capítulo 9. Tomo II, capítulo 1 y 15

Gilbert, J., & Şenyuva, H. Z. (2009). *Bioactive Compounds in Foods*. *Bioactive Compounds in Foods*. Singapur. Blackwell Publishing. Capítulo 1.

- Gimeno, E. (2004). Compuestos fenólicos. *Ámbito Farmaceutico Nutrición*, 23(6), 80–84.
- Gonz, M., Miranda, R., & Botello, E. (2018). Perfil sensorial de quesos análogos elaborados con almendra (*Prunus dulcis*), 3, 387–393.
- González, R., Tosi, E., Ré, E., Añón, M. C., Pilosof, A. M. R., & Martinez, K. (2007). Amaranth starch-rich fraction properties modified by high-temperature heating. *Food Chemistry*, 103(3), 927–934.
- Guinee, T. P. (2011). Cheese: Cheese Analogues. *Encyclopedia of Dairy Sciences: Second Edition*, 814–821.
- Haros, C., Schoenlechner R., 2017. *Pseudocereals*. Chemistry and Technology. Oxford. Editorial Wiley Blackwell. Capítulo 1, 3-9
- Herrera, F. (2014). Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad; péptidos biológicamente activos. *Nutricion Hospitalaria*, 29(1), 10–20.
- Instituto Nacional de Desarrollo Social. (2014). Manual para la producción de Amaranto. Cultivo, cosecha y post cosecha. *Puente a La Salud Comunitaria*, (109), 1–12.
- James, C., 1999. *Analytical Chemistry of Foods*. Maryland. Aspen Publication.
- Janssen, F., Pauly, A., Rombouts, I., Jansens, K. J. A., Deleu, L. J., & Delcour, J. A. (2017). Proteins of Amaranth (*Amaranthus* spp.), Buckwheat (*Fagopyrum* spp.), and Quinoa (*Chenopodium* spp.): A Food Science and Technology Perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 39–58.
- Jiménez, F. (2013). Emulsiones múltiples; compuestos bioactivos y alimentos funcionales. *Nutricion Hospitalaria*, 28(5), 1413–1421.
- Kocková, M., Dilongová, M., Hybenová, E., & Valík, L. (2013). Evaluation of cereals and pseudocereals suitability for the development of new probiotic foods. *Journal of Chemistry*. 2013, 1-8.
- Kocková, M., Mendel, J., Medve, A., Ernest, Ď. O. V. Á., & Ubomír, Š. L. (2013). Cereals and pseudocereals as substrates for growth and metabolism of a probiotic strain

- Lactobacillus rhamnosus GG. *Journal of Food and Nutrition Research* .52(1), 25–36.
- Kristbergsson, K. (2016). *Functional Properties of Traditional Foods*. New York. Springer. Capítulo 3 y 13
- Küster, I., & Vidal, I. (2017). Consumer attitudes in the election of functional foods. *Spanish Journal of Marketing - ESIC*, 21, 65–79.
- Kwok, K.-C., & Niranjana, K. (1995). Review: Effect of thermal processing on soymilk. *International Journal of Food Science & Technology*, 30(3), 263–295.
- Laurrabaquio, A. (2016). Alergia a proteínas de la leche de vaca en centros de salud de México y Cuba. *VacciMonitor*. 25(3), 84–88.
- Lowry, O., Rosebrough, N., Farr, A., y Randall, R., 1951. *The Journal of Biological Chemistry* 193: 265-275.
- Madigan M.T, Martinko J.M., Stahl D and Clark D.P (2010). *Brock Biology of microorganisms*. 13th edition. Oxford. Pearson. Capítulo 3-5.
- Mäkinen, O. E., Wanhalinna, V., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2016). Foods for Special Dietary Needs: Non-dairy Plant-based Milk Substitutes and Fermented Dairy-type Products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 339–349.
- Marko, A., Rakická, M., Mikušová, L., Valík, I., & Šturdík, E. (2014). Lactic acid Fermentation of Cereal Substrates in Nutritional Perspective Research in Chemistry and Environment Lactic acid Fermentation of Cereal Substrates in Nutritional Perspective. *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, 4 (4), 80-92.
- Mart, A. M. P. (2013). Alergia a Proteínas De Leche De Vaca. *Protocolos de diagnóstico terapéuticos en pediatría*, (1), 51–61.
- Matias, N. S., Bedani, R., Castro, I. A., & Saad, S. M. I. (2014). A probiotic soy-based innovative product as an alternative to petit-suisse cheese. *LWT - Food Science and Technology*, 59(1), 411–417.
- Montet, D., Ray, R. (2016). *Fermented Foods Part I: Biochemistry and Biotechnology*. Florida. CRC Press. Capítulo 6-8

Mustafa, A. F., Seguin, P., & Gélinas, B. (2011). Chemical composition, dietary fibre, tannins and minerals of grain amaranth genotypes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(7), 750–754.

Nielsen S.,2003. Food Analysis Laboratory Manual. Nueva York. Plenum Publisher.

NMX-FF-114-SCFI-2009. GRANO DE AMARANTO (*Amaranthus* spp.). Para uso y consumo humano-especificaciones y métodos de ensayo.

NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria.

NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2013). *Consulta de expertos de Evaluación de la calidad de la proteína de la dieta en nutrición humana*. Granada. FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2013). *Probióticos en los alimentos Propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación*. Roma. FAO.

