



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

***“DESARROLLO DE ATOLES INSTANTÁNEOS A BASE DE AVENA:
GARBANZO”***

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA

NARMI GRISEL OLIVARES SÁNCHEZ



CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX

2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



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: M en C. Lucia Cornejo Barrera
Vocal Dra. Iliana Elvira González Hernández
Secretario: M en C. Argelia Sánchez Chinchillas
1er Suplente Q.A. Verónica García Saturnino
2do Suplente M en C. Jeanette Adriana Aguilar Navarro

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Laboratorio 4-C, Edificio A, Departamento de Alimentos y Biotecnología y Bioterio del Conjunto E de la Facultad de Química.

ASESOR

M en C. Lucia Cornejo Barrera

SUSTENTANTE

NARMI GRISEL OLIVARES SÁNCHEZ

INDICE	Página
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	
2.1 Historia de la avena.....	3
2.2 Características botánicas	4
2.3 Estructura morfológica	5
2.4 Producción	7
2.4.1 Producción Mundial	7
2.4.2 Producción Nacional	7
2.5 Composición Química	9
2.5.1 Proteínas.....	9
2.5.2 Lípidos.....	11
2.5.3 Hidratos de carbono	12
2.5.4 Vitaminas y nutrimentos inorgánicos.....	13
2.6 Industrialización de la avena	15
2.7 Historia del Garbanzo	17
2.7.1 Características botánicas	18
2.7.2. Producción	19
2.7.2.1 Producción mundial	19
2.7.2.2 Producción Nacional	19
2.8 Composición Química	21
2.8.1 Proteínas	22
2.8.2 Lípidos	23
2.8.3 Hidratos de Carbono	23

2.8.4 Vitaminas y nutrimentos inorgánicos	25
2.9 Factores tóxicos y antinutrimientales	26
2.10 Calidad proteínica	28
2.11 Métodos para evaluar la calidad de las proteínas	29
2.11.1 Métodos biológicos que se basan en el incremento de peso de los animales	30
2.11.1.2 Relación de Eficiencia Proteínica (REP)	30
2.11.1.3 Relación Neta de la Proteína (RNP).....	31
2.11.2 Métodos biológicos que se basan en el balance de nitrógeno.....	32
2.11.2.1 Digestibilidad de una proteína mediante un método <i>in vivo</i>	32
2.12 Atole	32
2.12.1 Patrón de consumo de atole en México	33
2.13 Vida de anaquel y pruebas de envejecimiento acelerado	36
2.13.1 Pruebas de envejecimiento acelerado ASLT	37
2.14 Aditivos alimentarios	38
2.14.1 Colorantes	38
2.14.2 Saborizantes	38
2.14.3 Edulcorantes	39
III. OBJETIVOS	40
3.1 Objetivo general	40
3.2 Objetivos específicos	40
IV. METODOLOGÍA	41
4.1 Diagrama General	41
4.2 Selección de las materias primas	42

4.3 Acondicionamiento de las materias primas	42
4.4 Análisis bromatológico a las materias primas	42
4.5 Determinación de contenido de hierro total	43
4.6 Determinación de calcio: titulación con permanganato de potasio	46
4.7 Ensayo biológico	49
4.7.1 Elaboración de dietas	49
4.7.2 Determinación de proteína en la dieta.....	52
4.7.3 Determinación de la Relación de Eficiencia Proteínica (REP)	52
4.7.4 Determinación de la Relación de Proteína Neta (RNP)	54
4.7.5 Determinación de la digestibilidad de una proteína mediante un método <i>in vivo</i>	56
4.8 Desarrollo de las formulaciones para los atoles	58
4.8.1 Evaluación sensorial.....	60
4.9 Pruebas de envejecimiento acelerado (ASLT)	63
4.9.1 Medición de pH	65
4.9.2 Medición de acidez	66
4.9.2.1 Determinación del tiempo de vida útil en las formulaciones	67
4.9.3 Determinación de Humedad (secado en termobalanza)	68
4.9.4 Volumen de sedimentación	69
4.9.5 Estabilidad al calor	70
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
5.1 Análisis bromatológico de las materias primas, determinación de hierro y calcio	71

5.2 Calidad proteínica de las mezclas harina de: caseína, avena, garbanzo y avena; garbanzo (50:50 proteína), mediante métodos biológicos REP, RNP y Digestibilidad aparente	73
5.3 Desarrollo de formulaciones para elaborar los atoles instantáneos	77
5.4 Análisis sensorial	78
5.5 Análisis bromatológico de las formulaciones finales	81
5.6 Pruebas fisicoquímicas y microbiológicas	83
5.6.1 Determinación de pH.....	83
5.6.2 Determinación de la humedad.....	84
5.6.3 Volumen de sedimentación	85
5.6.4 Prueba de estabilidad al calor	86
5.6.5 Pruebas microbiológicas	87
5.6.6 Vida de anaquel	89
6.0 Etiqueta nutrimental del producto terminado	90
VI. CONCLUSIONES	93
VII. BIBLIOGRAFÍA	95
VIII. ANEXO 1	104
VIII. ANEXO 2	105
VIII. ANEXO 3	112
VIII. ANEXO 4	122
VIII. ANEXO 5	123

Esta tesis forma parte del proyecto PAPIME PE 203210 “Desarrollo y validación de métodos biológicos empleados en la determinación de la calidad nutrimental de un alimento, basados en ganancia de peso corporal, balance de nitrógeno y energía y su biodisponibilidad”

I. INTRODUCCION

Dentro de los beneficios que ofrecen los alimentos de origen vegetal se encuentran las proteínas, hoy en día existe una gran gama de productos alimenticios que se elaboran a partir de ellas. La composición de las proteínas de origen vegetal tiene la desventaja de presentar deficiencias en algún aminoácido indispensable. Sin embargo el mejoramiento de la calidad de estas proteínas se puede lograr por medio de distintas estrategias, una de las cuales es a través de la complementación. Este método consiste en la mezcla de dos o más alimentos pertenecientes a diferentes grupos, como el caso de un cereal y una leguminosa de manera que los aminoácidos presentes en cada alimento se puedan compensar entre sí con los aminoácidos deficientes en el otro y así obtener una proteína de mejor calidad.

En cuanto a los cereales, se conoce que México es un importador neto de avena, siendo Chihuahua el principal estado productor de avena en grano. Su uso principal es dirigido al consumo humano, principalmente en forma de hojuelas. Su valor nutrimental es reconocido debido a que es el cereal con mayor contenido proteínico y de aminoácidos indispensables, además de aportar fibra dietética, vitaminas y nutrimentos inorgánicos.

En la última década, la producción y el uso de la avena se ha extendido como forraje en el país debido a que la comercialización de la avena se ve afectada por la poca demanda de este cereal para consumo humano. La dieta del mexicano no incluye el consumo regular de este cereal por la falta de información en cuanto a su composición nutrimental, lo que ha ocasionado que no se le dé mayor importancia al desarrollo de este cultivo en el país.

Respecto a las leguminosas, México es uno de los países con mayor superficie dedicada a la producción de garbanzo después del frijol. El garbanzo posee un contenido proteínico más bajo que otras leguminosas, pero su proteína es una de las que presenta mayor digestibilidad. Al igual que las demás leguminosas las semillas de garbanzo poseen un alto contenido de hidratos de carbono, en relación

a los ácidos grasos los garbanzos presentan niveles más altos en comparación con otras leguminosas (Peña & Levio, 1993).

Por lo anterior se decidió llevar a cabo el desarrollo de un nuevo producto alimenticio, conocido en México como “Atole” de origen prehispánico. En su forma original, es una cocción azucarada de harina de maíz en agua de tal forma que resulta con una viscosidad característica.

Para el desarrollo del nuevo producto alimenticio en este proyecto se modificó la formulación clásica del atole empleando una mezcla de avena – garbanzo. Se corroboró la complementación proteínica al evaluar la calidad de la mezcla mediante ensayos biológicos como la relación de la eficiencia proteínica (REP), la relación neta de la proteína (RNP) y la digestibilidad aparente. Además se llevó a cabo el desarrollo de las bebidas en tres distintos sabores: fresa, vainilla y chocolate. Se realizó un análisis bromatológico para determinar la composición del producto final así como el contenido de dos nutrimentos inorgánicos: hierro y calcio. Finalmente, se estimó la vida de anaquel del producto, se determinó el nivel de agrado mediante una evaluación sensorial y se midieron algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

II. ANTECEDENTES

2.1 Historia de la avena

Los cereales han constituido desde el descubrimiento de la agricultura el ingrediente más importante de la alimentación de la humanidad. El origen de su nombre proviene de la diosa de la agricultura “Ceres”. Se considera que los cereales son la base de las grandes civilizaciones, constituyendo una de las primeras actividades agrícolas humanas que forjaron una forma de alimentación constante, alrededor de la cual la actividad humana podía organizarse.

Las investigaciones arqueológicas han demostrado que la avena se introdujo como cultivo en Europa central, debido a los cambios climáticos que ocurrieron 1000 años a.C. con algunas condiciones muy desfavorables en el Norte y Oeste de Europa; la avena pudo tolerar estos cambios mejor que la cebada o el trigo (Mendoza & Calvo, 2010).

La avena como cultivo se introdujo en América del Norte en el siglo XVI por los primeros colonos; así en la década de 1780 George Washington dedicó una importante extensión de tierras a su cultivo. A principios del siglo XIX, toda la harina de avena disponible en EUA procedía de Escocia y Canadá, la cual se vendía en jarras de vidrio en farmacias, recomendándose como producto para mareos y estados de debilidad. Sin embargo, durante el siglo XIX en EUA se desarrolló la molienda de la avena a través del establecimiento de grandes compañías cerealistas. De esta manera la harina de avena se comenzó a vender como alimento en tiendas al por menor (Dendy & Dobraszcyk, 2001).

En 1877 se registró una marca comercial con el símbolo de un hombre vestido de cuáquero por un pionero de la Compañía de Avena Quaker. Al principio, esta compañía comercializó la avena más como una marca que como un producto alimenticio.

Este cereal se ha utilizado tanto para alimentación animal como para la alimentación humana y para la industria ganadera. Sin embargo, los cambios agrarios, industriales, así como la mayor disponibilidad de los trigos importados, hicieron que comenzara a descender el consumo de avena en los siglos XVIII y XIX, lo que condujo a cambios graduales en la dieta humana. De esta manera el trigo sustituyó en parte a la avena y otros cereales. El descenso del consumo humano de avena continuó durante el siglo XX. No obstante, en los años posteriores y en la actualidad la avena constituye el principal cereal sembrado en regiones europeas considerándose uno de los principales alimentos en la dieta (Welch & Mc Connell, 1995).

2.2 Características botánicas

La avena es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas. El género contiene unas 25 especies distribuidas por las regiones templadas frías de todo el mundo, que comprende varias especies cultivadas y no cultivadas algunas de las cuales se consideran malas hierbas.

En el campo, la mayoría de las avenas cultivadas son hexaploides. Principalmente se cultivan dos especies: avena común *Avena sativa* (avena blanca o amarilla), cuya clasificación taxonómica se muestra en la Tabla 1 y la *Avena bizantina* (avena roja).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Avena sativa*

Reino	Plantae
División	<i>Magnoliophyta</i>
Subdivisión	<i>Pteropsida</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Subclase	<i>Monocotiledonea</i>
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Tribu	<i>Aveneae</i>
Género	<i>Avena</i>
Especie	<i>A. sativa</i>

(Matz, 1991)

Una característica importante que distingue a la *A. sativa* de otras muchas especies de avenas silvestres es que *A. sativa* no despoja o expulsa el grano de la espiga durante la maduración. Esto constituye una característica esencial de las domesticaciones y el cultivo de cereales.

2.3 Estructura morfológica

En cuanto a la planta, ésta es anual, mide de 50 a 150 cm de altura y tiene las siguientes características:

- ✓ **Raíces:** tiene un sistema radicular potente, con raíces más abundantes y profundas que las de los demás cereales.
- ✓ **Tallos:** Son gruesos y rectos, pero con poca resistencia al vuelco. La longitud de estos puede variar de 0.5 m hasta 1.5 m.
- ✓ **Hojas:** Son planas y alargadas poseen un color verde azulado (en condiciones de estrés suelen aparecer tonalidades rojizas).
- ✓ **Flores:** Es un racimo de espiguillas de dos o tres flores de gran tamaño que envuelven normalmente a dos flores de diferente tamaño.
- ✓ **Fruto:** El fruto es en cariósipide, con las glumillas adheridas (Osca, 2001).

Como se muestra en la Imagen 1, el grano está rodeado por una cáscara externa que corresponde del 30 al 40% de la estructura del grano, ésta contiene fibra rica en sílice y lignocelulosa (la cual está contenida únicamente en los cereales como arroz, avena y cebada), proteínas, grasa, vitaminas y nutrimentos inorgánicos.

Cuando esta cáscara se remueve, queda el endospermo que está constituido por diferentes tejidos de almidón principalmente, el endospermo es el equivalente del 50 a 65% del peso del grano y además contiene otros hidratos de carbono, grasa, fibra soluble, un conjunto de proteínas llamado gluten, formado por gliadinas y gluteínas que le dan características de elasticidad.

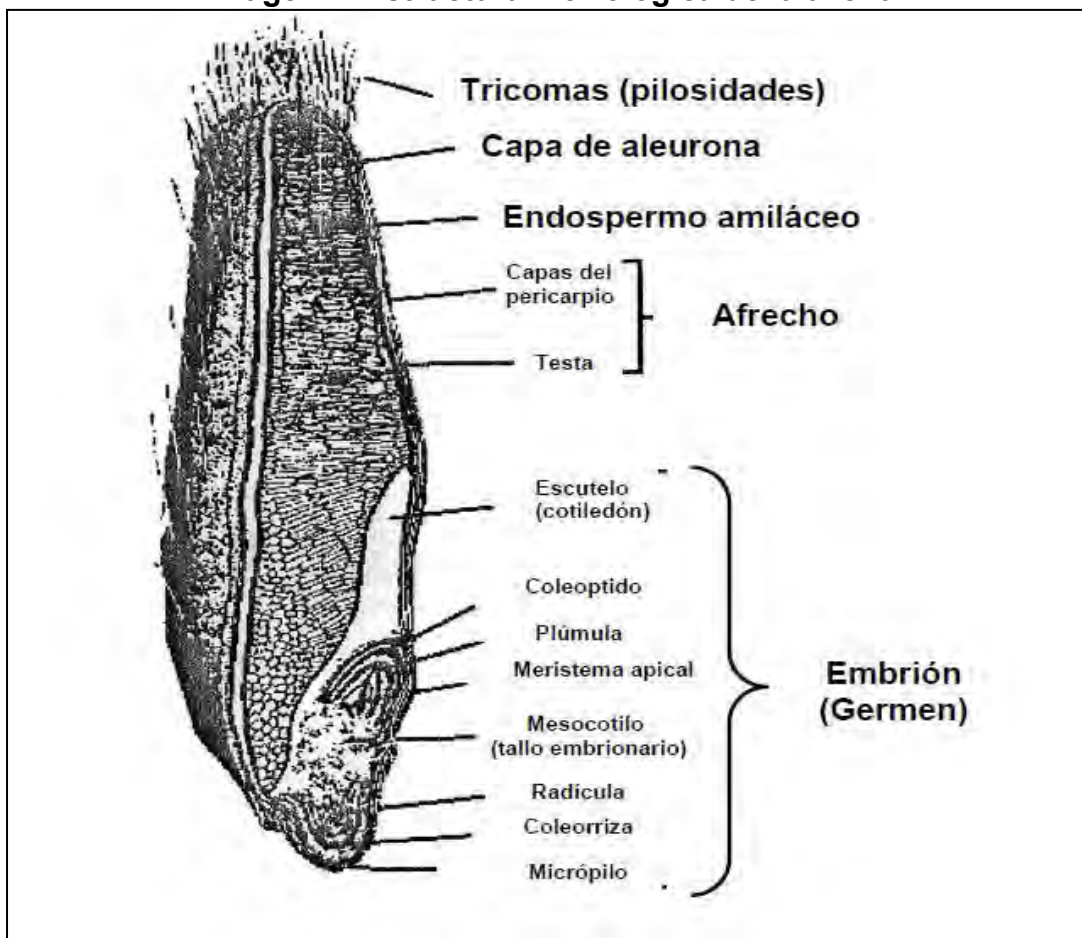
La otra parte del grano se llama germen o embrión, representa alrededor del 3 al 4% de su peso y está compuesto por proteínas de alto valor biológico, grasas insaturadas con ácidos grasos indispensables, antioxidantes y vitaminas. Sin embargo, la concentración y distribución de cada constituyente puede variar en

función de las condiciones ambientales del cultivo o de la variedad de la avena que se trate.

Se considera una planta de estación fría; las mayores áreas de producción se localizan en estos climas, ya que posee mayor resistencia al frío que la cebada y el trigo, aunque también se desarrolla bien en áreas de mesetas marginales húmedas (Manners, 1985).

En cuanto al suelo, la avena se adapta a terrenos muy diversos, prefiriendo los suelos profundos y arcillo-arenosos, ricos en cal pero sin exceso. Las necesidades hídricas de la avena son las más elevadas de todos los cereales de invierno.

Imagen 1. Estructura morfológica de la avena



(Bonillas, 2002)

2.4 Producción

2.4.1 Producción mundial

Como se observa en la tabla 2 en la producción mundial de cereales, la avena ocupa el sexto lugar después del maíz, trigo, arroz, cebada y sorgo, siendo el cereal de invierno de mayor importancia en los climas fríos del hemisferio norte.

Tabla 2. Producción mundial de los principales cereales (toneladas)

Cereal	2012	2013
Maíz	875,098,630	1,018,111,958
Trigo	674,098,372	715,909,258
Arroz	718,345,379	740,902,531
Cebada	132,350,224	143,959,778
Sorgo	58,098,158	62,295,137
Avena	20,974,945	23,880,997

(FAO, 2015)

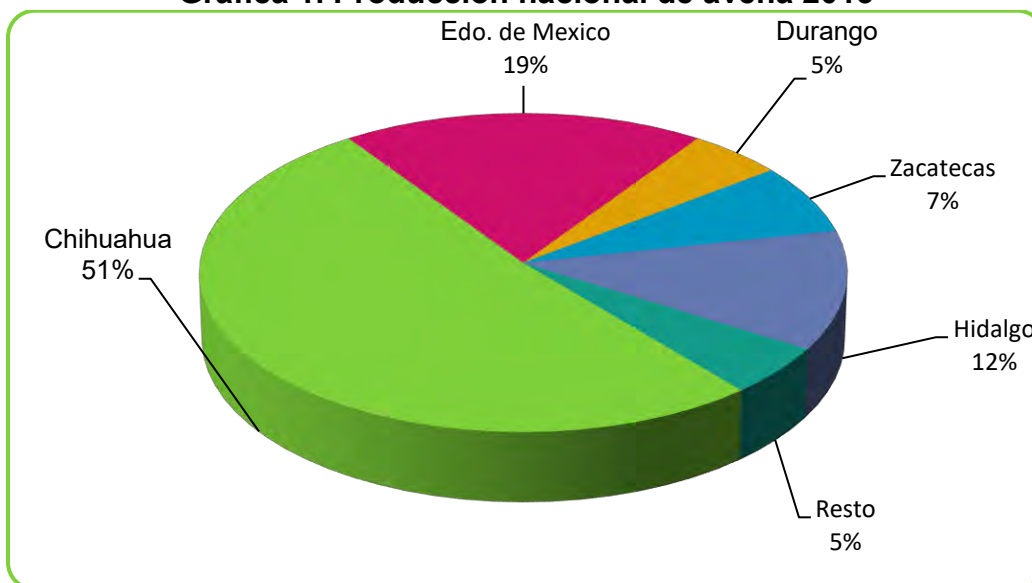
Los diez principales productores de este cultivo son Rusia en primer lugar, con 4,479,548 toneladas equivalentes al 20% de la producción mundial, el segundo lugar lo ocupa Canadá con un 13% de la producción, seguido de Polonia con un 7%; otros productores importantes de avena son Australia, Finlandia, Estados Unidos, Alemania, Suecia y Ucrania (FAO, 2015).

La participación de México en la producción mundial de avena en 2012 representó sólo 0.4% del volumen total de producción con 84,403 toneladas y el 1% de superficie cosechada (97,059 hectáreas), cifras que lo colocaron en el lugar 32 a nivel internacional. Para el año 2014, el volumen fue de 118 mil toneladas con un rendimiento de casi 2% (1.9 toneladas/ hectáreas).

2.4.2 Producción nacional

En México, tan sólo cinco estados produjeron el 88% de la producción nacional de avena en el 2015, como se muestra en la gráfica 1. Destaca el estado de Chihuahua que aportó el 51% de la producción, el Estado de México, Hidalgo, Zacatecas y Durango le siguen en importancia.

Gráfica 1. Producción nacional de avena 2015



(SAGARPA, 2015)

La producción de avena ha disminuido en comparación con el año 2010, debido al incremento de otros cultivos como maíz, trigo y arroz. En México, la avena representó solo el 0.7% del consumo, con un consumo per cápita de 2 kg al año. En la tabla 3 se muestra la producción de avena en México en los últimos años. Se espera que para años posteriores se incentive la siembra y producción de este cultivo en el país esperándose un incremento en la producción.

Tabla 3. Producción de avena en toneladas/año

Año	2011	2012	2013	2014	2015
Chihuahua	65,296	16,757	53,077	57,227	47,717
Estado de México	19,143	16,848	17,711	16,604	17,974
Durango	8,420	1,074	786.00	2,951	4,693
Zacatecas	5,244	4,815	4,896	4,843	6,319
Hidalgo	7,989	7,212	5,484	4,670	11,271
Resto	5,033	3,874	2447.58	4,754	11,365
Nacional	111,126	50,872	84,403	91,049	93,020

(SIAP, 2016)

2. 5 Composición química

Como cualquier producto natural, la avena varía en la composición debido a diferencias en el genotipo o a las condiciones ambientales. En cuanto a las diferencias del genotipo se incluyen las variaciones entre los cultivares de invierno y primavera, así como las diferencias entre las variedades individuales. Por otro lado, algunas variaciones en relación a la composición pueden derivar de las diferencias en las condiciones de cosecha y almacenamiento, tratamiento postcosecha o condiciones a las que se someten los granos durante el procesamiento (Martínez & Calvo, 2010).

La avena provee una gran cantidad de nutrimentos, proporcionando energía, vitaminas, nutrimentos inorgánicos y una distribución equilibrada de aminoácidos con respecto a las necesidades del ser humano (Martínez & Calvo, 2010) en la tabla 4, se muestra la composición química de la avena y de la harina de avena.

Tabla 4. Composición química de la avena entera y la harina de avena

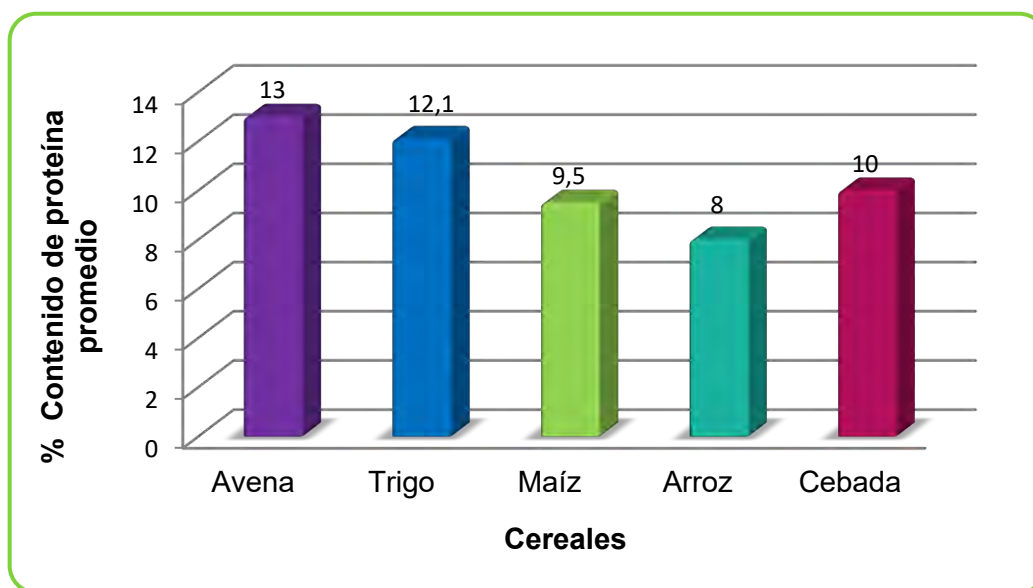
Componente (g/100g)	Avena entera	Harina de avena
Agua	2	13
Proteína	16.89	15
Lípidos totales	6.9	6.4
Hidratos de carbono	66.27	55.7
Cenizas	1.7	1.40
Fibra	1.2	8.5
Energía (kcal/ kJ)	378 / 1581	334 /1396

(Mataix, et al., 2003)

2.5.1 Proteínas

La avena es única entre los cereales desde el punto de vista de la nutrición, ya que su proporción de proteína es superior a la de otros cereales. En la gráfica 2, se muestra el contenido de proteína en porcentaje presente en diferentes cereales:

Gráfica 2. Contenido de proteína promedio en diferentes cereales.



(SIAP, 2016)

La distribución de las proteínas en la avena es diferente a la de otros cereales, la clase predominante son las globulinas (55%); estas proteínas aportan la mayor cantidad de lisina siendo insolubles en agua pura. Las proteínas llamadas glutelinas son solubles en ácidos o bases diluidos, constituyendo entre el 20 a 25% en la avena. Las albúminas representan aproximadamente el 11% del grano, son proteínas solubles en agua y su solubilidad no se ve afectada por variaciones en la concentración salina, además de que tienden a coagular con el calor. Finalmente, las prolaminas que son proteínas solubles en alcohol, constituyen solamente entre el 10 a 15% de las proteínas totales, a este tipo de proteínas se les llama aveninas (Gil, 2010).

Los cereales contienen todos los aminoácidos indispensables, pero presentan deficiencia en algunos de ellos. Como se puede ver en la tabla 5, el contenido de lisina en la avena es el más alto entre los cereales y es muy cercano al patrón de referencia de la FAO.

Tabla 5. Perfil de aminoácidos indispensables de algunos cereales (g/ 16 g de N)

Aminoácido	Avena Entera	Harina de avena	Trigo	Maíz	Cebada	FAO*
Lisina	3.7	3.8	2.9	2.7	3.5	5.5
Histidina	2.1	2.3	2.3	2.7	2.1	-
Arginina	6.3	6.3	4.6	4.2	4.7	-
Treonina	3.3	3.3	2.9	3.6	3.3	4.0
Valina	5.1	5.1	4.4	4.8	5.0	5.0
Metionina	1.7	1.7	1.5	1.9	1.7	3.5
Isoleucina	3.8	3.8	3.3	3.7	3.6	4.0
Leucina	7.3	7.3	6.7	12.5	6.7	7.0
Fenilalanina	5.0	5.0	4.5	4.9	5.1	6.0
Triptófano	1.3	1.3	1.1	0.7	1.5	1.0

*Patron de referencia de aminoácidos de la FAO-OMS (1985)
(Pellet & Young, 1990)

2.5.2 Lípidos

Los lípidos se dividen en apolares y polares (60 a 70% y 30 a 40% respectivamente, en todos los granos de cereales), pueden estar libres o unidos a estructuras como el almidón. Los constituyentes mayoritarios son los triacilgliceroles en la fracción apolar, los glucolípidos y fosfolípidos en la polar. La avena es reconocida por su contenido de lípidos los cuales se encuentran principalmente en el endospermo 100 g de avena cubren un tercio de las necesidades diarias de ácidos grasos indispensables.

Los ácidos grasos insaturados representan del 72 a 85% mientras que los ácidos grasos saturados constituyen del 11 al 26% del total.

En la tabla 6 se muestra que el ácido graso mayoritario poliinsaturado en la avena es el ácido linoleico, que constituye del 40 al 45% de los ácidos grasos totales, seguido por el ácido oleico (monoinsaturado) que constituye del 25 al 30%. En relación a los ácidos grasos saturados, el de mayor aporte es el del ácido palmítico que constituye entre el 15 y 18%.

Tabla 6. Principales ácidos grasos en avena

Ácido graso	(g/100 g)
Saturados	1.217
Láurico(12:0)	0.024
Mirístico(14:0)	0.015
Palmítico (16:0)	1.034
Esteárico (18:0)	0.065
Monoinsaturados	2.178
Palmitoleico (16:1)	0.013
Oleico (18:1)	2.165
Poliinsaturados	2.535
Linoleico (18:2)	2.424
Linolénico (18:3)	0.111

(Muller, 1991)

2.5.3 Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono constituyen el nutriente más abundante en la avena entera, incluida la cascarilla; contiene aproximadamente un 52% de hidratos de carbono. Debido a la estructura del grano de la avena sus hidratos de carbono se asimilan fácilmente y se absorben con lentitud, proporcionando energía después de varias horas de ser ingeridos. Dentro de los principales hidratos de carbono en la avena se encuentra el almidón, la fructosa y los mucilagos (Miquel, 2004).

Cabe mencionar, que la avena es uno de los cereales con mayor contenido de fibra como lo muestra la tabla 7:

Tabla 7. Fibra en los principales cereales

Cereales	Avena	Arroz	Maíz	Cebada	Trigo
Fibra(g/100 g)	10.3	6	2.7	17	10 g

(Joseph, 2002)

La fibra insoluble que aporta la avena es de 5.2 g/100 g esta se encuentra formada principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. Algunas de las funciones y beneficios que se le han atribuido al consumo de fibra en la avena son:

- ✓ Disminuir el tiempo que los alimentos tardan en atravesar el sistema digestivo y lo mantiene funcionando de manera regular.
- ✓ Reducir el riesgo de cáncer intestinal.
- ✓ Desplazar alimentos con mayor contenido de grasa en la dieta.

Por otra parte la fibra soluble presente en la avena es de 5.1 g/100 g de avena, la cual se distingue de la insoluble por su tendencia a absorber y retener agua. En esta clasificación se incluyen las gomas, los mucílagos y las pectinas. Entre las funciones y beneficios que aporta la fibra de avena se encuentra:

- ✓ Promover la salud cardiovascular al reducir las concentraciones de colesterol en la sangre.
- ✓ Mantener la glucosa y regular la cantidad insulina disminuyendo la velocidad de la digestión y la absorción de hidratos de carbono en el cuerpo.
- ✓ Auxiliar en la reducción de la presión arterial (Martinez H., 2000).

2.5.4 Vitaminas y nutrimentos inorgánicos

Las vitaminas y nutrimentos inorgánicos de la avena se encuentran concentrados tanto en la semilla como en el salvado, por lo que el consumo de productos elaborados con el grano entero es altamente recomendable.

Los cereales constituyen una buena fuente de vitaminas del grupo B, la niacina (B₃) es mayoritaria, seguida del ácido pantoténico (B₅), la tiamina (B₁), la piridoxina (B₆), y la riboflavina (B₂). Además, la avena es una fuente moderada de ácido fólico, como se muestra en la tabla 8. La distribución de las vitaminas en el grano no es uniforme; la vitamina B₃ se concentra en la capa de aleurona, así como la vitamina B₆ en la capa de aleurona y germen; la vitamina B₂ y B₅ se encuentran distribuidas en todo el grano (Moller, 2006).

Tabla 8. Contenido de vitaminas en la avena y sus productos

Vitaminas (mg/100 g)	Avena Entera	Avena descascarillada	Cascarilla
Tiamina	0.72	0.77	0.15
Riboflavina	0.17	0.15	0.16
Niacina	1.51	0.97	1.04
Piridoxina	0.29	0.12	-
Ácido pantoténico	0.78	1.36	-
Ácido fólico	-	0.06	-
Tocoferoles	2.98	1.20	-

(Matz, 1991)

En la tabla 9, se muestra el contenido de los nutrimentos inorgánicos del grano de avena, que se localizan de forma mayoritaria en la semilla y el salvado. La cascarilla tiene hasta 30% de cenizas que son ricas en sílice. Los nutrimentos inorgánicos más abundantes son el fósforo y el potasio seguidos por el magnesio. La avena también aporta una cantidad considerable de hierro (Bushuk & Larter, 1980).

Tabla 9. Contenido de nutrimentos inorgánicos en la avena

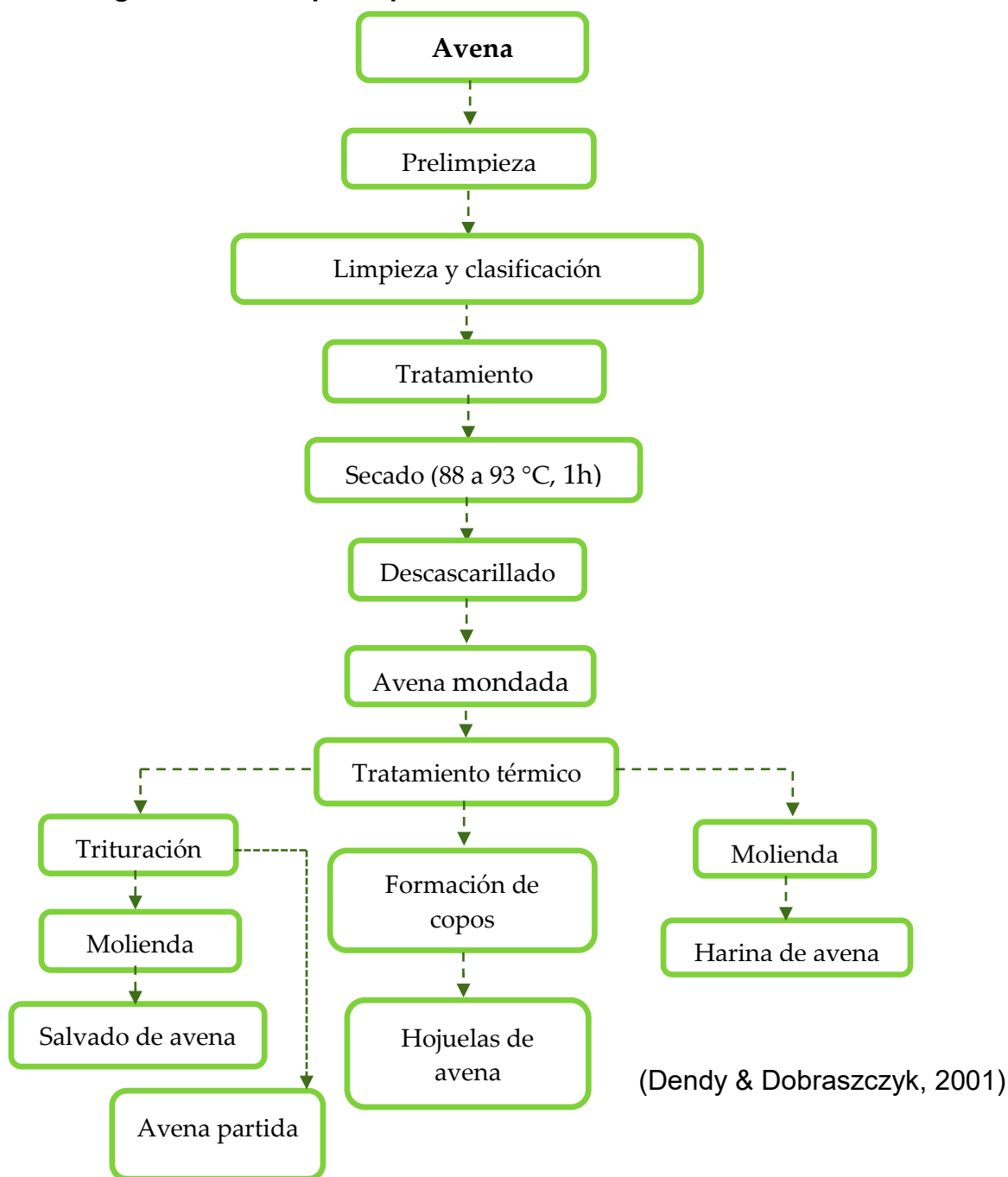
Nutrimentos inorgánicos (mg/ 100g)	Avena entera	Harina de avena
Sodio (Na)	2	9
Potasio (K)	429	350
Calcio (Ca)	54	52
Magnesio (Mg)	177	110
Fósforo (P)	523	380
Hierro (Fe)	4.72	3.8
Cobre (Cu)	0.63	0.49
Zinc (Zn)	3.97	3.3
Manganeso (Mn)	4.92	3.9

(Mataix, et al., 2003)

2.6 Industrialización de la avena

Se sabe que la mayor parte de la avena se consume como cereal para desayuno, en forma de hojuelas. En el diagrama 1 se muestran las principales operaciones en la industrialización de la avena.

Diagrama 1. Principales pasos en la industrialización de la avena



✓ **Prelimpieza**

El propósito de la limpieza preliminar de la avena es remover cualquier tipo de objeto que pueda dañar la descascarilladora o rodillos, asegurando que se eliminen materias extrañas de gran tamaño tales como trozos de metal, piedras y otras impurezas del campo (Garde, 2006).

✓ **Limpieza y clasificación**

Para mejorar la eficacia de la molienda, la avena se clasifica en distintas fracciones según su tamaño: avena corta, avena de tamaño mediano y avena larga. Cada una tiene su tipo y tamaño de impurezas recibiendo un tratamiento de limpieza selectivo; en donde se utilizan cribas automáticas las cuales trabajan en función del grosor que está relacionado con el peso del grano y de la longitud.

✓ **Tratamiento térmico, secado y enfriado**

El siguiente paso es someter a la avena a un tratamiento térmico, a través del cual las lipasas son inactivadas en unos cuantos minutos a una temperatura de 90 a 100 °C con una humedad no menor al 12%. El siguiente paso en la industrialización de la avena es, por tanto, el secado y enfriado. Durante el secado que dura aproximadamente una hora, se elimina de 3 a 5% de humedad a una temperatura de 88 a 93 °C para obtener una humedad final de 7 al 10%.

✓ **Descascarillado**

El descascarillado se realiza por impacto, y la abrasión resultante provoca la separación de las cáscaras y los granos mondados. De esta forma se desprenden las semillas limpias.

✓ **Corte y laminado**

La avena en hojuelas constituye el principal producto final; éstas se producen al someterla a una alta presión mediante rodillos que giran en sentidos opuestos.

El grano de avena produce hojuelas muy grandes que son difíciles de manipular, almacenar y empacar; debido a esto, la avena es cortada en dos o cuatro piezas uniformes por grano de avena. Finalmente, las hojuelas pasan a través de tamices, donde las partículas finas producidas durante el laminado son removidas. Al mismo tiempo se lleva a cabo un enfriamiento con corrientes de aire para reducir el contenido final de humedad a 10%.

✓ **Productos**

Aunque la avena en hojuelas es el principal producto final, algunos productores también procesan harina de avena, la cual se utiliza principalmente como alimento para bebés o en cereales de desayuno. Otros productos que se derivan de la avena son: harina de avena, salvado de avena, pasta de avena, cascarilla de avena, almidón de avena y harina de avena instantánea (Klaus, 1991).

GARBANZO

2.7 Historia del garbanzo

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es conocido desde la antigüedad en la agricultura de la cuenca del Mediterráneo, en el sureste de Asia y en la India; es originario de la zona suroeste de Turquía limitante con Siria (Gordillo, 1992).

Su nombre es de origen latín, y deriva de la palabra pre-indogermánica *Kickere*, utilizada por las tribus antiguas de Grecia. La mayoría de los nombres utilizados para denominar al garbanzo en otras lenguas se derivan de la palabra *Cicer* (pois chiche en Francia, kicherbse o kicher en Alemania, chickpea en países sajones, Bengal Gram, Dhal, Gram, Egyptian pea, Garbanzo bean). La palabra *arietinum* proviene del griego *Krios*, que significa carnero y garbanzo, aludiendo a la forma de la semilla (parecida a la del carnero Aries).

La llegada de esta leguminosa a nuestro continente se remonta al siglo XV cuando los españoles y portugueses lo introdujeron en América Central y Sudamérica; se

señala que fue introducido por Cristóbal Colon en su segundo viaje, haciendo los primeros cultivos en Las Antillas, pero estos cultivos no prosperaron debido a las condiciones climáticas desfavorables. Lo contrario ocurrió cuando fue cultivado en México, debido a que las condiciones ambientales fueron favorables para su expansión, donde actualmente constituye un producto de gran importancia.

2.7.1 Características botánicas

En la tabla 10 se muestra la clasificación taxonómica del garbanzo. Existen tres variedades de garbanzos que difieren por su localización geográfica; entre los más cultivados se encuentran: desi, kabuli y gualabi.

Tabla 10. Clasificación taxonómica del garbanzo

Reino	Plantae
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Fabaceae</i>
Tribu	<i>Cicereae</i>
Género	<i>Cicer</i>
Especie	<i>Cicer arietnum</i>

(Mendoza & Calvo, 2010)

Actualmente, la variedad kabuli es la que se cultiva en México, generalmente en temporada otoño-invernal de dos tipos: blanco lechoso y mexicano. El primero se caracteriza por tener un grano de gran tamaño, parejo y de coloraciones claras, este tipo de garbanzo es demandado por el mercado externo. El segundo tipo es de color crema, representa casi el 80% de producción debido a la disponibilidad de la semilla, así como su resistencia al frío.

El ciclo del garbanzo puede completarse en un periodo comprendido entre 90 y 180 días, dependiendo de las condiciones climáticas. Si las condiciones de humedad y temperatura son óptimas, la germinación se produce con rapidez (Robles, 1990).

2.7.2 Producción

2.7.2.1 Producción mundial

Como se observa en la tabla 11 el garbanzo es la segunda leguminosa en importancia en el mundo después del frijol y la primera en la región mediterránea.

Tabla 11. Producción mundial de las principales leguminosas

Leguminosas	Toneladas en 2013
Frijol	22,806 139
Garbanzo	13,118 698
Lentejas	4, 975 621
Habas	3, 503 299

(FAO, 2015)

El garbanzo ha sido un grano altamente consumido en el continente asiático a tal grado que en esa región se encuentra concentrada cerca del 85% de la producción mundial y aproximadamente el 60% de las importaciones de garbanzo (FAOSTAT, 2007).

El principal productor de garbanzo es la India con una producción mundial del 68% con 700 000 toneladas, seguido de países como Australia con un 5.95% con 673,371 toneladas, Turquía, Etiopía, Irán, Pakistán, Canadá y Estados Unidos.

La participación de México a nivel mundial ha ido en aumento: en el 2014 fue el doceavo país con una producción de 171 665 toneladas (SAGARPA, 2014), cifras que lo colocan como uno de los mayores exportadores junto con Australia, Turquía, Canadá e Irán, que en conjunto cubren el 85% de las exportaciones.