Pascual, A., Méndez, A., Segarra, Ó., Espin, B., Jiménez, S., Bousoño, C., & Díaz, J. J. (2018). Manejo de la alergia a proteína de leche de vaca por los gastroenterólogos españoles. *Anales de Pediatría*, (xx).

Prajapati, J. B., & Nair, B. M. (2008). *The history of fermented foods. Handbook of fermented functional foods*.Florida. CRC Press.Capítulo 1 y 2.

Perez, A., Palacios, B.,Castro, A. (2014). Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes. Cuarta edición.CDMX. Cuadernos de nutrición

Pineli, L., et. al.,2014. Low glycemic index and increased protein content in a novel quinoa milk. *Food Science Technology*, 63,1261-1267.

Phillips, G.,Williams, P. (2009). Starch. *Handbook of Hydrocolloids: Second Edition*. Florida. CRC Press.Capítulo 4.

Rossel, M., & Araya, M. (2011). Alergia alimentaria en la infancia. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 22(2), 184–189.

Serra, J. D. (2015). Errores dietéticos en el lactante: las bebidas vegetales (parte 1), 73(8), 195–202.

Sethi, S., Tyagi, S. K., & Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9), 3408–3423.

Tierno, R., Hornero, D., Gallardo, L., López, R., & Ruiz, J. (2015). Effect of boiling on the total phenolic, anthocyanin and carotenoid concentrations of potato tubers from selected cultivars and introgressed breeding lines from native potato species. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41, 58–65.

Venskutonis, P. R., & Kraujalis, P. (2013). Nutritional Components of Amaranth Seeds and Vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(4), 381–412.

Walstra, P., Wouters, J., & Geurts, T. (2009). *Dairy science and technology*. Second edition. Florida. CRC Press. Capítulo 2.

Zhang, H., & Cai, Y. (2014). *Lactic acid bacteria: Fundamentals and practice*. *Lactic Acid Bacteria: Fundamentals and Practice*. Ámsterdam. Springer. Capítulo 2

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

De Lucia, M., Assennato D., 1993. *La ingeniería en el desarrollo. Manejo y método de granos postcosecha*. [En línea] Disponible en:

<http://www.fao.org/docrep/x5041s/x5041S00.htm#Contents> [Último acceso el 23 de septiembre de 2018].

El Financiero. 2016. *Leches vegetales le quieren comer el mandado a la de vaca*. [En línea] Disponible en:

<http://www.elfinanciero.com.mx/empresas/leches-vegetales-le-quieren-comer-el-mandado-a-la-de-vaca> [Último acceso el 21 de septiembre de 2018].

Excelsior, 2016. *Crece mercado de las leches vegetales; no sustituyen a la de vaca, alertan*. [En línea] Disponible en:

<https://www.excelsior.com.mx/nacional/2016/10/23/1123956> [Último acceso el 21 de septiembre de 2018].

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, 1985. *Amino-acid content of foods and biological data on proteins*. [En línea]. Disponible en:

<http://www.fao.org/docrep/005/AC854T/AC854T00.htm#TOC> [Último acceso el 21 de septiembre de 2018].

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, 2013. *Año internacional de la quinua*.

http://www.cinu.mx/minisitio/Quinua_2013/brochure_Quinua.pdf [Último acceso el 21 de septiembre de 2018].

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, 2016. *Cereales, raíces feculentas y otros alimentos con alto contenido de carbohidrato*. [En línea] (Actualizado 22 de octubre de 2002). Disponible en:

<http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0u.htm#TopOfPage> [Último acceso el 21 de septiembre de 2018].

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, 1981. *Contenido en aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas* [En línea] Disponible en:

<http://www.fao.org/docrep/005/AC854T/AC854T00.htm#TOC> [Último acceso el 21 de septiembre de 2018].

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, 2013. *Milk and dairy products in human nutrition* [En línea] Disponible en:

<http://www.fao.org/docrep/018/i3396e/i3396e.pdf> [Último acceso el 21 de septiembre de 2018].

Organización Mundial de la Salud, 2018. *Obesidad y Sobrepeso*. [En línea] Disponible en:

<http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. [Último acceso el 21 de septiembre de 2018]

Organización Mundial de la Salud, 2011. *Estrategia Mundial OMS sobre Régimen Alimentario, Actividad Física y Salud*. [En línea] Disponible en:

https://www.paho.org/mex/index.php?option=com_docman&view=document&layout=default&alias=655-estrategia-mundial-oms-sobre-regimen-alimentario-actividad-fisica-y-salud-2&category_slug=documentos-ops-y-oms&Itemid=493 .[Último acceso el 21 de septiembre de 2018]

Peralta, C., et.al. 2011. *Conceptos y parámetros de calidad para el grano de amaranto (Amaranthus spp.)*[En línea] Disponible en:

[http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/PAR%C3%81METROS%20DE%20CALIDAD%20AMARANTO%20\(1\).pdf](http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/PAR%C3%81METROS%20DE%20CALIDAD%20AMARANTO%20(1).pdf) [Último acceso el 21 de septiembre de 2018].

SIAP, 2017. *Atlas agroalimentario*. [En línea] Disponible en:

<http://online.pubhtml5.com/clsi/ibhs/> [Último acceso el 21 de septiembre de 2018]

Soriano, M.,2006. *Nuevo proceso de elaboración y estabilización de un producto nutritivo de amaranto*. [En línea] Disponible en:

<https://patents.google.com/patent/WO2008056967A1/es?inventor=GARC%C3%8DA+Manuel+SORIANO> [Último acceso el 21 de septiembre de 2018]