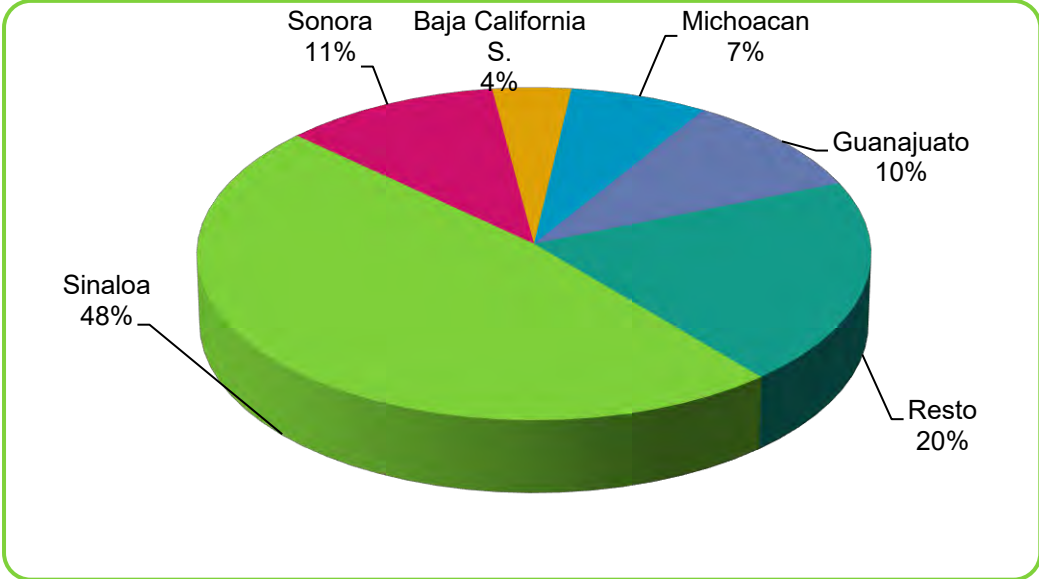
2.7.2.2 Producción nacional

Actualmente, el garbanzo se ha convertido en un cultivo de suma importancia en varios estados de la República Mexicana, representa una fuente importante de proteínas en la alimentación humana y animal, ya que el garbanzo que resulta inadecuado para el consumo humano se utiliza como forraje para animales domésticos.

La mayor importancia del cultivo estriba en el beneficio social que aporta al medio rural mexicano, se estima que aproximadamente el 95% de la superficie nacional sembrada con garbanzo es de variedades generadas en el país, de la cual la mayor parte se destina al comercio internacional (Padilla, 2007).

En la gráfica 3 se puede observar que en la región noroeste de México los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur son los que aportan más del 90% de la producción total del país, además de los estados de Guanajuato y Michoacán que se localizan en la zona del bajo, la cual es adecuada para el cultivo del garbanzo debido a las condiciones climatológicas.

Grafica 3. Producción nacional de garbanzo (2015)



(SAGARPA, 2015)

A continuación, se muestra en la tabla 11 el incremento en la producción de garbanzo en los estados más representativos en México. Durante el periodo de 2012 a 2015 hubo un incremento nacional en la producción de esta leguminosa, siendo el año 2013 el de mayor incremento de la producción nacional.

Tabla 12. Producción de garbanzo en toneladas/año

Año	2011	2012	2013	2014	2015
Sinaloa	52, 679	8,660	191,507	122,247	103,645
Sonora	40, 963	32,894	54,403	65,671	24,197
Guanajuato	8,643	6,556	9,454	935	21,792
Michoacán	11,247	8,883	4,566	15,249	15,996
Baja California Sur	16,407	12,449	10,602	13,962	9,563
Resto	1,952	2,697	1,368	24,939	41,694
Nacional	131,894.89	72,142	271,893	243,001	216,887

(SAGARPA, 2015)

2.8 Composición química

El valor nutritivo de las leguminosas se atribuye fundamentalmente a su elevado contenido proteínico, aunque también son buenas fuentes de hidratos de carbono, lípidos, nutrimentos inorgánicos y vitaminas; en la tabla 13 se muestra la composición química del garbanzo (Martínez & Calvo, 2010).

Tabla 13. Composición química del garbanzo

Componente (g/ 100 g)	Garbanzo
Agua	8.40
Proteína	20.40
Lípidos totales	6.20
Hidratos de carbono	61.00
Fibra	5.00
Energía (kcal/ kJ)	381 / 1596

(Fidanza & Spiller, 1991).

2.8.1 Proteínas

Las leguminosas tienen un contenido importante de proteínas. Sin embargo, su contribución a la dieta no solo es importante por la cantidad, sino también por la calidad (Cubero & Moreno, 1993).

Las proteínas de las leguminosas se clasifican como proteínas de reserva o globulinas, que constituyen la mayor proporción y se encuentran en los órganos proteínicos; proteínas funcionales y estructurales, que son albúminas y glutelinas. Casi todas las leguminosas contienen un 70% de globulinas, un 10 a 20% de albúminas y un 10 a 20% de glutelinas.

Las proteínas del garbanzo son una buena fuente de todos los aminoácidos a excepción de triptófano y metionina como se puede ver en la tabla 14. Su contenido de lisina es particularmente alto. En general, el contenido de aminoácidos en el garbanzo es muy similar al contenido en el frijol, por lo que el aumento en el consumo de esta leguminosa en nuestro país es una excelente opción.

Tabla 14. Perfil de aminoácidos indispensables en diferentes leguminosas (mg/100 g leguminosa)

Aminoácido	Garbanzo	Lenteja	Soya	Frijol
Lisina	1376	1739	1466	1593
Histidina	531	662	1051	627
Arginina	1891	2101	3006	1257
Treonina	756	960	1603	878
Valina	913	1211	1995	1016
Metionina	209	194	525	234
Isoleucina	891	1045	1880	927
Leucina	1505	1847	3232	1685
Fenilalanina	1151	1266	2055	1154
Triptófano	174	231	532	223

(Berdaner, 2008)

2.8.2 Lípidos

El contenido de lípidos en las leguminosas en general es bajo. Para el garbanzo es de 5 g/100 g, como se muestra en la tabla 15, siendo los ácidos grasos predominantes los ácidos grasos polinsaturados, especialmente el linoleico (51.1%); además hay cantidades importantes de ácido oleico (35.4%) valor solo superado por las lentejas así como de ácido linolénico (1-27%). Esto hace que su consumo sea un factor de equilibrio alimentario para la mayoría de los habitantes de los países industrializados cuyo consumo de lípidos es excesivo. Entre los ácidos grasos saturados destaca el palmítico aunque en cantidades inferiores a las de otras leguminosas (Martínez & Maraculla, 1991).

Tabla 15. Perfil de ácidos grasos en distintas leguminosas (mg/ 100 g de porción comestible)

Ácidos grasos	Garbanzo	Alubia	Haba	Lenteja
Saturados	11.83	31.25	15.92	34.5
Mirístico (14:0)	1.3	0.22	0.6	0.85
Palmítico (16:0)	8.9	21.8	9.3	23.2
Esteárico (18:0)	1.6	4.7	4.9	4.6
Araquídico (20:0)	0.03	0.53	0.7	2.3
Behénico (22:0)	ND	2.9	0.42	2.7
Lignocérico (24:0)	ND	1.1	ND	0.85
Monoinsaturados	35.45	11.81	33.8	36.15
Palmitoleico (16:1)	0.05	0.21	ND	0.15
Oleico 18:1(9)	35.4	11.6	33.8	36.0
Poliinsaturados	52.8	57.2	48.5	22.2
Linoleico (18:2)	51.1	29.8	42.1	20.6
Linolénico (18:3)	1.7	27.4	6.4	1.6

(Sotelo, et al., 1987)

2.8.3 Hidratos de carbono

El garbanzo contiene de 52.4 a 70.9% de hidratos de carbono totales, siendo el almidón el principal componente. Como se observa en la tabla 16, el contenido de almidón en el grano entero varía de 37.3 a 55.8% con una relación amilosa: amilopectina de 30:70.

El resto de los hidratos de carbono del garbanzo están constituidos por los azúcares reductores y no reductores, así como fibra. El garbanzo contiene altas cantidades de rafinosa y estaquiosa en comparación con el frijol y lenteja. Debido a esto, muchos estudios han demostrado que estos oligosacáridos están involucrados en la producción de flatulencia en el hombre y en los animales.

Tabla 16. Contenido de hidratos de carbono en el garbanzo (g/100 g)

Almidón	54.9
Amilosa	31.8
Sacarosa	4.3
Rafinosa	1.0
Estaquiosa	2.8
Glucosa	0.1
Total de azúcares	13.1
Verbascosa	
Galactosil ciclitoles	4.9
Ciceritol	

(FAO, 2015)

En cuanto al contenido de fibra en el garbanzo, éste varía de 7.1 a 13.5%, siendo la celulosa y la hemicelulosa los principales componentes. En la tabla 17 se muestra el contenido de fibra dietética en el garbanzo (Gil, 2010).

Tabla 17. Contenido de fibra en el garbanzo (g/100 g)

Parámetro	Garbanzo
Fibra dietética total	9.6
Fibra soluble	2.0
Fibra insoluble	7.6

(Gil, 2010)

2.8.4 Vitaminas y nutrimentos inorgánicos

El garbanzo se caracteriza entre las leguminosas por su alto contenido de vitaminas hidrosolubles, en especial la tiamina y ácido fólico. El contenido de tiamina se encuentra en cantidades similares a las que aportan otras leguminosas y algunos productos de origen animal. Por su contenido de vitamina ácido fólico el garbanzo es un alimento muy recomendable en etapas como el embarazo o la lactancia. En la tabla 18 se muestra que el mayor aporte de vitaminas en garbanzo son las vitaminas liposolubles, siendo las principales la vitamina K1 que aporta 264 µg/100 g y la vitamina A que aporta 32 µg /100 g (Lopez, 2004) .

Tabla 18. Contenido de vitaminas en algunas leguminosas (mg/100 g en base húmeda)

Leguminosa Vitaminas	Garbanzos	Alubias	Lentejas	Habas
Tiamina	0.4	0.5	0.5	0.5
Ribloflavina	0.15	0.15	0.20	0.24
Niacina	4.3	5.9	5.6	4.9
Ácido Fólico (µg/100 g)	180	-	35	-
Equivalentes de retinol A (µg/100 g)	32	-	10	42
Acido Ascórbico C	4	-	3	4
Fitomenadiona K1 (µg/100g)	264	10	23	140

(Martinez H., 2000)

En cuanto a los nutrimentos inorgánicos, las leguminosas en general contienen cantidades significativas de calcio y hierro.

El contenido de calcio en el garbanzo es de alrededor de 145 mg /100 g de leguminosa. Como se muestra en la tabla 19, otros nutrimentos inorgánicos en los que suele ser notable el aporte son: zinc, fósforo y magnesio (Lopez, 2004).

Tabla 19. Contenido de nutrimentos inorgánicos en algunas leguminosas (mg/100 g).

Nutrimentos inorgánicos	Calcio (Ca)	Hierro (Fe)	Fosforo (P)	Magnesio (Mg)	Zinc (Zn)	Sodio (Na)	Potasio (K)
Garbanzo	145	9.8	280	160	0.8	26	797
Guisante	72	5.3	288	123	3.5	38	990
Lenteja	56	6.1	250	78	3.1	95	737
Haba	115	8.5	140	3.5	127	1.030	1.030
Alubia	128	6.7	280	160	4	43	1.160

(Larralde, 1991)

2.9 Factores tóxicos y antinutrimientales

La ingestión de leguminosas en estado crudo como única fuente proteínica se ha relacionado con una serie de alteraciones fisiológicas, metabólicas e inmunológicas que se atribuyen a la presencia de factores tóxicos y/o antinutrimientales. La presencia de estas sustancias en los vegetales se relaciona con la resistencia al ataque de insectos y otros agentes patógenos de la planta en el campo, o de la semilla durante el almacenamiento (Liener, 1980).

Es conveniente diferenciar a las sustancias que causan daño cuando son ingeridas a través de los alimentos (aquellas que producen un daño directo sobre un órgano o tejido), de las que interfieren con la biodisponibilidad de algún nutrimento. Se pueden distinguir dos tipos de sustancias dañinas que pueden ser ingeridas a través de los alimentos que son:

- Agente tóxico: Cualquier sustancia xenobiotica que es capaz de producir una anomalía fisiológica y/o anatómica a corto plazo, la cual no puede ser

atenuada por una simple fortificación o suplementación del alimento que lo contiene.

- Agente antifisiológico o antinutricional: sustancia presente en el alimento, que tiene la capacidad de interactuar con un nutrimento, disminuyendo su biodisponibilidad a largo plazo, es capaz de producir una anomalía fisiológica y/o anatómica que en la mayoría de los casos es reversible. Por lo tanto, una fortificación con el nutrimento, en la etapa inicial del efecto dañino puede atenuar o eliminar el problema.

El garbanzo contiene bajas cantidades de estos factores (Tabla 20), en comparación con otras leguminosas, aunque la cantidad de los mismos varía según el tipo de garbanzo. Algunas de estas sustancias tóxicas pueden ser eliminadas por el remojo y la subsecuente eliminación de este líquido, o por tratamiento térmico (Valle, 2000).

Tabla 20. Factores tóxicos y antinutricionales en garbanzo

Factor tóxico ó antinutricional	Concentración en garbanzo	Efecto
Inhibidores de proteasas (Inhibidor de tripsina)	0.8 UTI/ mg (Gil, 2010)	Los inhibidores de proteasas son proteínas que tienen la propiedad de inhibir enzimas. Nutricionalmente causan un retraso en el crecimiento o un índice bajo de relación de eficiencia de la proteína (REP). La inhibición de tripsina se ve reflejada en una hipertrofia pancreática en ratas (Valle, 2000).
Glucósidos cianogénicos (cianuro de hidrógeno)	0.8 mg/100g	Estas sustancias son capaces de liberar cianuro, se presentan principalmente en forma de glucósidos. Se reporta que el garbanzo contiene cianógenos muy por debajo de los niveles

		tóxicos (Sotelo, et al., 1980).
Inhibidores de amilasa	20 unidades/g a los 5 minutos de tratamiento térmico	Los inhibidores de la amilasa, pueden interferir en la digestibilidad de los almidones durante el proceso de la digestión (Valle, 2000).
Compuestos polifenólicos (taninos)	Desi 4.1 – 6 mg/g Kabuli 1.9 – 2.3 mg/g	Los taninos son compuestos fenólicos, solubles en agua. Disminuyen la digestibilidad proteínica y la utilización de aminoácidos azufrados en reacciones de metilación, inactivación de enzimas, así como la inhibición de la absorción intestinal de hidratos de carbono. La mayoría de las variedades de garbanzo están ausentes de ellos (Martínez & Maraculla, 1991).

2.10 Calidad proteínica

Existen dos factores que determinan el valor nutrimental de fuentes proteínicas: su contenido y la calidad con la que cuentan. En lo referente a la calidad de la proteína, ésta depende tanto de la proporción de los aminoácidos indispensables que contienen en relación con los requerimientos humanos, como de la biodisponibilidad de los mismos. El término biodisponibilidad se refiere a la capacidad para incorporar los aminoácidos de la dieta a las estructuras corporales y que puede verse afectada por una mala digestión como por una absorción incompleta (Badui, 1999).

Para mejorar la calidad proteínica de los alimentos existen diferentes métodos, los cuales logran un mejor balance de aminoácidos de la proteína. Entre ellos están:

- 1) Mejoramiento genético, que es a largo plazo.
- 2) Adición de aminoácidos limitantes que consiste en la adición al alimento de los aminoácidos (sintéticos) en los cuales es deficiente el alimento. Es un método sencillo pero caro y no aplicable a alimentos que requieren ser sometidos a diversos procesos.
- 3) Complementación: este método consiste en la combinación de alimentos en la proporción adecuada para elevar la calidad proteínica de los mismos (Flores, 2003).

La complementación proteínica es un procedimiento sencillo, económico, a corto plazo y que puede hacerse entre alimentos de origen animal, vegetal o entre dos alimentos de origen vegetal como es el caso de los cereales y las leguminosas. Esta combinación es de gran importancia nutritiva y permite que muchos grupos de la población subsistan con una dieta económica.

El proceso de complementación debe tener las siguientes características:

- a) La mezcla de alimentos debe contener todos los aminoácidos indispensables, ya que cada alimento aporta el o los aminoácidos en los que el otro alimento es deficiente.
- b) La complementación debe realizarse en alimentos que se consuman frecuentemente en la dieta.
- c) Cada alimento debe añadirse en la proporción adecuada.
- d) Cada alimento debe ser accesible y de preferencia de bajo costo (Fox & Cameron, 2006).

2.11. Métodos para evaluar la calidad de las proteínas

Dentro de los ensayos para evaluar la calidad de una proteína se tienen métodos químicos y biológicos, de los cuales los últimos hasta el momento son los más confiables ya que aportan datos cercanos al efecto en el estado de nutrición del ser. Se han realizado interesantes intentos para reemplazar a los animales utilizados en los ensayos biológicos por microorganismos; sin embargo, para ello es necesario disponer de cepas de microorganismos con los mismos requerimientos nutritivos que el hombre.

Existen dos grandes categorías de ensayos biológicos para evaluar la calidad de una proteína: aquellas que se basan en el incremento de peso de los animales y las que se basan en el balance de nitrógeno (nitrógeno absorbido o retenido) (Flores, 2003).

2.11.1 Métodos biológicos que se basan en el incremento de peso de los animales

2.11.1.2 Relación de eficiencia proteínica (REP)

En 1919, Osborne, Mendel y Ferry introdujeron el concepto de relación de la eficiencia proteínica (REP) y en 1975, fue adoptado por la asociación oficial de química analítica (AOAC por sus siglas en inglés) como método oficial y desde entonces ha sido el procedimiento más utilizado en la evaluación biológica de una fuente de proteína.

Generalmente se acepta que el incremento de peso de ratas recién destetadas (donde los sujetos en estudios están en fase de crecimiento intenso, atribuible únicamente a un desarrollo de la masa muscular, tisular y no a la formación de masa grasa), alimentadas con una dieta bajo condiciones estandarizadas, provee una medida confiable del valor nutritivo de una proteína.

Para detectar pequeñas diferencias en la calidad de la proteína y debido a que existen factores que ejercen influencia sobre los resultados (como por ejemplo: la edad, el sexo y la cepa de los animales experimentales, la calidad y cantidad de proteína, así como factores ambientales como la temperatura, el tamaño de la jaula, la luz y la humedad relativa), es necesario una estandarización estricta (Robinson, 1991).

Para que este método tenga reproducibilidad es necesario que la dieta de prueba cumpla con ciertas características:

- ✓ Que el aporte de proteínas cubra las necesidades mínimas del organismo para que las utilice eficientemente y se garantice su total aprovechamiento.

- ✓ La dieta control y de prueba deben tener la misma concentración de proteína, se recomienda un 10% y que se confirme experimentalmente.
- ✓ Se debe ajustar el contenido de nutrimentos (hidratos de carbono, ácidos grasos, vitaminas y nutrimentos inorgánicos) de tal manera que la dieta de prueba sea isoproteínica e isoenergética con respecto a la dieta de referencia y que la única variable sea la calidad de la proteína del alimento en estudio.

2.11.1.3 Relación neta de la proteína (RNP)

Probablemente la crítica más fuerte a la prueba de REP es que considera que toda la proteína ingerida es utilizada para el crecimiento y no toma en cuenta la proteína necesaria para el mantenimiento de los sujetos en estudio. También tiene el inconveniente de que proteínas de baja o mala calidad nutritiva manifiestan una respuesta muy variable, debido a que se exagera la variabilidad intraespecie, haciendo que sea difícil asignar un valor preciso (Muller, 1991).

Los inconvenientes anteriores pueden solucionarse determinando la cantidad de peso corporal que se perdería si el animal de experimentación no ingiriera proteína durante el periodo de ensayo, ya que antes de que se genere el incremento de peso corporal, la proteína por ensayar debe cubrir las necesidades proteínicas de mantenimiento.

En 1957, Bender y Doell desarrollaron el método biológico RNP, cuya duración comprende de 10 a 14 días. En éste método se incluye un lote de ratas al que se administra una dieta sin nitrógeno, llamado grupo metabólico. Se considera que la pérdida de peso de este lote es un indicador de la proteína requerida para el mantenimiento de los lotes de prueba (Bender, 1997).

2.11.2 Métodos biológicos que se basan en el balance de nitrógeno

2.11.2.1 Digestibilidad de una proteína mediante un método *in vivo*

La biodisponibilidad de los aminoácidos para ser absorbidos por el organismo de prueba, depende de la digestibilidad de cada proteína.

La digestibilidad es un indicador inicial de la calidad nutritiva de un alimento y se define como “la biodisponibilidad de los aminoácidos constituyentes de la proteína para ser absorbidos por el organismo de prueba”, en otras palabras corresponde a la proporción del nitrógeno ingerido que se absorbe (Robinson, 1991).

Los métodos de digestibilidad de proteínas *in vivo* se basan en suministrar una dieta que contiene la muestra como única fuente de proteínas a los animales experimentales, de los cuales se determinan la cantidad de nitrógeno absorbido mediante la diferencia de hidrogeno ingerido en la dieta administrada y el nitrógeno eliminado por heces. Hay dos tipos de digestibilidad:

- a) Digestibilidad aparente (Da): la cual no es una medida exacta de la digestibilidad del nitrógeno de la dieta, ya que solo considera el nitrógeno fecal exógeno (contenido en heces).
- b) Digestibilidad verdadera (DV): la cual considera el nitrógeno fecal endógeno (nitrógeno contenido en heces del grupo metabólico empleado en el bioensayo relación neta de la proteína RNP), que incluye el nitrógeno de bacterias, descamaciones de las células de la mucosa intestinal, enzimas metabólicas.

2.12 Atole

Las bebidas del México Prehispánico son variadas y una de las más representativas es sin duda el atole. La palabra proviene del náhuatl “atolli” que significa “agua en movimiento” o “agua removida”. Otra traducción aceptada pero poco común es “agua que se traga” que viene de las palabras *atl* que significa “agua” y *toloa de significado* “tragar”. Es una bebida de origen prehispánico consumida

principalmente en México, Guatemala y otros países de Centroamérica. Originalmente, es una cocción azucarada de harina de maíz en agua, en proporciones tales que al final de la cocción el resultado debe producir una moderada viscosidad y un cierto espesor.

Tradicionalmente se endulza con piloncillo, aunque también se usa azúcar o miel, también puede prepararse con leche en lugar de agua y aunque originalmente sólo se utilizaba harina de maíz, hoy en día existen atoles elaborados a base de harina de arroz o harina de trigo. Lo que no ha variado es el hecho de que el producto se consume cuando está caliente.

Entre las variedades de atole que se encuentran en México se pueden mencionar (CONACULTA, 2009):

- ✓ Atole blanco, hecho con nixtamal, sin azúcar u otros saborizantes
- ✓ Atole negro, preparado con cáscara de cacao
- ✓ Atole champurrado (chocolate), de pinole, de masa, almendrado, de masa y frijol, de frijol con guayaba u otras frutas
- ✓ De pepita chica (Yucatán)
- ✓ De maíz de teja, de changunga (Uruapan, Michoacán)
- ✓ De zitún zarzamora (Uruapan, Michoacán)
- ✓ De aguamiel, colado de maíz (Coalcomán, Michoacán)
- ✓ De flor de San Juan
- ✓ De coyol (coco).

2.12.1 Patrón de consumo del atole en México

Las bebidas se definen como todos aquellos líquidos que ingieren los seres humanos incluida el agua, excluyendo productos líquidos para el remplazo de comidas usados en control de peso y sopas, las cuales se comportan más como alimentos sólidos en términos de saciedad y compensación dietética.

Existen recomendaciones en relación al consumo de bebidas para los cuales se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- ✓ Densidad energética y de nutrimentos
- ✓ Contribución al consumo total de energía y peso corporal
- ✓ Contribución a la ingestión diaria de nutrimentos indispensables
- ✓ Evidencia de efectos benéficos o adversos en la salud.

El comité de expertos en bebidas (Rivera A., et al., 2008) clasifica las bebidas en seis niveles: desde las menos recomendadas (nivel 6), hasta las más recomendadas (nivel 1), estas últimas son las que deben constituir la principal fuente de líquidos como se muestra en la imagen 2 (Rivera & Muñoz, 2008).

Imagen 2. Recomendaciones para la Población Mexicana, consumo de bebidas para una vida saludable (Rivera A., et al., 2008).



Nivel 1: Agua potable. El consumo de agua es necesario para el metabolismo, las funciones fisiológicas y puede proporcionar nutrimentos inorgánicos como el calcio, magnesio y flúor.

Nivel 2: Leche baja en grasa (1%) y sin grasa y bebidas de soya sin azúcar adicionada. La leche es la principal fuente de calcio y vitamina D, en los niños y posee una excelente proteína de alta calidad.

Nivel 3: Café y té sin azúcar. El té provee una gran cantidad de flavonoides y antioxidantes, así como de nutrimentos inorgánicos como el flúor. El café se considera un diurético suave debido a su contenido de cafeína; un consumo de cafeína menor a 500 mg al día no causa deshidratación o desequilibrio crónico de agua.

Nivel 4. Bebidas no energéticas con edulcorantes artificiales (café, té, refrescos de dieta), se ha demostrado que las bebidas con edulcorantes artificiales sin aporte energético se relacionan con una disminución de peso cuando se toman en cantidades similares a las bebidas con edulcorantes energéticos, las cuales se han vinculado con aumento de peso y presión arterial.

Nivel 5: Bebidas con alto valor calórico y beneficios a la salud limitados: jugos de fruta, leche entera, bebidas alcohólicas, bebidas deportivas.

Nivel 6: Bebidas con azúcar y bajo contenido de nutrimentos (refrescos, jugos, aguas frescas, y café con azúcar). Su consumo debe ser en porciones pequeñas, debido a su alto contenido energético, ya que en México el consumo de azúcar en los alimentos es alto, colocándolo como el primer país consumidor de refresco en el mundo. En esta categoría se incluyen algunas bebidas como el café con leche o crema, atole. Por lo anterior, su consumo debe ser eventual para que no contribuya a la aparición de enfermedades como la obesidad y la diabetes (Rivera & Muñoz, 2008).

El atole casero promedio y el atole industrializado de sabores (Maizena ®), entran en la categoría del nivel 6.

2.13 Vida de anaquel y pruebas de envejecimiento acelerado

Durante su almacenamiento y distribución los alimentos son expuestos a una gran variedad de condiciones ambientales. Factores como la temperatura, la humedad, el oxígeno y la luz pueden desencadenar varios mecanismos de reacción que pueden conducir a la degradación del alimento. Como consecuencia de estas reacciones los alimentos pueden alterarse causando problemas que los hacen no aptos para el consumo.

Por ello, en la industria de alimentos es importante determinar la vida útil de los productos para suplirlos y mantenerlos en el mercado sin ningún problema de seguridad o rechazo por los consumidores.

La vida útil de un producto depende de factores ambientales como la humedad, la temperatura de exposición y de factores intrínsecos del alimento como la calidad de las materias primas, actividad acuosa, composición, entre otros. El efecto de estos factores se manifiesta como el cambio en las cualidades del alimento que afectan su venta: cambios de sabor, color, textura o pérdidas de nutrimentos.

La vida de anaquel de un producto alimenticio se define como el periodo de tiempo a partir de la fecha de producción, durante el cual éste mantiene una calidad aceptable. Existe un tiempo determinado en el que un producto industrializado después de haber sido elaborado mantiene un nivel requerido en relación a las propiedades sensoriales y de seguridad, bajo ciertas condiciones de almacenamiento (Baldizón & Córdoba, 2008).

El tiempo de vida útil se puede estimar mediante varios métodos: pueden tomarse valores reportados en la literatura especializada de alimentos similares y bajo condiciones similares al producto de nuestro interés; se pueden evaluar atributos de calidad del alimento que varían durante la vida útil en anaquel o mediante pruebas aceleradas (Gutierrez, 2008).

2.13.1 Pruebas de envejecimiento acelerado ASLT (Man & Jones, 1994)

Los ensayos en anaquel ofrecen excelentes datos, pero presentan en algunos casos el inconveniente del tiempo prolongado para su adquisición y se obtiene en un lapso que no es práctico para el lanzamiento de un nuevo producto. Es por esta razón que se utiliza la prueba ASLT, la cual permite disminuir el tiempo de evaluación de los alimentos que tienen una vida de anaquel larga.

Las pruebas de envejecimiento acelerado (ASLT por sus siglas en inglés) consisten en tener bajo condiciones controladas uno de los parámetros que afectan su estabilidad. Generalmente el parámetro que se modifica es la temperatura. Se estudia el efecto de al menos tres temperaturas óptima, típica y adversa, con la finalidad de acelerar las reacciones de deterioro en el producto para ser analizadas. Las pruebas de laboratorio simulan las condiciones reales, pero existen otras variables que no se pueden controlar como las condiciones de transporte, fluctuaciones de temperatura, entre otras. Por lo tanto, los resultados obtenidos son estimaciones de la vida útil del alimento.

Las reacciones de pérdida de calidad de los alimentos han mostrado que siguen modelos de orden cero o primer orden, y pueden ser modelados con la ecuación de Arrhenius, expresada la siguiente ecuación:

$$k = K_0 e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Donde k es la constante de velocidad de la reacción, k_0 es la constante de Arrhenius y E_a , la energía de activación.

2.14 Aditivos alimentarios

2.14.1 Colorantes

Un aditivo colorante es cualquier tintura, pigmento o sustancia que cuando se agrega o aplica a un alimento, medicamento o producto cosmético, o al cuerpo humano es capaz (ya sea solo o como consecuencia de reacción con otras sustancias) de impartir color (CODEX, 2015).

De acuerdo a su origen los colorantes se clasifican en:

- ✓ Colorantes minerales tales como lacas, sulfato de cobre, dióxido de silicio, entre otros.
- ✓ Colorantes orgánicos: procedentes de plantas y animales tales como la clorofila, carotenos, riboflavina, entre otros.
- ✓ Colorantes artificiales, obtenidos por síntesis química.

Los colorantes artificiales son muy utilizados por sus excelentes propiedades dentro de las cuales se puede mencionar:

- ✓ Existe una amplia gama de tonalidades
- ✓ Ofrecen colores de la intensidad que se desee
- ✓ Son de alta pureza y bajo costo
- ✓ Se pueden obtener en grandes cantidades.

Los colorantes principalmente se comercializan en polvo. Existen colorantes solubles en agua y otros que son solubles en fases oleosas (Madrid, 2000).

2.14.2 Saborizantes

Son sustancias o mezclas con propiedades que imparten sabor debido a la naturaleza volátil de sus moléculas, percibidas principalmente por los sentidos del gusto y el olfato, según los recibe e interpreta el cerebro.

El gusto está constituido por los cinco grupos primarios (dulce, ácido, salado, amargo y umami) que son detectados por las papilas gustativas en la boca, principalmente en la lengua, el paladar y las mejillas; el olor es detectado por células sensibles situadas en la parte superior de la cavidad nasal.

Los agentes saborizantes se han utilizado desde los tiempos más remotos para aumentar el atractivo de los alimentos. Originalmente los saborizantes eran las formas desecadas y a menudo pulverizadas de las especias.

Conforme aumentó la demanda de saborizantes se idearon métodos para extraer los principios activos de los mismos. Los tipos más importantes de saborizantes naturales son los aceites, los cuales se extraen de los tejidos vegetales. Los sabores sintéticos se disuelven por lo general en alcohol etílico u otro disolvente permitido pero también se obtienen formas en polvo, preparadas mediante secado por aspersion del material saborizante (Larry & Michael, 2002).

2.14.3 Edulcorantes

Se define como edulcorante al aditivo alimentario que confiere a un alimento sabor dulce, diferentes de los mono o disacáridos (CODEX, 2015). De los edulcorantes utilizados en los alimentos se pueden mencionar dos tipos:

- ✓ Naturales: tienen un valor nutritivo y energético, por lo que no se pueden considerar como aditivos, estos son componentes del propio alimento.
- ✓ Artificiales: actúan sobre el sabor de los alimentos produciendo una sensación dulce. Poseen un poder edulcorante muy superior al de cualquiera de los azúcares naturales y no tienen valor nutritivo (Madrid, 2000).

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

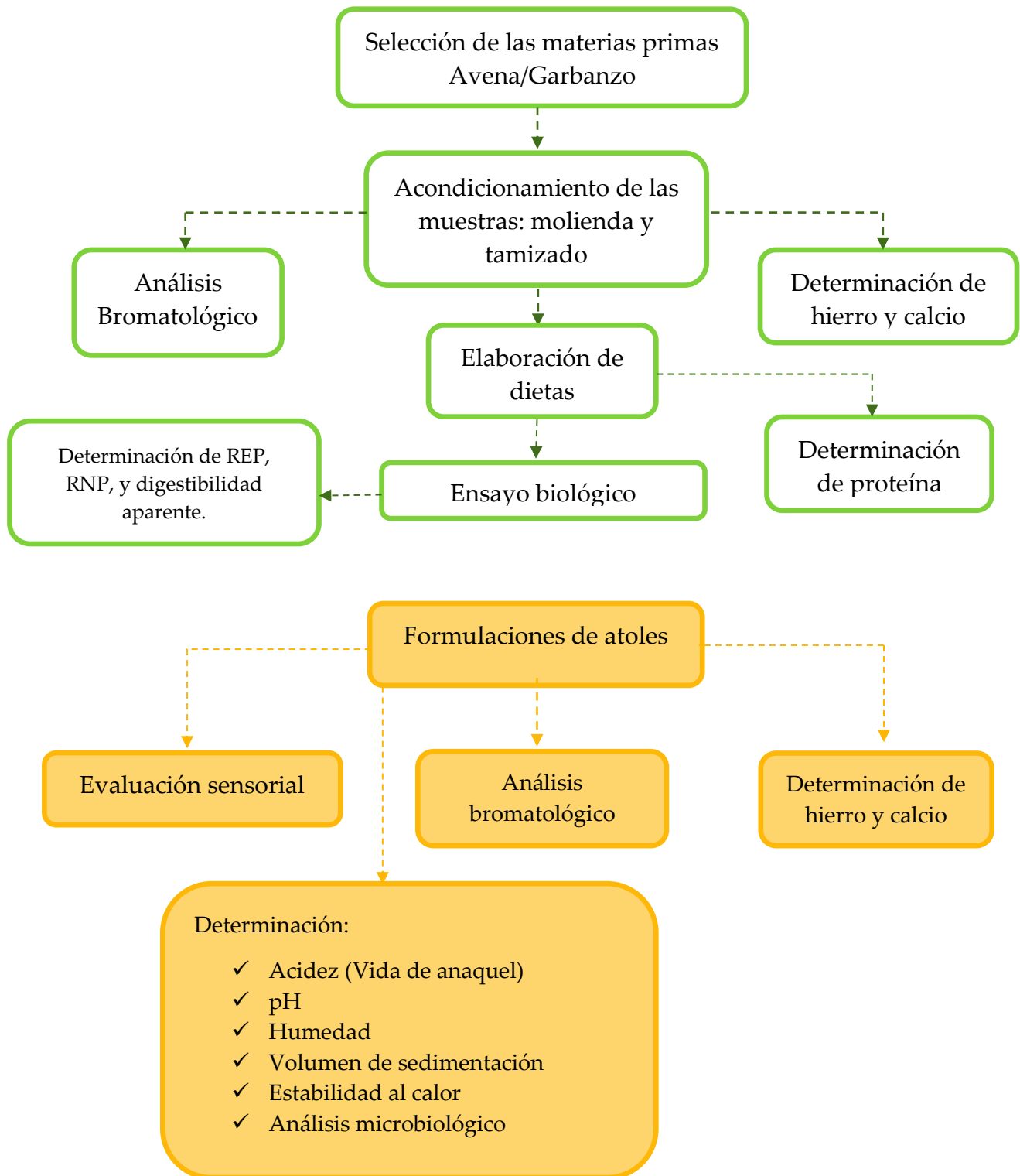
- ✓ Desarrollar un atole instantáneo con alto contenido proteínico a base de la mezcla de avena (*Avena sativa*) y garbanzo (*Cicer arietinum* L.) de tres distintos sabores.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Corroborar la calidad de la proteína de la harina de avena, harina de garbanzo así como de la mezcla de avena: garbanzo 50:50 respecto al contenido de proteína, a través de las pruebas de relación de eficiencia proteínica (REP), relación neta de la proteína (RNP) y digestibilidad aparente (Da).
- ✓ Desarrollar diferentes formulaciones a base de la mezcla avena: garbanzo 50:50 y aplicar un análisis sensorial que determine el nivel de agrado entre los consumidores para así seleccionar la formulación final para cada sabor (fresa, vainilla y chocolate).
- ✓ Realizar el análisis bromatológico de las formulaciones finales (fresa, vainilla y chocolate).
- ✓ Determinar el contenido de hierro y calcio en las formulaciones finales.
- ✓ Evaluar algunos parámetros químicos, físicos y microbiológicos que determinen la estabilidad en las formulaciones a tres distintas temperaturas de almacenamiento.
- ✓ Estimar el tiempo de vida de anaquel de las formulaciones finales a través del modelo cinético de Arrhenius.

IV. METODOLOGÍA

4.1 Diagrama General



4.2 Selección de las materias primas

Para este estudio se seleccionaron las siguientes materias primas: avena (marca Quaker ®) y garbanzo (marca Verde Valle ®) adquiridas en el súper mercado Wal Mart Universidad.

4.3 Acondicionamiento de las materias primas

Materiales:

- ✓ Charolas metálicas
- ✓ Ollas de aluminio
- ✓ Papel aluminio
- ✓ Recipientes con tapa capacidad de 2 kg
- ✓ Tamiz U.S.A STANDAR MOD. 850

Equipos:

- ✓ Molino CYCLOTEC MOD.1093
- ✓ Molino CE COCO MOD. 21248

Procedimiento:

La avena en forma de hojuelas se molió en un molino de cereales CYCLOTEC y posteriormente se tamizó en una malla del No. 20, mientras que para el garbanzo se utilizó un molino CE-COCO.

4.4 Análisis bromatológico a las materias primas

Se llevó a cabo el análisis bromatológico a las materias primas utilizando los métodos del AOAC – 1995 como se indican en el siguiente listado:

- ✓ Humedad (AOAC-14.004)
- ✓ Cenizas (AOAC-7.009)
- ✓ Proteína cruda (AOAC-2.055)
- ✓ Grasa cruda (AOAC-7.0063)
- ✓ Fibra cruda (AOAC-7.074)

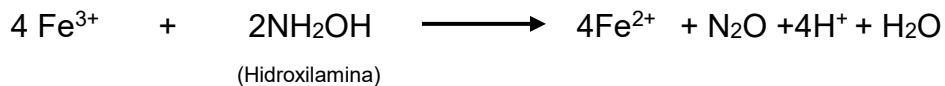
- ✓ Hidratos de carbono asimilables (se determinaron por diferencia de acuerdo al esquema de Wende)
- ✓ Determinación de hierro total (AOAC 944.02)
- ✓ Determinación de calcio (AOAC 944.03)

4.5 Determinación de contenido de hierro total (AOAC 944.02)

Fundamento:

El hierro presente en los alimentos queda en las cenizas después de la calcinación e incineración. La *o*-fenantrolina reacciona con el Fe²⁺, originando un complejo de color rojo característico (ferroína) que absorbe notablemente en las regiones del espectro visible alrededor de 505 nm. El Fe³⁺ no presenta absorción a ésta longitud de onda y debe ser reducido a Fe²⁺ mediante un agente reductor apropiado como la hidroxilamina para su determinación (Boumans, 1997).

Las reacciones involucradas se muestran a continuación;



Materiales:

- ✓ Crisoles de porcelana
- ✓ Desecador
- ✓ Embudo de tallo corto
- ✓ Matraz aforado de 50 mL
- ✓ Matraz aforado de 1 L
- ✓ Pinzas para crisol
- ✓ Pipetas graduadas de 1.5 y 10 mL
- ✓ Papel filtro

Equipos:

- ✓ Balanza analítica OHAUS MOD.700
- ✓ Espectrofotómetro GENESYS MOD.10-S
- ✓ Mufla THERMOLYNE MOD.1500
- ✓ Parrilla de calentamiento THERMOLYNE MOD. BARNSTEAD

Reactivos:

- ✓ Acetato de sodio anhidro R.A.
- ✓ Ácido acético glacial R.A.
- ✓ Ácido clorhídrico concentrado R.A.
- ✓ Agua destilada
- ✓ Clorhidrato de hidroxilamina R.A.
- ✓ o-fenantrolina R.A.
- ✓ Sulfato de hierro y amonio hexahidratado R.A.

- a) **Solución I clorhidrato de hidroxilamina (10%):** se disolvieron 10.6 g de la sal en agua destilada y se llevó a un volumen de 100 mL.
- b) **Solución II buffer de acetatos (8.3%), pH 4:** se pesaron 8.3 g de acetato de sodio anhidro y se adicionaron 12 mL de ácido acético glacial concentrado. Se llevó a un volumen de 100 mL con agua destilada.
- c) **Solución III o-fenantrolina al 1%:** se pesaron 0.1 g de o-fenantrolina y se disolvieron en 80 mL de agua destilada a 80 °C; se dejó enfriar y se llevó a un volumen de 100 mL en agua destilada.
- d) **Solución estándar de hierro (0.01 mg/ mL):** se pesaron 3.512 g de sulfato de hierro y amonio $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ y se adicionó 1 mL de HCl concentrado. Se disolvió en agua destilada llevando a un volumen de 500 mL; se tomaron 10 mL de la disolución anterior y se llevaron a un aforo de 1 L con agua destilada.

a) **Para la determinación de hierro primero se obtuvieron las cenizas.**

Procedimiento:

Se pesaron 3.5 g de la muestra en un crisol a peso constante. Se calcinó la muestra en la campana de extracción en una parrilla hasta que no hubo desprendimiento de humo. Posteriormente, el crisol se colocó en la mufla a 550 °C hasta obtener un color blanco y homogéneo en las cenizas.

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{P_2 - P_1}{m} \times 100$$

P2 = Peso de crisol más cenizas
P1 = Peso del crisol a peso constante
m = Peso de la muestra

b) Preparación de la solución de cenizas

Al crisol con las cenizas se le adicionaron 2 mL de HCl concentrado calentando en la parrilla hasta total sequedad. Nuevamente se le adicionó 1 mL de HCl concentrado para asegurar la solubilidad de las cenizas y finalmente se adicionaron 3.5 mL de agua destilada.

Posteriormente se filtró el líquido, recibiendo en un matraz aforado de 50 mL y se llevó al aforo con agua destilada.

c) Formación de complejo

Del filtrado se tomaron tres alícuotas de 10 mL. Los reactivos se añadieron en el siguiente orden: 1 mL de clorhidrato de hidroxilamina al 10%, 5 mL de buffer de acetatos y 1 mL de o-fenantrolina al 1%; se agitó entre cada adición. Se dejó en reposo de 10 a 15 minutos. Finalmente, se tomó la lectura de absorbancia en el espectrofotómetro a 530 nm.

d) Elaboración de la curva estándar

Se tomaron alícuotas para cada tubo de 0.0, 0.5, 0.1, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 y 9.0 mL de la solución estándar de hierro (0.01 mg/ mL); cada uno de los tubos se llevó a un volumen de 10 mL con agua destilada. Posteriormente a cada uno se le añadieron los reactivos en el siguiente orden: 1 mL de clorhidrato de hidroxilamina al 10%, 5 mL de buffer de acetatos y 1 mL de o-fenantrolina 1%; se agitó entre cada adición; se dejaron reposar los tubos entre 10 y 15 minutos. Finalmente se leyó la absorbancia a 530 nm usando el tubo 0.0 como blanco, en el **Anexo 1** se muestra la curva estándar usada para la determinación de hierro.

Nota: Las muestras y la curva estándar se deben leer al mismo tiempo.

Cálculos

Concentración de hierro en mg Fe /100 g de muestra.

$$C = \frac{(x)(A)(100)}{(a)(p)}$$

Donde:

C= mg de Fe/ 100 g de muestra

x= concentración de hierro expresado en mg/ mL

A= aforo (50 mL)

a= 10 alícuota (mL)

p= peso de la muestra (g)

4.6 Determinación del contenido de calcio: titulación con permanganato de potasio (AOAC 944.02)

Fundamento:

El ion calcio es precipitado cuantitativamente como oxalato de calcio, mediante la acción del oxalato de amonio. El precipitado de oxalato cálcico se solubiliza en ácido sulfúrico, pasando a la forma de ácido oxálico, el cual es titulado con una disolución valorada de permanganato de potasio (James, 1999)

1.- Precipitación del calcio con oxalato de amonio:



2- Liberación del ácido oxálico por la acción del ácido sulfúrico sobre el oxalato de calcio.



3.- Titulación de ácido oxálico con permanganato de potasio:



Materiales:

- ✓ Baño María
- ✓ Buretas de 25 y 50 mL
- ✓ Crisol de porcelana
- ✓ Desecador
- ✓ Embudo de tallo largo
- ✓ Manguera de vacío
- ✓ Matraz aforado de 50, 100, 250 y 1000 mL
- ✓ Matraz de vidrio poroso PYREX 30 mL MOD. ASTM. 10-15 M
- ✓ Matraz Erlenmeyer de 125 y 250 mL
- ✓ Matraz Kitasato 500 mL
- ✓ Papel filtro Whatman No. 49 (exento de cenizas)
- ✓ Pinzas para crisol
- ✓ Pipetas volumétricas de 5 y 10 mL
- ✓ Probeta de 50 mL
- ✓ Vasos de precipitado de 100, 400 y 500 mL

Nota: El material de vidrio utilizado se lavó con una solución de ácido clorhídrico al 18%.

Equipos:

- ✓ Balanza analítica OHAUS MOD.700
- ✓ Mufla THERMOLYNE MOD. 1500.
- ✓ Parrilla de calentamiento THERMOLYNE MOD. BARNSTEAD

Reactivos:

- ✓ Ácido clorhídrico concentrado R.A.
- ✓ Ácido clorhídrico 0.1 M
- ✓ Ácido sulfúrico diluido (0.1N)
- ✓ Agua destilada
- ✓ Etanol R.A.
- ✓ Hidróxido de amonio (25% d= 0.91 g/ mL)
- ✓ Permanganato de potasio (0.1 N)
- ✓ Rojo de metilo
- ✓ Solución de hidróxido de amonio diluido al (0.5 N)
- ✓ Solución indicadora de rojo de metilo al 1%
- ✓ Solución saturada de oxalato de amonio al 3.5%

- a) **Solución I oxalato de amonio saturado:** adicionar oxalato de amonio a 150 mL de agua destilada, en cantidad tal que éste ya no se disuelva en dicho volumen de agua (punto de saturación).
- b) **Solución II hidróxido de amonio (0.5 N):** se midieron 1.86 mL de hidróxido de amonio a un matraz aforado de 50 mL y se llevó al volumen con agua destilada.
- c) **Solución III indicadora de rojo de metilo (0.02%):** se pesaron 0.02 g de rojo de metilo y se transfirieron a un matraz aforado de 100 mL llevando al volumen con etanol.

Procedimiento:

a) Obtención de las cenizas

Se pesaron 3.5 g de la muestra en un crisol. Se calcinó la muestra en una parrilla hasta que no hubo desprendimiento de humo, bajo la campana de extracción. Posteriormente se colocó en la mufla a 550 °C hasta que se obtuvo un color blanco y homogéneo en las cenizas.

b) Digestión de las cenizas

Se llevó a cabo una digestión ácida humedeciendo las cenizas con 5 mL de HCl concentrado, además se adicionaron 25 mL de agua destilada y se calentó la mezcla a ebullición. Posteriormente se dejó enfriar. Una vez digerida la muestra se filtró (haciendo lavados con agua destilada para obtener los residuos), se recibió la solución en un matraz aforado de 50 mL y se llevó al volumen final con agua destilada.

c) Precipitación y titulación de calcio

De la solución anterior se tomó una alícuota de 25 mL la cual se colocó en un vaso de precipitados y se calentó a ebullición; se añadieron 10 mL de solución saturada de oxalato de amonio y dos gotas de indicador de rojo de metilo. Esta solución se neutralizó en caliente con hidróxido de amonio (0.5 N) gota a gota, (vire color amarillo). Inmediatamente, se sometió a calentamiento para inducir la precipitación del oxalato de calcio, una vez fría la solución, se adicionó HCl 0.01N hasta obtener una coloración rosa (pH 5). La solución se dejó 24 horas.

Una vez transcurrido el tiempo, se filtró la solución en un matraz de vidrio poroso, lavando 2 veces con 25 mL de hidróxido de amonio diluido (1:50) y desechando las aguas del filtrado. El filtrado contenido en el matraz de vidrio poroso, se lavó dos veces con una solución caliente de 50 mL de agua; se procedió a la disolución del oxalato de calcio con 100 mL de ácido sulfúrico 0.1 N caliente, a fin de disolver los residuos. Se llevó a cabo la titulación (a una temperatura de 80 °C) con una solución de permanganato de potasio 0.1 N, hasta obtener una coloración rosa permanente.

Cálculos

El contenido de calcio en la muestra se expresa en mg de calcio/100 g de muestra y se calcula mediante la siguiente fórmula (1 mL de solución de $KMnO_4$ 0.1N equivale a 2 mg de calcio).

$$\text{Contenido de calcio} = \frac{(V)(2 \text{ mg de calcio})(A)}{(1 \text{ ml } KMnO_4)(a)(p)(1000)} \times 100$$

Donde:

V= volumen de solución de permanganato de potasio gastados en la titulación en mL

a= alícuota tomada de la solución de cenizas en mL corresponde a 25 mL

p= peso de la muestra en gramos

A= aforo de la solución de cenizas en mL correspondiente a 50 mL

4.7 Ensayo biológico

Con el fin de evaluar la calidad nutrimental de las muestras de avena, garbanzo y avena: garbanzo (50:50) se utilizaron tres métodos biológicos: RNP, REP y Da.

4.7.1 Elaboración de dietas

Se elaboraron 4 dietas isoenergéticas (mismo contenido energético) e isoproteínicas (10%), utilizando una dieta de referencia de caseína (10% proteína).

Las dietas ensayadas fueron:

- ✓ Caseína
- ✓ Avena
- ✓ Garbanzo
- ✓ Mezcla de avena: garbanzo (en esta dieta la composición de la proteína fue 50% de proteína de la avena y 50% de proteína del garbanzo).

Materiales:

- ✓ Espátula
- ✓ Frascos de boca ancha capacidad 3 kg
- ✓ Recipientes para pesar
- ✓ Tamiz USA No. 20 MOD. 850.

Equipos:

- ✓ Balanza analítica OHAUS MOD. GAZOO
- ✓ Balanza granataria
- ✓ Mezcladora KITCHEN AID HEAVY DUTY MOD. K555
- ✓ Parrilla de calentamiento THERMOLYNE MOD. BARNSTEAD

Materias primas:

- ✓ Aceite vegetal MONACO PREMIUM
- ✓ Caseína MP BIOMEDICALS, LLC.
- ✓ Celulosa ALPHACEL MP. BIOMEDICALS, INC.
- ✓ Almidón MAIZENA
- ✓ Glucosa grado alimenticio COSMOPOLITA
- ✓ Harina de avena
- ✓ Harina de garbanzo
- ✓ Manteca vegetal INCA
- ✓ Mezcla de vitaminas RH. ICN BIOMEDICAL
- ✓ Mezcla de nutrimentos inorgánicos RH. ICN BIOMEDICAL
- ✓ Sacarosa ZULKA MORENA
- ✓ Solución de colina 50% MERCK EXTRA PURA

Procedimiento:

La composición de la dieta de referencia de caseína se muestra en la tabla 21, con base a esta composición se diseñaron las dietas de avena, garbanzo y la mezcla para que fueran isoproteínicas e isoenergéticas con respecto a la dieta de referencia.

Tabla 21. Composición de la dieta de referencia de caseína

Ingredientes:	g/100 g de dieta
Caseína (85.16 % de proteína)	11.74
Sacarosa	22.0
Glucosa	19.0
Dextrina	25.0
Manteca vegetal	8.0
Aceite de maíz	6.0
Mezcla de sales	2.0
Mezcla de vitaminas	1.0
Colina (solución al 50%)	0.4
Celulosa comercial	4.86
Total	100.0

a) Para cada dieta se pesaron los ingredientes como se muestra en la tabla 22.

Tabla 22. Composición de las dietas de avena, garbanzo y mezcla de avena: garbanzo (50:50% de proteína)

Dietas	Avena	Garbanzo	Avena : Garbanzo
Ingredientes:	g/100 g de dieta		
Harina de avena (11.49% de proteína)	87.03	-	43.63
Harina de garbanzo (20.84% de proteína)	-	47.98	23.99
Sacarosa	0.15	11.72	5.9
Glucosa	0.13	10.13	5.1
Dextrina	0.17	13.33	6.71
Manteca vegetal	4.61	6.56	5.58
Aceite de maíz	3.46	4.92	4.19
Mezcla de sales	1.76	0.54	0.55
Mezcla de vitaminas	1.0	1.0	1.0
Colina (solución al 50%)	0.4	0.40	0.4
Celulosa adicional	1.29	3.42	2.95
Total	100	100.0	100

b) Para la elaboración de las dietas primero se mezclaron los ingredientes sólidos. Posteriormente se incorporaron los líquidos y por último las mezclas de vitaminas y nutrimentos inorgánicos.

- c) Las dietas se mezclaron hasta la completa homogeneización de los ingredientes, la dieta se pasó por una malla del No.20.
- d) Finalmente se trasvasó cada dieta a frascos limpios y etiquetados y se almacenaron en refrigeración.

4.7.2 Determinación de proteína en la dieta

Una vez que se elaboraron las dietas fue necesario corroborar el porcentaje de proteína de las dietas utilizando la técnica de Kjeldahl descrita por la AOAC-2.055.

4.7.3 Determinación de la Relación de Eficiencia Proteínica (REP)

Fundamento:

Este método se basa en el incremento de peso de un animal bajo condiciones bien definidas y estandarizadas aportando un valor confiable de la calidad de la proteína, debido que se relaciona la ganancia de peso del animal de prueba con la proteína que este consuma (Campbell, 1985).

Materiales:

- ✓ Bebederos
- ✓ Charolas de papel
- ✓ Cernidor (2 mm de abertura)
- ✓ Comederos
- ✓ Espátula
- ✓ Estante metálico con jaulas individuales de acero inoxidable
- ✓ Franela

Equipos:

- ✓ Balanza granataria para animales de laboratorio
- ✓ Balanza granataria para el alimento

Procedimiento:

Se emplearon 6 ratas macho de la cepa Wistar provenientes de Harlan laboratories SA de CV de 21 a 23 días de edad (recién destetadas) para cada dieta (lote) con un peso de 45 ± 10 g.

El periodo de ensayo fue de 28 días; el primer día de la prueba se pesó a los animales de forma individual para su distribución, utilizando el modelo de la “culebra japonesa” y se ordenaron los pesos de forma ascendente.

Una vez que se formaron los grupos, se colocó a cada animal en una jaula con su respectivo alimento (previamente pesado) y agua *ad libitum*. Se mantuvieron las siguientes condiciones ambientales: 12 horas de iluminación por 12 horas de oscuridad con una temperatura de 23 a 24 °C y una humedad relativa entre 30 y 35%. Debido a que estos animales tienden a tirar alimento, se colocó debajo de cada jaula una charola de papel manila con la cual se recuperó el alimento que tiran, así como las heces, éstas últimas para la determinación de digestibilidad.

Los animales se pesaron cada tercer día y los datos obtenidos durante el estudio se anotaron en hojas de registro para cada una de las ratas. Estos valores se encuentran en el **ANEXO 2**.

Cálculos:

Con los resultados al final del experimento, se procedió a calcular la REP de cada uno de los animales de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$REP = \frac{\Delta P}{\sum AI \times F} = \frac{\Delta P}{\text{Cantidad de proteína ingerida}}$$

Donde:

ΔP = Incremento de peso: (peso final – peso inicial expresado en g)

$\sum AI$ = Alimento ingerido acumulado en el periodo de 28 días (g)

F = Factor de conversión unitario de alimento a proteína (porcentaje de proteína en la dieta/100)

A partir del REP experimental, se calculó el REP ajustado, tomando en cuenta el patrón de referencia de caseína experimental y el valor estándar reportado que es de 2.5.

$$REP_a = REP_{(prueba)} \frac{REP (caseína)_{std}}{REP (caseína)_{exp}}$$

Donde:

REP_(prueba) = REP experimental de la proteína a evaluar

REP (caseína)_{std} = REP de caseína estandarizado 2.5

REP (caseína)_{exp} = REP de caseína obtenido en el experimento.

4.7.4 Determinación de la Relación Neta de la Proteína (RNP)

Fundamento:

Determina la cantidad de peso corporal que se perdería si el animal de experimentación no ingiriera proteína durante el periodo de ensayo, ya que antes de que se genere el incremento de peso corporal, la proteína por ensayar debe cubrir las necesidades proteínicas de mantenimiento y elimina casi por completo el efecto no deseable que producen proteínas de baja calidad al realizar el método de la REP.

Procedimiento:

El método RNP se realizó a la par de la prueba de REP; sin embargo, la duración del ensayo en este caso fue de 10 días. Debido al estrés que causa la dieta libre de nitrógeno (DLN), el Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales de Experimentación (CICUAL) de la Facultad de Química sugiere no incluir dicha dieta en los bioensayos. Por ello, en lugar de alimentar un lote de ratas con DLN se realizó una predicción de la pérdida de peso corporal utilizando el siguiente modelo de ajuste (Venegas, 2011).

$$\Delta p (DLN) = -0.114 (\bar{x}) - 1.461$$

Donde:

Δp (DLN) = Decremento de peso del animal, si hubieran consumido una DLN (g)

\bar{x} = peso inicial promedio de cada lote (g)

El valor de RNP se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$RNP = \frac{[\Delta P_{(prueba)} + \Delta P_{(DLN)}]}{\sum AI \times F}$$

Donde:

ΔP (prueba) = Incremento de peso con la dieta de prueba (g)

ΔP (DLN) = Incremento de peso con la DLN (g)

$\sum AI$ = Alimento ingerido en el periodo de 10 días (g)

F = Factor de conversión unitario de alimento a proteína (porcentaje de proteína en la dieta/100)

De igual manera el valor de la RNP se expresó en términos de la Relación Neta de Proteína ajustada o corregida (RNP_a), utilizando el RNP de la dieta de referencia tanto experimental como estándar la cual reporta un valor teórico promedio de 4.1.

$$RNP_a = RPN_{(prueba)} \frac{RNP (caseína)_{std}}{RNP (caseína)_{exp}}$$

Donde:

RNP (prueba) = RNP experimental de la proteína a evaluar

RNP (caseína) _{std} = RNP de caseína estandarizado = 4.1

RNP (caseína) _{exp} = RNP de caseína experimental

Los valores obtenidos a partir de los ensayos biológicos de REP y RPN, fueron tratados mediante análisis de varianza de una sola vía, con nivel de significancia de 0.05%.

4.7.5 Determinación de la digestibilidad de una proteína mediante un método *in vivo*

Fundamento:

La digestibilidad es un indicador inicial de la calidad nutritiva de una proteína; es decir, de la disponibilidad de los aminoácidos constituyentes para ser absorbidos por el organismo (nitrógeno absorbido). La digestibilidad se determina al relacionar la cantidad de nitrógeno ingerido con la cantidad de nitrógeno excretado en las heces de ratas alimentadas con una cierta dieta en estudio (Molto, 2006).

Se trabajó sobre el diseño experimental del bioensayo de REP, es decir que las heces de los animales se recolectaron durante el tiempo del estudio. Adicionalmente, se requirió del siguiente material:

Materiales:

- ✓ Cernidor de malla No. 8
- ✓ Frascos de vidrio de boca ancha 200 mL
- ✓ Mortero con pistilo

Equipos:

- ✓ Balanza analítica OHAUS TRIPE BEAUM MOD. 700
- ✓ Estufa LAB-LINE INSTRUMENT INC. MOD. 29389
- ✓ Equipo de digestión y destilación microKjeldahl BUCHI SWITZERLAND

Procedimiento:

La determinación se llevó a cabo empleando las mismas ratas de estudio para los ensayos biológicos; durante la última semana del bioensayo REP (7 días), se recolectaron las heces de los animales. En un frasco se colocaron las heces de tres ratas (pool), para obtener dos muestras por cada lote. Las heces se pasaron a través de una malla para eliminar el alimento que podía estar presente, se colocaron en frascos de vidrio y se secaron en una estufa para obtener el peso de este material biológico. Posteriormente se molieron en un mortero lo más homogéneo posible y

se les determinó el contenido de nitrógeno por el método de Kjeldhal (AOAC 2001.11).

Nota: la colecta de heces se realizó durante la última semana del ensayo biológico REP, debido al periodo vacacional por lo que se pesaron las heces de tres ratas por cada lote, obteniendo dos muestras por cada dieta a evaluar.

Cálculos:

Una vez que se calculó la concentración de nitrógeno en la dieta y de las heces de cada lote de animales, se calculó el contenido de nitrógeno ingerido (NI) y el nitrógeno fecal (NF) de cada animal de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$NI = \frac{\%N_{(dieta)} \times Dieta\ ingerida\ (g)}{100}$$

$$NF = \frac{\%N_{(heces)} \times peso\ de\ heces\ por\ pool\ (g)}{100}$$

Para calcular la digestibilidad aparente (D_a) *in vivo* de cada animal se usó la siguiente fórmula:

$$D_a = \frac{N_{(absorbido)}}{N_{(ingerido)}} \times 100$$
$$D_a = \frac{NI - NF}{NI} \times 100$$

Donde:

Da= Digestibilidad aparente

NI = Nitrógeno ingerido por el animal

NF= Nitrógeno fecal

4.8 Desarrollo de las formulaciones para los atoles

- a) Los atoles se elaboraron partiendo de una mezcla a base de avena: garbanzo; cada materia prima aportó el 50% del contenido de proteína como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23. Formulación base y contenido de proteína

Alimento	Cantidad (g/100 g de muestra)	Aporte de proteína (%)
Avena	78.3	9%
Garbanzo	43.3	9%

A partir de la mezcla anterior se elaboraron formulaciones con los saborizantes que se encuentran en la tabla 24. Además, se añadieron colorantes y sacarosa como edulcorante. Es importante resaltar que se desarrollaron diferentes formulaciones (por lo menos 15 de cada saborizante), hasta encontrar las más cercanas a lo buscado.

Tabla 24. Saborizantes usados para el desarrollo de los atoles

Chocolate	Fresa	Vainilla
Cocoa Premium GHIRARDELLI®	Saborizante con colorante sabor fresa 0123537 SAPORE	Saborizante con colorante sabor vainilla 0111181 SAPORE
Cocoa 100% natural HERSHEY'S®	Saborizante con colorante sabor fresa 0137369 SAPORE	Powd creamy y vainilla MOTHER MURPHY'S
Cocoa Turín	Strawberry Flavor MOTHER MURPHY'S	Powd artificial vainilla flavor MOTHER MURPHY'S
Saborizante con colorante sabor chocolate 0136904 SAPORE	Saborizante idéntico natural fresa 10062709 DUAS RODAS MEXICO	Saborizante idéntico natural vainilla 10063469 DUAS RODAS MEXICO
Saborizante artificial chocolate 10012983 Dúas Rodas México	Saborizante fresa en polvo 60077 ACEITES Y ESENCIAS S.A.	Vainilla 054468 FERBERA
Chocolate Ivory Coast MOTHER MURPHY'S	Saborizante fresa en polvo 0035 ACEITES Y ESENCIAS S.A.	----
Chocolate 053282 FERBERA	----	----

En la tabla 25 se muestran algunas de las formulaciones aceptadas, las cuales se usaron para hacer el análisis sensorial final, a fin de obtener una formulación final para cada sabor.

Tabla 25. Formulaciones para análisis sensorial (g)

Formulaciones	Chocolate Ghiraldeli®	Chocolate Turín®	Chocolate Hersheys®	Sapores Fresa 012	Sapores Fresa 013	Sapores Vainilla 011
Harina de avena	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83
Harina de garbanzo	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33
Saborizante	8.3	5.0	8.3	0.024	0.08	0.18
Sacarosa	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	4.0
Colorante	-	-	-	0.01	0.01	0.01

*DEIMAN 270 colorante artificial para alimentos rojo fresa

**DEIMAN 270 colorante artificial para alimentos amarillo huevo.

4.8.1 Evaluación sensorial

Los atoles se elaboraron a partir de las formulaciones seleccionadas (tabla 25), y para el análisis sensorial se realizó la “prueba de nivel de agrado”, con el fin de conocer su calificación y la aceptación por parte de los consumidores.

Fundamento de la prueba de nivel de agrado:

Localizar el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica. Se utiliza una escala estructurada de nueve o más puntos que describan desde un extremo agrado hasta un extremo desagrado (Pedrero & Pangborn, 1996).

Materiales:

- ✓ Agua purificada
- ✓ Charolas
- ✓ Cucharas
- ✓ Cuestionarios
- ✓ Dulces
- ✓ Etiquetas
- ✓ Ollas de peltre
- ✓ Recipientes herméticos
- ✓ Servilletas
- ✓ Vasos de plástico del número cero
- ✓ Vasos de plástico para agua

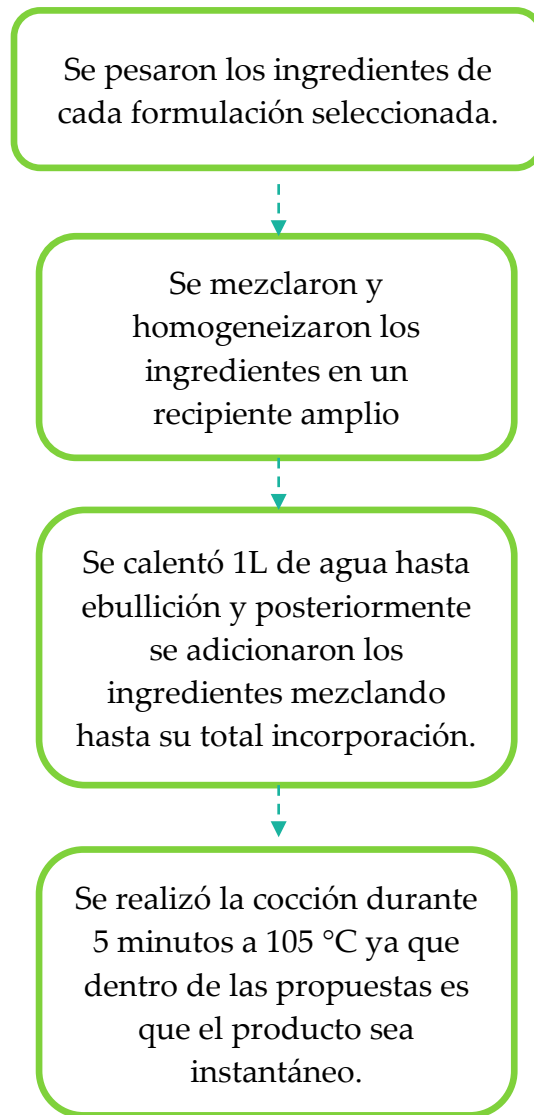
Equipos:

- ✓ Estufa

Procedimiento:

Para la prueba se prepararon los atoles de chocolate, fresa y vainilla como se indica en el diagrama 3. Se colocaron 10 mL de cada una de las formulaciones en vasos de plástico del número cero y se acomodaron aleatoriamente utilizando la tabla de Herbert, 1993.


Diagrama 3. Proceso de preparación de las formulaciones para la prueba de nivel de agrado.



La evaluación sensorial se realizó en el laboratorio 4-C de la Facultad de Química, edificio "A", ubicado en Ciudad Universitaria, delegación Coyoacán, CDMX, a 100 consumidores (50 hombres y 50 mujeres de 24 a 54 años de edad), en paneles sensoriales, (previo a la prueba se les preguntó si en su alimentación incluían atole, al ser su respuesta afirmativa se les aplicó la prueba).

En la imagen 3 se muestra el ejemplo de unos de los cuestionarios empleados. Para la formulación sabor chocolate se incluyeron tres escalas estructuradas, para el sabor fresa dos y para el sabor vainilla una, considerando las formulaciones de la tabla 25. Los resultados de la evaluación sensorial se encuentran en el **Anexo 3**.

Imagen 3. Cuestionario aplicado para la evaluación sensorial de los atoles



Nombre (opcional): _____ Fecha: _____
 Serie: _____ Edad: _____ Genero: Masculino Femenino

1. ¿Consume atole? Si No

2. ¿Con que frecuencia consumes atole?
 a) 1 vez por mes. b) Entre una y tres veces por mes c) 1 vez por semana.
 d) Entre 1 y 3 veces por semana. e) Más de tres veces por semana.

INSTRUCCIONES: Enjuague su boca con un poco de agua antes de empezar. Pruebe las muestras de izquierda a derecha e indique con una "X" su nivel de agrado para la muestra 220, de acuerdo con la escala correspondiente que se presenta a continuación; enjuáguese y continúe con la siguientes muestras 071 y 639 enjuagándose entre cada una de ellas, Gracias.

Muestras 220	071	639
— Gusta muchisimo	— Gusta muchisimo	— Gusta muchisimo
— Gusta mucho	— Gusta mucho	— Gusta mucho
— Gusta moderadamente	— Gusta moderadamente	— Gusta moderadamente
— Gusta un poco	— Gusta un poco	— Gusta un poco
— Me es indiferente	— Me es indiferente	— Me es indiferente
— Disgusta un poco	— Disgusta un poco	— Disgusta un poco
— Disgusta moderadamente	— Disgusta moderadamente	— Disgusta moderadamente
— Disgusta mucho	— Disgusta mucho	— Disgusta mucho
— Disgusta muchisimo	— Disgusta muchisimo	— Disgusta muchisimo

De las muestras que evaluaste dale el 1° lugar a la más preferida
 Primer lugar (mas preferida) Clave: _____

La muestra más preferida fue por (solo escoge una opción):
 ___ Sabor ___ Textura ___ Color ___ Olor

4.9 Pruebas de envejecimiento acelerado (ASLT)

Fundamento:

Este tipo de estudios se llevan a cabo en laboratorios especializados donde las condiciones ambientales se controlan con el fin de producir un deterioro en el producto de una manera más rápida que la que tendría lugar normalmente. En este método se requiere determinar el efecto que tienen estas condiciones ambientales en la vida de anaquel (Man & Jones, 1994).

Materiales

- ✓ Bolsas grado alimenticio de polietileno
- ✓ Espátulas
- ✓ Etiquetas

Equipos

- ✓ Balanza analítica DENVER INSTRUMENT
- ✓ Cámaras de vida de anaquel BARNSTEAD/LAB-LINE MOD. E12560
- ✓ Mezcladoras
- ✓ Selladora eléctrica KAPAK MOD POUCH SEALER BRAND.

Procedimiento:

Se realizó la prueba de vida de anaquel a las tres formulaciones finales. Se envasaron y sellaron en bolsas de polietileno de alta densidad (HDPE) con impresión a dos tintas de grado alimenticio, se pesaron 60 g de formulación en cada una hasta obtener un total de 23 bolsas para cada sabor (siete fueron para el análisis microbiológico y 16 para la realización de las pruebas fisicoquímicas).

Posteriormente, las bolsas fueron selladas con una selladora manual cuidando de no dejar aire dentro. Se etiquetaron y almacenaron a tres temperaturas: 4, 25 y 45 °C, para las dos últimas se emplearon cámaras de vida de anaquel, por un periodo de 56 días. El monitoreo de los parámetros fisicoquímicos fue cada siete días y de los parámetros microbiológicos se realizaron en tres tiempos: cero, 28 y 56 días como se muestra en la tabla 26.

Tabla 26. Calendario de análisis para la prueba de envejecimiento acelerado*

Temperatura Días	4 °C	25 °C	45 °C
t=0**	-	6 muestras	-
t=7	3 muestras	3 muestras	3 muestras
t=14	3 muestras	3 muestras	3 muestras
t=21	3 muestras	3 muestras	3 muestras
t=28**	6 muestras	6 muestras	6 muestras
t=56**	6 muestras	6 muestras	6 muestras

*Una muestra para cada sabor de formulación (chocolate, fresa y vainilla)

**Días en que se realizaron las pruebas microbiológicas

Parámetros de la evaluación:

Se evaluaron los siguientes parámetros durante el estudio de envejecimiento acelerado para cada una de las formulaciones:

Pruebas químicas

- ✓ pH (NMX-AA-008-SCFI-2011)
- ✓ Índice de acidez (NMX-F-101-1987)

Pruebas física

- ✓ Humedad (AOAC 967.19)

Prueba de reconstitución

- ✓ Volumen de sedimentación (Sotelo, 2000)

Prueba de estabilidad

- ✓ Estabilidad al calor (Sotelo, 2000)

Pruebas microbiológicas

Las pruebas microbiológicas se fueron realizadas por medio del laboratorio Analysis & Research Lab. S.A de C.V.

- ✓ Coliformes totales (NOM-113-SSA1, 1994)
- ✓ Mesófilos aerobios (NOM-092-SSA1, 1994)
- ✓ Hongos y levaduras (NOM-111-SSA1, 1994)

4.9.1 Medición de pH

Fundamento:

La formación y crecimiento de microorganismos requiere nutrientes, agua, temperatura adecuada y ciertos niveles de pH. Se considera que la mayoría de los microorganismos patógenos crecen a un pH neutro. En alimentos ácidos con un pH bajo disminuye el riesgo de contaminación por bacterias patógenas. Aunque la mayoría de bacterias proliferan en ambiente neutros, debe tenerse en cuenta que algunos lo hacen en alimentos con pH ácidos y con pH alcalinos (Brown, 2004).

Materiales:

- ✓ Agitador de vidrio
- ✓ Pipeta graduada de 10 mL
- ✓ Pisseta con agua destilada
- ✓ Vaso de precipitado de 250 mL

Equipos:

- ✓ Balanza analítica DENVER INSTRUMENT
- ✓ Potenciómetro OAKTON

Reactivos:

- ✓ Soluciones indicadoras de buffer de pH 4 y 7

Procedimiento:

Se pesaron 5 gramos de muestra en polvo, vertiendo en un vaso de precipitados y diluyendo con 100 mL de agua destilada. Se calibró el potenciómetro, empleando soluciones buffer de pH conocido (pH=7 para la zona neutra y pH=4 para la zona ácida). Posteriormente se introdujo el vaso de precipitados y se tomó la lectura de pH. La prueba se llevó a cabo por duplicado.

4.9.2 Medición de la acidez

Fundamento:

En alimentos el grado de acidez indica el contenido de ácidos libres. Se determina mediante una valoración (volumétrica) con un reactivo básico. El resultado se expresa como el porcentaje de un ácido generalmente predominante. La mayoría de las veces se expresa en el porcentaje presente de ácido oleico, a veces en porcentaje de ácido cítrico y en lácteos regularmente en porcentaje de ácido láctico.

Materiales:

- ✓ Bureta de 50 mL graduada

Equipos:

- ✓ Balanza analítica DENVER INSTRUMENT
- ✓ Potenciómetro OAKION

Reactivos:

- ✓ Solución valorada de hidróxido de sodio 0.1 N

Procedimiento:

Para la determinación de acidez se partió de la muestra preparada en la determinación de pH; la muestra se tituló con la solución valorada de hidróxido de sodio 0.1 N hasta obtener un pH de 7 midiendo el volumen gastado. La prueba se midió al tiempo inicial 0, 7, 14, 21, 28 y 56 días por duplicado

Cálculos:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{(a)(b)(c)}{d} * 100$$

Donde:

a= mL gastados de hidróxido de sodio

b= Normalidad de hidróxido de sodio (0.1 N)

c= (282 g/mol) 0.282 miliequivalentes de ácido oleico

d= peso de la muestra en gramos

4.9.2.1 Determinación del tiempo de vida útil en las formulaciones

A partir de los resultados de la prueba de acidez se determinó la vida de anaquel de las formulaciones mediante el modelo de degradación cinética descrito por la siguiente ecuación de Arrhenius:

$$k = k_0 e^{-\left(\frac{E_a}{RT}\right)}$$

Donde E_a es la energía de activación de la reacción (kcal/mol), R es la constante universal de los gases (1.98 cal/mol $^{\circ}$ K), T es la temperatura absoluta ($^{\circ}$ K) y K_0 (1/min) es el factor de frecuencia.

1. De acuerdo al modelo se construyeron gráficas para cada formulación de acidez vs al tiempo (días).
2. Se construyeron las gráficas de Ln de acidez con respecto al tiempo (min), se calculó la regresión lineal (k =al valor absoluto de la pendiente).
3. Se construyeron las gráficas de $1/T$ vs Ln K para cada parámetro obteniendo la regresión lineal es el valor absoluto de la pendiente que corresponde a E_a/R .
4. Se utilizó el valor $R = 1.987$ cal/mol $^{\circ}$ K para encontrar el valor de E_a y expresarlo en Kcal/mol.
5. Se encontró el valor de K_0 y extrapoló a la ecuación de origen para determinar el tiempo de vida de anaquel en distintas temperaturas y a diferentes tiempos.

4.9.3 Determinación de humedad (secado en termobalanza)

Fundamento:

La determinación de humedad es un paso obligado en el análisis de alimentos. Es la base de referencia que permite: comparar valores; convertir a valores de humedad, expresar en base seca y expresar en base tal como se recibió el alimento. Por estas razones debe seleccionarse cuidadosamente el método a aplicar para la determinación de humedad en un alimento, ya que un mismo método no sirve para todos los alimentos.

En general, los más usados aplican un cierto grado de calor. El alimento sufre cambios que pueden afectar el valor obtenido como humedad. Se pierden compuestos volátiles junto con el agua, como alcohol, aceites esenciales y materia grasa (FAO, 2016).

Materiales:

- ✓ Brocha
- ✓ Espátula de aluminio

Equipo:

- ✓ Termobalanza HALOGEN OHAUS MODELO MB35

Procedimiento:

Se pesó de 1 g de la muestra en polvo y se colocó en la charola de aluminio, formando una capa lo más homogénea posible. Y de manera directa se muestra el porcentaje de humedad. La prueba se llevó a cabo por triplicado.

4.9.4 Volumen de sedimentación

Fundamento:

El volumen de sedimentación se define como la relación entre el volumen de equilibrio y el volumen total de una suspensión. Si existe un resultado de esta prueba que sea igual a uno, no hay sedimento visible, se trata de una solución ideal. Otorgando un aspecto estético sin sobrenadante visible, (Remigton., 1987).

Materiales:

- ✓ Espátula de aluminio
- ✓ Probetas con tapón esmerilado de 100 mL

Equipo:

- ✓ Balanza analítica DENVER INSTRUMENT

Procedimiento:

Se pesaron 10 g de la formulación, se colocaron dentro de la probeta y se añadieron 100 mL de agua destilada, se tapó la probeta y agitó hasta su total incorporación (cada probeta se agito veinte veces de forma horizontal y vertical), se continuó agitando cada dos horas y se tomaron las lecturas del volumen de sedimentos antes de cada agitación. La prueba se llevó a cabo por duplicado durante un periodo de doce horas (Sotelo, 2000).

Cálculos:

$$\text{Volumen de sedimentación} = \frac{\text{volumen de sedimentación final}}{\text{volumen de sedimentación inicial}}$$

Lo ideal es que el volumen de sedimentación sea 1.

4.9.5 Estabilidad al calor

Fundamento:

Las proteínas son susceptibles a ciertos cambios en sus propiedades naturales, estos cambios pueden ser provocados por numerosos factores como el calor, La estabilidad al calor es una prueba para el control de calidad de polvos. Como norma oficial no debe presentar coagulación de proteínas después de un calentamiento con una presión de 0.49 kg/cm² (Sotelo, 2000).

Materiales:

- ✓ Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- ✓ Probeta de 100 mL
- ✓ Tapones de algodón

Equipo:

- ✓ Autoclave HIRAYAMA MOD HA-300M DOSIS
- ✓ Balanza analítica DENVER INSTRUMENT

Procedimiento:

Se pesaron con precisión 7.5 g de la muestra y se transfirieron a un matraz Erlenmeyer. Se adicionaron 60 mL de agua destilada, hervida y fría, se mezcló y tapó con un algodón.

Posteriormente se colocó en una autoclave y se mantuvo una presión de 0.49 kg/cm² (7 lb/pulg) durante 7 minutos. La prueba se llevó a cabo por duplicado.

Resultados:

Si se observa coagulación al fondo del matraz Erlenmeyer indica que las proteínas son inestables al calor.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis bromatológico de las materias primas, determinación de hierro y calcio

Los resultados del análisis bromatológico de las materias primas: avena (Quaker®) y garbanzo (Verde Valle®) se muestran en la tabla 27. El porcentaje de humedad en avena fue de 4.48 % y en garbanzo de 4.56 %. La importancia de estos valores radica en que pueden ayudar a disminuir el riesgo de contaminación microbiológica; estos resultados cumplen los parámetros de la NOM-147-SSA1-1996, que se establece para harinas y alimentos a base de cereales un valor máximo de 15 % de humedad.

La avena es uno de los cereales que poseen un mayor contenido de proteínas en comparación con otros alimentos de este grupo (ver grafica 2); el valor experimental fue de 12.0% de proteína, mientras que el reportado en la literatura es de 16.29 %. La diferencia se puede deber a factores como condiciones de cosecha, almacenamiento y los tratamientos tecnológicos a los que se somete el grano para su obtención en hojuelas. Respecto al garbanzo, este contiene casi el doble de proteína que la avena; el valor obtenido experimentalmente fue de 21.84 % similar al valor teórico que es de 20.10 % (Gordon, 2005).

En cuanto a la determinación de grasa, el contenido obtenido fue mayor en avena (7.12%) que en garbanzo (5.50%). Estos datos son similares a los valores teóricos que son 6.4% para la avena y de 6.20 % para el garbanzo. Se sabe que los cereales y las leguminosas son reconocidos por su alto contenido de lipídico, siendo los mayores componentes los ácidos grasos insaturados linoleico y oleico (Poppit, 2007).

En las determinaciones de cenizas, fibra cruda, hidratos de carbono y calcio en avena, éstos son valores cercanos a los reportados en la literatura (tabla 27) a excepción del contenido de hierro, con una diferencia de 2.06 mg/ 100 g de muestra. Respecto al garbanzo, los resultados de contenido de cenizas, hidratos de carbono

y hierro son parecidos a lo reportado en la literatura por Chávez, 2009 a excepción del contenido de fibra cruda (2.17 g/100 g de muestra) y de calcio (83.82 mg/ 100 g de muestra) de los cuales son valores inferiores. Estas diferencias se pueden deber a las condiciones de cultivo, climáticas o bien al tipo de suelo (Mendoza & Calvo, 2010).

Tabla 27. Análisis bromatológico de avena, garbanzo y sus valores teóricos g/100g de muestra

Determinaciones	Cenizas	Proteína cruda ⁽²⁾	Grasa	Fibra cruda	H.C. ⁽³⁾
Base seca avena	1.74± 0.01	12.00 ± 0.03	7.12 ± 0.08	6.24 ± 0.04	72.91± 0.27
Teóricos de avena*	1.64	16.29	6.42	7.03	68.62
Base seca garbanzo	3.20 ± 0.01	21.84 ± 0.24	5.50 ± 0.24	2.17 ± 0.33	67.3 ± 0.2
Teóricos de garbanzo *	3.12	20.10	6.60	4.00	66.18

*(Chávez, 2009)

(¹) Resultados promedio de tres muestras y su desviación estándar, (²) Factor de conversión de proteína 6.25, (³) Hidratos de carbono obtenidos por diferencia (H.C).

Tabla 28. Análisis de hierro y calcio mg/100g de muestra (¹)

Determinaciones	Calcio	Hierro
Base seca avena	41.88 ± 0.02	1.75 ± 0.02
Teóricos de avena*	52.00	3.80
Base seca garbanzo	83.82 ±0.57	6.31±0.65
Teóricos de garbanzo *	100	7.0

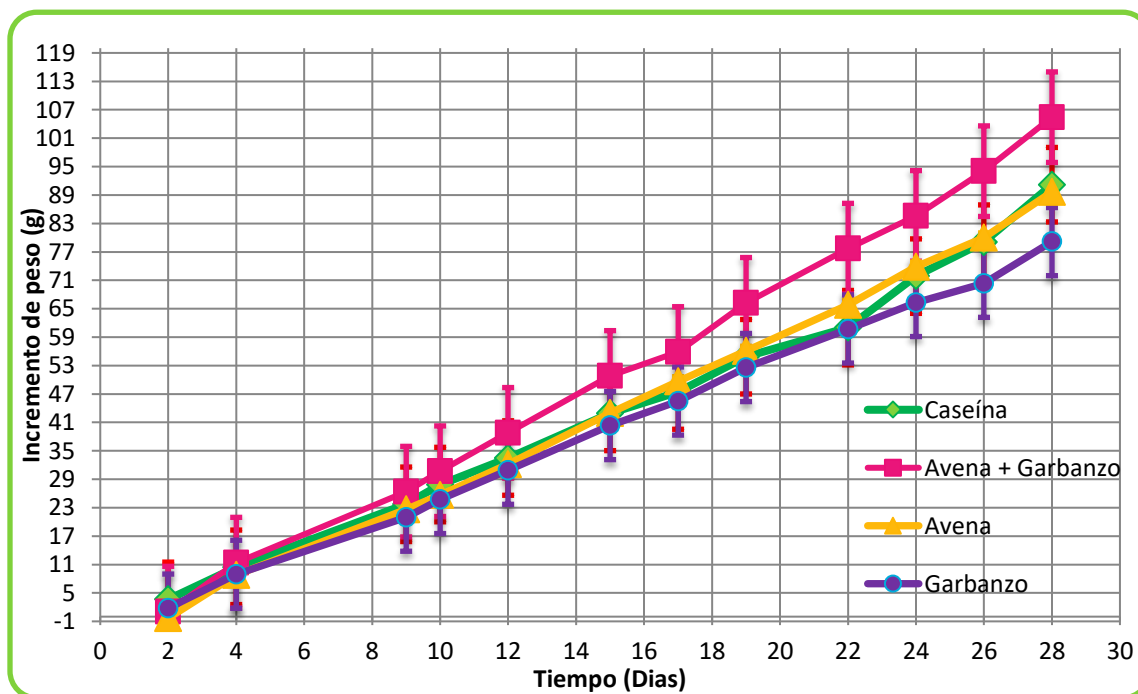
*(Chávez, 2009)

(¹) Resultados promedio de tres muestras y su desviación estándar.

5.2 Calidad proteínica de las mezclas de harina de caseína, avena, garbanzo y avena: garbanzo (50:50 proteína) mediante los métodos biológicos REP, RNP y digestibilidad aparente

En la gráfica 3 se muestra el incremento de peso promedio de cada lote de animales alimentados con las distintas dietas evaluadas; se observa que el lote de ratas alimentadas con la dieta a base de la mezcla avena: garbanzo (50:50% de proteína) supera el incremento de peso en comparación con las dietas de avena, caseína y garbanzo. En general, todas las fuentes de proteína empleadas tuvieron la capacidad de permitir el crecimiento de los animales, pero el crecimiento es notorio para la mezcla a base de avena: garbanzo, debido a la complementación que hay entre el cereal y una leguminosa, este incremento con respecto a las otras dietas indica que se logró una buena mezcla con una buena eficiencia de conversión de la proteína, debido a que se encuentran presentes todos los aminoácidos indispensables (Cuellar, 1985), lo cual se pudo confirmar con los estudios biológicos de REP, RPN y digestibilidad aparente.

Gráfica 3. Curva de crecimiento de los grupos estudiados (Valor promedio \pm ESM).



En la tabla 29 se muestran los resultados obtenidos en la prueba de REPa, RNPa y Da.

Tabla 29. Relación de Eficiencia Proteínica (REP), Relación Neta de la Proteína (RNP) experimental, ajustada y digestibilidad aparente de los alimentos evaluados.

Dietas	REPa ⁽¹⁾	RNPa ⁽¹⁾	Da ⁽²⁾
Caseína	2.50 ± 0.23 ^b	3.94 ± 0.80 ^a	85.47
Avena	2.21 ± 0.04 ^d	2.70 ± 0.38 ^b	49.30
Garbanzo	2.20 ± 0.13 ^d	3.20 ± 0.37 ^{bc}	63.17
Avena : Garbanzo	2.64 ± 0.10 ^a	3.90 ± 0.41 ^a	87.37

⁽¹⁾ Valores promedio de REPa y RNPa ± desviación estándar; n=6. ⁽²⁾ Digestibilidad se determinó por duplicado con un pool cada uno de 3 ratas. Superíndices diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

En relación al análisis estadístico aplicado a los valores de REPa y RNPa para las dietas de caseína, avena, garbanzo y mezcla avena: garbanzo, se aplicó un análisis de varianza de un factor (ANOVA de una vía), acoplado a la prueba DMS con un nivel de significancia del 5%. En cuanto a los valores de REPa es posible observar que el valor más alto fue el que se obtuvo para la dieta a base de avena: garbanzo (2.64), seguido de la dieta de referencia de caseína (2.50), encontrándose diferencia significativa entre ellas ($p < 0.05$); además, estos dos grupos fueron diferentes con respecto a los valores obtenidos en las dietas a base de avena (2.21) y garbanzo (2.20). Las cuales no presentan diferencia significativa entre sí. El hecho de que el valor de REP de la mezcla de avena: garbanzo haya sido más alto que en la dieta de referencia de caseína y el más cercano al reportado y recomendado por la FAO para un concentrado de la proteína de suero de leche (REP 3.2) (Fries AM, 2001) indica que se trata de una mezcla de alimentos en la que todos los aminoácidos indispensables se encuentran presentes logrando una proteína de buena calidad debido a la complementación entre un cereal y una leguminosa (Fernández, et al., 1993).

Con los resultados de la prueba de REPa existe la posibilidad de sobrestimar la calidad de la proteína, debido a que en esta prueba se considera que toda la proteína ingerida se utiliza para el crecimiento de los animales y no toma en cuenta

la proteína necesaria para el mantenimiento de los sujetos en estudio (Whitaker & Tannenbaum, 1977). Es por esto que para confirmar estos resultados se realizó el estudio de RNPa, ya que en esta prueba se considera el valor una dieta libre de nitrógeno (DLN) la cual produce una pérdida de peso corporal con el fin de considerar que una fracción de la proteína sintetizada se destinada con fines de mantenimiento.

En cuanto a los resultados de la RNPa, se encontró que el resultado de la dieta de la mezcla avena: garbanzo fue similar al de la dieta de referencia de caseína (3.90 y 3.94 respectivamente) sin encontrarse diferencias significativas entre ellas. Además, son valores cercanos al reportado teóricamente (4.1) para la dieta de referencia de caseína. Por otra parte, se encontró diferencia estadísticamente significativa con respecto a las dietas de garbanzo, avena, y entre estas últimas también se encontraron diferencias significativas (3.20, 2.70 respectivamente).

Los resultados son los esperados, ya que la REPa de la dieta a base de avena: garbanzo fue mayor al de la referencia de la dieta de caseína, y en el caso de la RNPa, fue similar al de la dieta de caseína. En cuanto a las dietas a base de solo un cereal o leguminosa (avena y garbanzo) se reportaron los valores menores en ambas pruebas, ya que las proteínas de estos alimentos son deficientes en algunos aminoácidos indispensables.

Dentro de los factores que podrían disminuir la deficiencia de aminoácidos azufrados como metionina ó bien la digestibilidad de la proteína del garbanzo, la cual puede limitar la disponibilidad de los aminoácidos, se encuentra la presencia de inhibidores de tripsina y quimiotripsina.

Con los resultados obtenidos en la dieta elaborada con la mezcla de avena: garbanzo se corrobora que se llevó a cabo la complementación proteínica por medio de la combinación de un cereal y una leguminosa. Esto se puede deber a que la avena al igual que otros cereales se caracteriza por un alto contenido de

aminoácidos como metionina, leucina, valina y fenilalanina principalmente. Aunque la avena se encuentra entre los cereales con un mayor contenido de lisina en comparación con otros cereales y muy cercano al valor recomendado por la FAO, éste sigue siendo un aminoácido limitante. Por otra parte, el garbanzo complementa este déficit ya que es un alimento rico en aminoácidos como lisina, leucina y fenilalanina principalmente y en otros aminoácidos indispensables que la avena contiene en bajas cantidades como glicina, histidina, arginina, treonina, isoleucina y valina (Chávez, 2009). De esta forma es posible lograr la complementación entre un cereal y una leguminosa lo cual se aprovechó para el desarrollo de un nuevo producto por medio de la mezcla de ambos alimentos.

En la tabla 29 se muestran los valores promedio de la Da. Con base en los porcentajes de Da que se obtuvieron, la dieta que presentó una menor Da fue la dieta a base de avena (49.30 %), este valor se puede deber principalmente al procesamiento del cereal para la obtención de hojuelas, ya que durante el proceso uno de los factores que deteriora a las proteínas es el calor, se ha reportado que el aminoácido lisina es el más afectado por el calentamiento de la proteína, ya que se forman compuestos que la tripsina no puede desintegrar y la lisina no es aprovechada en su totalidad; otros aminoácidos que también resultan afectados por la presencia de la formación de complejos con un grupo fructosil son la fenilalanina, metionina, triptófano y leucina (Adesogan *et al.*, 1998), seguida de la dieta a base de garbanzo con una Da de 63.17 %, el valor obtenido en la dieta a base de garbanzo es semejante al reportado en la literatura (Murriel Santolla Laura, 2007).

El valor más alto de digestibilidad fue el encontrado en la dieta a base de avena: garbanzo (87.37 %) el cual fue superior al de la dieta de referencia de caseína (85.47 %). En general, se conoce que los alimentos proteínicos de origen animal son más digeribles que los de origen vegetal, esto se atribuye a la disponibilidad de aminoácidos; sin embargo, este resultado corrobora que al existir una complementación entre un cereal y una leguminosa la digestibilidad aumenta ya que

los aminoácidos son absorbidos y aprovechados por el organismo (Cristóbal, et al., 2008).

5.3 Desarrollo de formulaciones para elaborar los atoles instantáneos

Para el desarrollo de los atoles se consideraron los resultados bromatológicos y las pruebas biológicas de la evaluación de la proteína en las dietas a base de avena, garbanzo y mezcla avena: garbanzo. Se elaboró una formulación base a partir de la mezcla avena: garbanzo la cual aporta 18% de proteína donde la mitad de esta proteína es aportada por la avena y la otra mitad por el garbanzo. A esta formulación base se le agregaron aditivos como colorantes, saborizantes y edulcorante con la finalidad de obtener una bebida rica en proteína con ingredientes nutritivos y de tres distintos sabores.

En la tabla 30, se presentan las formulaciones finales de los atoles las cuales fueron seleccionadas a partir de una evaluación sensorial que se realizó con un grupo de consumidores . Los resultados de esta prueba se muestran más adelante.

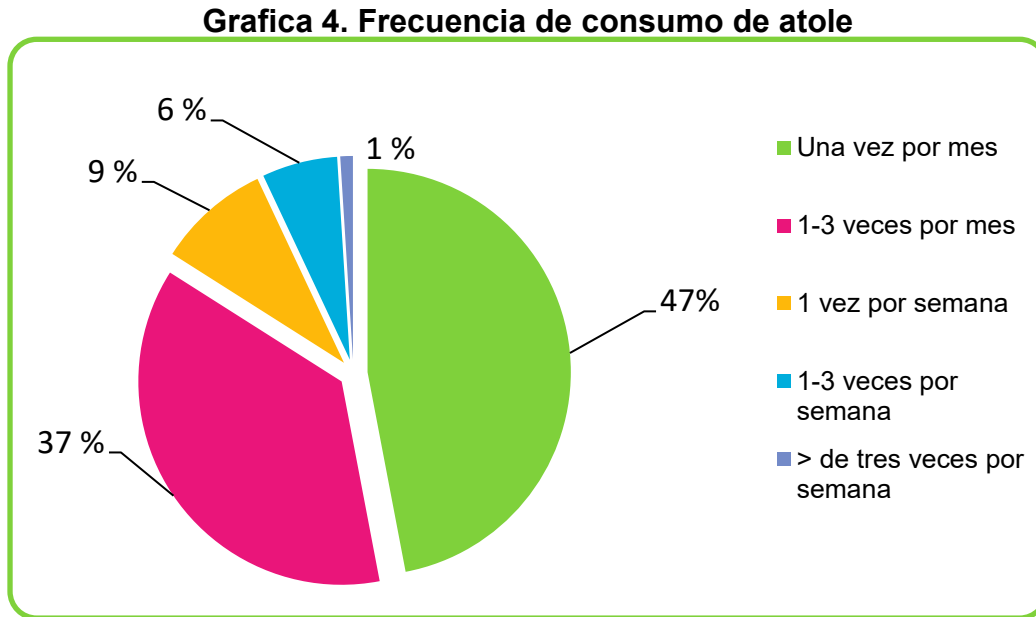
Tabla 30. Formulaciones finales seleccionadas (g).

Formulaciones	Chocolate Hersheys®	Sapore Fresa 013	Sapore Vainilla 011
Aporte de proteína avena : garbanzo	18 % (9 % aportado por garbanzo 9 % aportado por la avena).		
Harina de avena	34.71	42.90	47.89
Harina de garbanzo	19.19	23.72	26.48
Saborizante	19.50	0.44	1.10
Sacarosa	26.60	32.87	24.46
Colorante	-	0.07	0.06

5.4 Análisis sensorial

De acuerdo al estudio realizado por Nielsen, (2007), se ha mostrado que el consumo de bebidas como el atole creció un 6.3 % en países como Costa Rica, México, Guatemala y Honduras, principalmente. Se sabe que el consumo de atole en México se consume como alternativa alimenticia frente al alto costo de las bebidas lácteas,

pero también es una bebida energética y proteínica de gran importancia sobre todo en las zonas del norte del país donde las bajas temperaturas hacen estragos (CONACULTA, 2009).

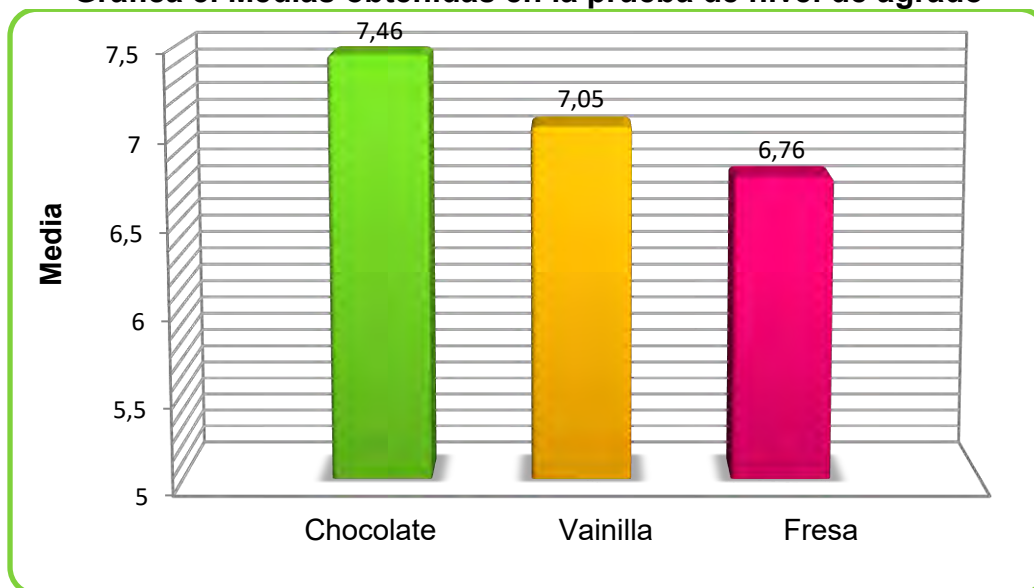


De acuerdo al cuestionario (Imagen 3) que se aplicó para la prueba sensorial “nivel de agrado” a 100 consumidores, se obtuvo la frecuencia de consumo como se muestra en la gráfica 4, donde el 47% lo consume una vez por mes, el 37% lo consume de 1 a 3 veces por mes, el 9% lo consume una vez por semana, 6% de 1 a 3 veces por semana y finalmente se observa que 1 de cada 100 lo hace más de tres veces por semana. Lo que indica que este desarrollo es una alternativa para el uso de ingredientes nutritivos, disponibles y poco aprovechados en el país (ASPRA, Consultores S.C., 1996).

De haber una estrecha relación entre los agricultores y las entidades de investigación se llevaría a cabo un aumento en el desarrollo de nuevos productos que contengan al garbanzo como fuente principal de proteína, el cual es una de las principales leguminosas que se producen en México y en conjunto con un cereal como la avena forman una proteína de buena eficiencia de conversión.

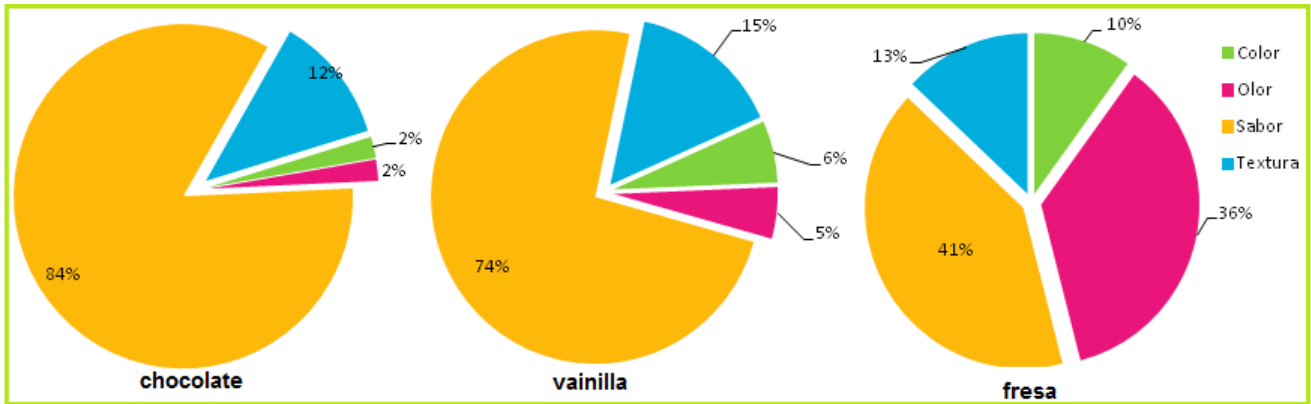
Con este mismo cuestionario se obtuvo la media de nivel de agrado mediante una escala hedónica de nueve puntos (Pedrero & Pangborn, 1996) para cada formulación. Donde en un extremo de la escala se sitúa la calificación disgusta hasta gusta muchísimo pasando por distintos puntos de agrado hasta desagrado. Como se muestra en la gráfica 5, la formulación que más agradó a los consumidores fue la de sabor chocolate, seguida de la de vainilla y finalmente la de fresa. Esto indica que en general todas las formulaciones son aceptadas sensorialmente entre los consumidores, al obtener calificaciones mayores al punto de gusta un poco hasta gusta mucho.

Gráfica 5. Medias obtenidas en la prueba de nivel de agrado



Finalmente, con respecto al cuestionario No. 5, se pidió seleccionar para cada formulación el atributo sensorial que más agradó a los consumidores. Como se muestra en los recuadros de la gráfica No. 6. Lo que más agradó fue el sabor, en las tres formulaciones seguido de la textura, el color y olor para los desarrollos de chocolate y vainilla; ya que en el desarrollo de la formulación de sabor fresa un atributo que agrado mucho fue el olor, seguido de textura y color, por lo que las tres muestras presentan aceptación entre los consumidores.

Grafica 6 Porcentaje de agrado de los atributos



5.5 Análisis bromatológico de las formulaciones finales

En la tabla 31 se muestran los resultados obtenidos del análisis bromatológico de las formulaciones (chocolate, vainilla y fresa), se observa que el contenido de humedad cumple con la NOM- 147-SSA1-1996 la cual indica que las harinas no deben rebasar el 15% de humedad, ya que se puede propiciar el desarrollo de bacterias y hongos alterando la calidad del producto.

Tabla 31. Análisis bromatológico de las formulaciones (g/100 g de muestra) y contenido de hierro y calcio ⁽¹⁾

Determinaciones	Humedad	Cenizas	Proteína cruda ⁽²⁾	Grasa	Fibra cruda	H.C. ⁽³⁾	Calcio *	Hierro *
Base húmeda sabor chocolate	6.11±0.16	2.70 ± 0.01	15.35±0.19	5.83± 0.20	0.34±0.02	69.67	124.43 ± 6.19	12.75 ± 0.16
Base seca sabor chocolate	-	2.88 ± 0.01	16.35 ± 0.20	6.21 ± 0.21	0.36 ± 0.02	74.20	132.43 ± 6.20	13.58 ± 0.17
Base húmeda Sabor Vainilla	6.53±0.27	2.63 ± 0.02	15.16 ± 0.05	4.63±0.07	0.44±0.02	70.61	91.93 ± 0.27	4.02± 0.23
Base seca sabor vainilla	-	2.81 ± 0.03	16.22 ± 0.06	4.95 ±0.08	0.47 ±0.03	75.54	97.91 ± 1.92	4.30 ± 0.03
Base húmeda sabor fresa	5.31 ± 0.14	2.69 ± 0.01	15.08 ± 0.07	4.65 ± 0.06	0.45 ± 0.03	71.82	95.04 ±1.89	3.40±0.02
Base seca sabor fresa	-	2.84 ± 0.01	15.93 ± 0.08	4.91 ± 0.07	0.48 ± 0.04	75.85	101.22 ± 0.28	3.64 ± 0.24

(¹) Resultados promedio de tres muestras ± desviación estándar, (²) Factor de conversión de proteína 6.25, (³) Hidratos de carbono obtenidos por diferencia. *calcio y hierro (mg/100 g de muestra).

En cuanto al contenido de proteína, se observa en la tabla 31 que se obtuvieron formulaciones con un alto valor proteínico siendo el sabor chocolate el de mayor contenido (16.35%), seguido de sabor vainilla (16.22 %) y finalmente sabor fresa (15.93 %); cabe mencionar que el contenido de proteína en el producto desarrollado es superior al de otros proyectos reportados en la literatura con un 10.07% de proteína (Contreras L. Elizabeth, 2011), el cual se basó en el desarrollo de una bebida instantánea llamada “amarantole” rica en proteína de sabor chocolate a base de una mezcla de cereal leguminosa como fue amaranto: harina de garbanzo y amaranto: soya.

Como era de esperarse el mayor aporte es el contenido de hidratos de carbono superior al 74% en los tres desarrollos, se observa en la tabla número 30 que la formulación a base de chocolate tiene mayor aporte de grasa, la formulación de sabor vainilla es la de menor aporte, al respecto del aporte de fibra cruda se obtuvieron valores bajos alrededor del 0.4%.

En cuanto a los resultados del contenido de cenizas en las tres formulaciones son semejantes entre sí, ya que se encuentran en un rango de 2.80% a 2.84%, valores superiores a lo reportado (1.11%) en una mezcla de amaranto: harina de garbanzo (Porras, 2009). Al respecto de los nutrimentos inorgánicos el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INNYS) sugiere que la ingesta diaria recomendada (IDR) para calcio y hierro para la población mexicana sea de 800 mg y 15 mg por día respectivamente en adultos. De acuerdo a los resultados obtenidos en las formulaciones estas tienen un aporte de nutrimentos inorgánicos de 16 % para el sabor chocolate, para el sabor fresa de 12% y el sabor vainilla con 11% con respecto a la IDR de calcio .

En cuanto a los resultados en la determinación de hierro el mayor aporte con respecto a la IDR de hierro es el desarrollo del atole sabor chocolate con 85%, seguido de vainilla con 27% y finalmente fresa con 23% de aporte.

5.6 Pruebas fisicoquímicas y microbiológicas

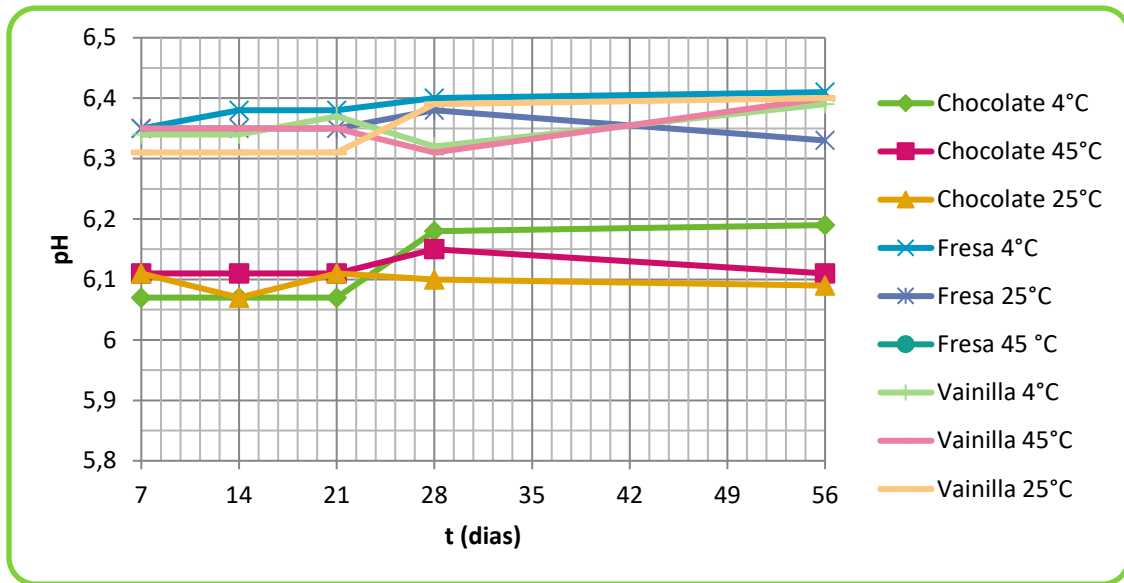
En los alimentos ocurren cambios químicos, físicos y microbiológicos con el transcurso del tiempo que pueden afectar la calidad de los mismos. Por esta razón se le realizaron pruebas a las tres formulaciones previamente envasadas, a tres distintas temperaturas 4, 25 y 45 °C, con el fin de tener resultados en temperaturas de refrigeración, ambiente y adversas.

5.6.1 Determinación de pH

La estabilidad de las formulaciones se puede ver afectada por el pH, temperatura y polaridad del disolvente, es decir que la interacción de una proteína con un disolvente demasiado ácido o básico podría provocar la desnaturalización de las proteínas presentes en los alimentos. Es por esta razón que el control del pH es un parámetro importante en los productos alimentarios, ya que además es un indicador de las condiciones higiénicas así como un parámetro de control de calidad.

En la gráfica 7 se observa los valores de pH (a las tres temperaturas ensayadas) en un periodo de 56 días. En la formulación de chocolate se obtuvieron valores de pH más bajos en un rango de 6.10 a 6.12, mientras que el pH de las formulaciones de fresa y vainilla se mantuvo en un rango similar (6.38 a 6.42); estos rangos de pH favorecen la conservación de las formulaciones ayudando a que no se dé un pH óptimo para el crecimiento microbiano y evitando que el producto se deteriore con mayor velocidad.

Grafica 7 Determinación de pH en chocolate, fresa y vainilla



5.6.2 Determinación de la humedad

En la tabla 32 se muestran los resultados del contenido de humedad; se puede observar que los resultados varían de acuerdo a la temperatura de almacenamiento. Es decir que en las muestras de sabor chocolate y vainilla almacenados a temperaturas de 4 y 25 °C se observó un aumento con respecto al contenido de humedad.

En cuanto a las muestras almacenadas a 45 °C mostraron una disminución en el contenido de humedad. Se sabe que un elevado contenido de humedad favorece el desarrollo de los microorganismos, provocando su descomposición y por lo tanto la pérdida de la calidad sanitaria de los alimentos (Carou Vidal MC, 1999), sin embargo los resultados obtenidos cumplen con la NOM-147-SSA1-1996, la cual indica que el valor máximo permitido en las harinas, cereales y sus derivados es del 15% de humedad.

Tabla 32 Determinación de humedad en sabor chocolate, fresa y vainilla a tres temperaturas

Días	CHOCOLATE			FRESA			VAINILLA		
	4 °C	25 °C	45 °C	4 °C	25 °C	45 °C	4 °C	25 °C	45 °C
0	5.27	5.27	5.27	6.64	6.64	6.64	6.55	6.55	6.55
7	7.14	6.35	5.71	7.08	7.08	6.97	6.4	7.34	6.37
14	6.14	6.25	4.56	7.09	7.09	5.25	7.58	7.11	5.51
21	6.19	6.8	4.47	6.32	7.41	5.96	6.75	7.13	5.54
28	6.7	7.2	4.5	7.35	8.49	5.98	8.02	7.9	4.83
56	7.24	7.42	4.84	5.53	7.61	5.56	8.24	8.47	5.51

5.6.3 Volumen de sedimentación

En el **Anexo 4** se muestran los resultados del volumen de sedimentación de las formulaciones, la cual se evaluó cada 7 días. En la tabla 33 se puede ver el promedio de estos resultados.

Para la formulación de sabor chocolate, el volumen de sedimentación es de 0.97 a todas las temperaturas monitoreadas, lo que nos indica que ni la temperatura ni el tiempo afectan la estabilidad del producto. En cuanto a los resultados de las bebidas sabor vainilla y fresa se observa que a mayor temperatura (45 °C) las formulaciones son menos estables que a menor temperatura (4 °C) incrementando el volumen de sedimentos. Dado que el volumen de sedimentación es igual al volumen de sedimentación final entre el volumen de sedimentación inicial y el resultado óptimo es 1, en los resultados de esta prueba se observa que los valores obtenidos son cercanos a este valor sin el uso de estabilizantes.

Existen pruebas que indican que el volumen de sedimentación para un desarrollo de bebidas tipo atole a base de un cereal y una leguminosa sin el uso de estabilizantes son menores a 0.5, valor que indica presencia de sedimentos en el desarrollo y para el cual se requiere el uso de estabilizantes (Arvizu, 2010).

Tabla 33 Resultados de la prueba volumen de sedimentación (promedio, desviación estándar, coeficiente de variación).

Chocolate	4 °C	25 °C	45 °C
x	0.97	0.97	0.97
de	0.03	0.03	0.03
CV	3.39	2.69	3.29
Fresa	4 °C	25 °C	45 °C
x	0.99	0.96	0.89
de	0.01	0.04	0.08
CV	1.04	4.17	8.85
vainilla	4 °C	25 °C	45 °C
x	0.97	0.95	0.92
de	0.06	0.05	0.04
CV	6.13	5.25	4.02

x = promedio, de = desviación estándar, CV = coeficiente de variación (%)

5.6.4 Prueba de estabilidad al calor

En la tabla 34 se muestran los resultados de la prueba de estabilidad al calor. Se sabe que cualquier factor que modifique la interacción de la proteína con el disolvente disminuirá su estabilidad provocando la precipitación de las proteínas, a este fenómeno se le conoce como desnaturalización

En esta prueba el resultado de la desnaturalización de las proteínas se presenta como la coagulación de las proteínas con una formación de coágulos o nata en la superficie de los atoles; además de la precipitación de las proteínas en el fondo de los matraces después de someterlos a la presión y tratamiento térmico.

Los resultados de esta prueba son negativos es decir se observó que ninguna de las formulaciones presentó precipitación ni coagulación de las proteínas. Se puede decir que las formulaciones finales son estables a la temperatura, presión y tiempo transcurrido que se sometieron.

Tabla 34 Prueba estabilidad al calor.

Tiempo	Día cero del monitoreo	Temperatura	Temperatura	Temperatura	
		4 °C	25 °C	45 °C	
tiempo final de la prueba a los 56 días					
Chocolate	-	-	-	-	-
Vainilla	-	-	-	-	-
Fresa	-	-	-	-	-

(+) = Formación de coágulos o presencia de precipitaciones en el matraz, (-) = Sin formación de coágulos o presencia de precipitaciones en el matraz.

5.6.5 Pruebas microbiológicas

En la tabla 35 se observan los resultados de las pruebas microbiológicas a tres distintos tiempos: inicial (0 días), 28 días y final (56 días). Estas pruebas fueron realizadas con el apoyo de Analysis & Research Lab, S. A. De C. V.

La calidad microbiológica de las formulaciones se evaluó contabilizando mesófilos aerobios, coliformes, hongos y levaduras al tiempo inicial, para tener de referencia estos valores en las siguientes evaluaciones a otras temperaturas y días de monitoreo. Como se observa en la tabla 35, los resultados en el tiempo inicial se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la NOM –131- SSA1-1995.

Posteriormente se hicieron los análisis después de haber sometido las muestras a distintas temperaturas (4, 25 y 45 °C) a los 28 días con respecto al tiempo de inicio de la prueba y al final de la prueba 56 días. Como era de esperar se observó que la presencia de microorganismos aumentó con respecto al tiempo de almacenamiento y con la temperatura en todas las formulaciones estudiadas. En la cuantificación de mesófilos aerobios la formulación que tuvo mayor cantidad de microorganismos fue la de sabor vainilla a los 56 días a 45 °C (1300 UFC/ g). En las formulaciones de fresa y chocolate el contenido de microorganismos fue inferior con respecto a la formulación de sabor vainilla. Para la determinación de coliformes y levaduras se observa que los valores de las tres formulaciones cumplen con lo establecido en la NOM - 131- SSA1-1995.

Tabla 35 Resultados de las pruebas microbiológicas para las formulaciones sabor fresa, vainilla y chocolate a distintas temperaturas (4, 25 y 45 °C).

Parámetros iniciales	Mesófilos Aerobios	Coliformes NMP /g	Hongos UFC /g	Levaduras UFC /g		
*NOM-131	2500	20	300	20		
Sabor fresa inicial	100	< 10	40	<10		
Sabor vainilla inicial	120	<10	50	<10		
Sabor chocolate inicial	90	<10	30	<10		
Formulaciones	Días evaluados	Temperatura monitoreada °C	Mesófilos aerobios UFC/g	Coliformes NMP /g	Hongos UFC /g	Levaduras UFC /g
Fresa	28	4	100	<10	30	<10
		25	190	<10	50	<10
		45	210	<10	50	<10
	56	4	270	<10	40	<10
		25	600	<10	70	<10
		45	790	<10	80	<10
Vainilla	28	4	110	<10	40	<10
		25	360	<10	80	<10
		45	700	<10	200	<10
	56	4	1080	<10	50	<10
		25	1200	<10	120	<10
		45	1300	<10	200	<10
Chocolate	28	4	90	<10	20	<10
		25	260	<10	30	<10
		45	300	<10	40	<10
	56	4	100	<10	40	<10
		25	800	<10	160	<10
		45	1000	<10	200	<10

NORMA Oficial Mexicana NOM-131-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos para lactantes y niños de corta edad. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. REFERENCIA DE METODOS DE ENSAYO:

Mesofílicos aerobios. NOM-092-SSA1-1994. Sensibilidad mínima de cuantificación en placa por vertido es de 10 UFC/g Grupo coliforme total.

NOM-113-SSA1-1994. Sensibilidad mínima de cuantificación en placa por vertido es de 10 UFC/g. Hongos y levaduras. NOM-111-SSA1-1994. Sensibilidad mínima de cuantificación en placa por vertido es de 10 UFC/g

5.6.6 Vida de anaquel

Se estimó la vida útil de las formulaciones finales de los atoles, mediante pruebas de envejecimiento acelerado ASLT. Se consideró que la reacción que puede llegar a afectar la calidad nutricional o sensorial del producto final es a través la hidrólisis lipídica, por lo que se utilizó el índice de acidez como indicador del deterioro. Los productos se almacenaron en tres condiciones de temperatura: condiciones óptimas (refrigeración 4°C), típicas (temperatura ambiente 25°C) y adversas (temperaturas extremas 45°C; se monitoreó a distintos tiempos al día 0, 7, 14, 21, 28 y 56; los resultados mostraron la cinética de reacción de deterioro de los productos finales y se muestran en el **ANEXO 5**.

En las temperaturas más altas 45 °C, se redujo el tiempo de vida del producto considerablemente a 1.6 meses para chocolate, 1.8 meses para vainilla y fresa, existen variables que pueden acelerar las reacciones como el empaque, luz, oxígeno y humedad afectando la calidad nutricional o sensorial del producto; y existen otra variables que no pueden llevarse a simularse en el laboratorio (transporte, cambios de presión, etc.) (Baldizon, 2008). Sin embargo la temperatura ambiente a la cual se expondría el producto en el anaquel sería entre los 18 y 25 °C en la cual la vida de anaquel del producto es de 6 meses, por lo que se recomienda que al comercializar el producto las condiciones de almacenamiento se conserve en un lugar fresco y no se exponga a temperaturas extremosas.

Tabla 36 Resultados de pruebas de envejecimiento acelerado ASTL.

Formulaciones	Chocolate	Fresa	Vainilla
T (°C)	tiempo (meses)		
18	6.1	5.6	5.6

Cabe mencionar que este nuevo desarrollo es un producto el cual no contiene conservadores; si se requiere mejorar el resultado se puede utilizar la adición de algún conservador.

6.0 Etiqueta nutricional del producto terminado

Imagen 4. Etiqueta del producto sabor vainilla

Sabor Vainilla

GARAVENA®

Bebida a base de harina de avena y garbanzo para preparar atole

¡Solo agrega Agua!

Rinde + de 1 LITRO



1taza (240ml) de atole preparado aporta:

Grasa Saturada 0 Kcal 0 %	Sodio 0 mg 0 %	Azucares 29 Kcal 2 %	Energía 36 Kcal	Energía por envase 180 Kcal
---------------------------------	----------------------	----------------------------	--------------------	--------------------------------

CONT. NETO 50g

Ingredientes: Harina de avena, sacarosa, harina de garbanzo, saborizante artificial, colorante artificial.

Este producto puede causar hipersensibilidad. Elaborado en equipos que procesan avena y garbanzo.

Garavena S.A. de C.V. Domicilio: Facultad de Química, edificio "A", ubicado en Ciudad Universitaria, delegación Coyoacán, CDMX.

Información Nutricional

Porciones por envase: 5 aprox.

Tamaño de la porción	2 cdtas (9.4 g) para preparar una taza(240 mL)
Contenido energético	36.0 K/cal
Proteínas	2.0 g
Grasas de las cuales:	
Grasa saturada	0 g
Carbohidratos de los cuales:	7.0 g
Azucares	7.0 g
Fibra dietética	0 g
Sodio	0 mg

Modo de preparación: 1. disolver el contenido de este sobre en una taza (240 mL) de agua. 2. Posteriormente agregar a un litro de agua hirviendo. 3. Dejarlo hervir durante 5 minutos, moviendo constantemente. 4. No es necesario endulzar pero si lo requiere añada al gusto.

HECHO EN MÉXICO



Cad: día - mes - año

Lote:

www.garavena.com.mx



CONSERVE LIMPIO EL AMBIENTE



POR FAVOR RECICLE



MANTENER EN UN LUGAR FRESCO



Imagen 5. Etiqueta del producto sabor fresa

Sabor Fresa



Bebida a base de harina de avena y garbanzo para preparar atole

¡Solo agrega Agua!



Rinde + de 1 LITRO

1taza (240ml) de atole preparado aporta:

Grasa Saturada 0 Kcal	Sodio 0 mg	Azúcares 29 Kcal	Energía 36 Kcal	Energía por envase 180 Kcal
0 %	0 %	2 %		

% de los nutrimentos diarios

5 porciones por envase

CONT. NETO 50g

Ingredientes: Harina de avena, sacarosa, harina de garbanzo, saborizante artificial, colorante artificial.

Este producto puede causar hipersensibilidad. Elaborado en equipos que procesan avena y garbanzo.

Garavena S.A. de C.V. Domicilio: Facultad de Química, edificio "A", ubicado en Ciudad Universitaria, delegación Coyoacán, CDMX.

Información Nutricional

Porciones por envase: 5 aprox.

Tamaño de la porción	2 <u>cditas</u> (9.4 g) para preparar una taza(240 <u>mL</u>)
Contenido energético	36.0 K/cal
Proteínas	2.0 g
Grasas de las cuales:	
Grasa saturada	0 g
Carbohidratos de los cuales:	7.0 g
Azúcares	7.0 g
Fibra dietética	0 g
Sodio	0 mg

Modo de preparación: 1. disolver el contenido de este sobre en una taza (240 mL) de agua. 2. Posteriormente agregar a un litro de agua hirviendo. 3. Dejarlo hervir durante 5 minutos, moviendo constantemente. 4. No es necesario endulzar pero si lo requiere añada al gusto.

HECHO EN MÉXICO



Cad: día - mes - año

Lote:

www.garavena.com.mx



CONSERVE LIMPIO EL AMBIENTE POR FAVOR RECICLE MANTENER EN UN LUGAR FRESCO



Imagen 5. Etiqueta del producto sabor chocolate

Sabor Chocolate

GARAVENA®

Bebida a base de harina de avena y garbanzo para preparar atole

¡Solo agrega Agua!

Rinde + de 1 LITRO

1taza (240ml) de atole preparado aporta:

Grasa Saturada 0 Kcal	Sodio 0 mg	Azucares 29 Kcal	Energía 36 Kcal	Energía por envase 180 Kcal
0 %	0 %	2 %		

CONT. NETO 50g

Ingredientes: Harina de avena, sacarosa, harina de garbanzo, saborizante artificial, colorante artificial.
 Este producto puede causar hipersensibilidad. Elaborado en equipos que procesan avena y garbanzo.
 Garavena S.A. de C.V. Domicilio: Facultad de Química, edificio "A", ubicado en Ciudad Universitaria, delegación Coyoacán, CDMX.

Información Nutricional

Porciones por envase: 5 aprox.

Tamaño de la porción	2 cditas (9.4 g) para preparar una taza(240 mL)
Contenido energético	36.0 K/cal
Proteínas	2.0 g
Grasas de las cuales:	
Grasa saturada	0 g
Carbohidratos de los cuales:	7.0 g
Azucares	7.0 g
Fibra dietética	0 g
Sodio	0 mg

Modo de preparación: 1. disolver el contenido de este sobre en una taza (240 mL) de agua. 2. Posteriormente agregar a un litro de agua hirviendo. 3. Dejarlo hervir durante 5 minutos, moviendo constantemente. 4. No es necesario endulzar pero si lo requiere añada al gusto.

HECHO EN MÉXICO

Cad: día – mes - año

Lote:

www.garavena.com.mx





CONSERVE LIMPIO EL AMBIENTE POR FAVOR RECICLE MANTENER EN UN LUGAR FRESCO




VI. CONCLUSIONES

- ✓ Se corroboró la composición bromatológica, cantidad de hierro y calcio en la harina de avena y garbanzo; a partir de estos resultados se desarrolló una mezcla a base de avena: garbanzo con 18% de proteína, donde cada materia prima aportó el 9% de proteína.
- ✓ Se evaluó la calidad de la proteína mediante métodos biológicos RNP_a, REP_a y Da, los valores de REP_a y RNP_a avena (2.21, 2.70) y garbanzo (2.20, 3.20); fueron menores que los obtenidos para caseína (2.50, 3.94), la mezcla de avena: garbanzo (2.64, 3.90) obtuvo un valor similar a la dieta de referencia confirmando la complementación proteínica.
- ✓ Se obtuvo el valor de Da para avena (49.30), garbanzo (63.17) y mezcla de avena: garbanzo 87:37 este último fue superior al de caseína (85.47); con lo que se corrobora la complementación entre un cereal y una leguminosa.
- ✓ Se desarrollaron tres formulaciones finales tipo atole de sabor fresa, vainilla y chocolate a base de mezcla avena: garbanzo, las cuales son aceptadas por los consumidores Mexicanos.
- ✓ Se determinó la composición bromatológica y contenido de proteína de las formulaciones finales, se cuantificó la cantidad de calcio e hierro la formulación de chocolate aporta 27%, vainilla 23% y fresa el 16% con respecto a la IDR de calcio; el aporte de la IDR de hierro en la formulación de chocolate es 85%, vainilla 27% y fresa 23% de acuerdo a lo recomendado por el INNSZ.
- ✓ Bajo las condiciones de tiempo y temperatura evaluadas los productos fueron estables en las pruebas de pH, contenido de humedad, volumen de sedimentación, estabilidad al calor y calidad microbiológica.

- ✓ Se obtuvo el tiempo estimado de vida de anaquel para las formulaciones de 6 meses a temperaturas de almacenamiento de 18 °C, se recomienda almacenar el producto en lugares frescos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Adesogan, A. & Owen, 1998. Prediction of the in vivo digestibility of whole crop wheat from in vitro digestibility, chemical composition, in situ rumen degradability, in vitro gas production and near infrared reflectance spectroscopy. *Animal feed science and technology* , 74(3), pp. 259-572.

Arvizu, M. V., 2010. Desarrollo de alimentos instantaneos tipo atole de alto valor nutritivo para alimentacion infantil. 1 ed. Mexico, D.F.: UNAM.

ASPRA, Consultores S.C., 1996. "Estudio de la producción del mercado mundial del garbanzo blanco", México: ASERCA.

Badui, S., 1999. "Química de los alimentos". In: México: Editorial Alhambra Mexicana, S.A. de C.V. Pearson Educacion Tercera edición, pp. 104-119.

Baldizón, C. G. & Córdoba, M. E. M., 2008. Estimacion de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas. Issue ISSN:1409-2441, pp. 18 (1,2).

Bascur, B., Tapia, F. & Sepúlveda, R., 1982. "Nueva variedad de garbanzo california". In: La platina, Chile: -INIA. Investigación y progreso agropecuario, pp. 19, 20.

Belitz, H. & Grosch, W., 1997. Cereales y derivados. "Química de los alimentos". In: Zaragoza, España.: Editorial Acriba, S.A. Segunda Edición, pp. 30-35.

Bender, A. D. B., 1997. Biological evaluation of protein: a new aspect.. *Brit. J. Nutr*, pp. 11: 140 - 147.

Berdaner, C., 2008. "Nutrición de alimentos". In: México: Editorial Mc. Graw Hill. Segunda Edición., pp. 45-68.

Bonillas, R., 2002. "La avena y sus efectos hipocolesterolémicos". . In: s.l.:Quaker Oats Company Archives, pp. 42:67-69.

Boumans, H. v. G. M. G. L. y. B. A., 1997. Differential Inhibition of the Yeast bc Complex by Phenanthrolines and Ferroin. *The Journal of Biological Chemistry*, pp. 272, 2, 19753-19760..

Bourges H., C. E. R. J., 2009. Recomendaciones de Ingestión de Nutrimientos para la Población, Bases Fisiologicas Tomo 2. México D.F.: Medica Panamericana,.

Brody, A. & Strapinsky, E., 2001. "Active Packagaing for food applications". . In: Boca Raton, Florida: s.n., pp. 232,255.

Brown, T., 2004 . "Química. La ciencia central". In: México: Editorial Pearson Educación, pp. 614,620, 621.

Burrows, B., 1986. Oats: "Chemistry and Techonology". In: St. Paul MN: Editorial American Association of cereal chemists, pp. 13-116, 153-203,205-308.

Bushuk, W. & Larter, E., 1980. "Tricale: Production, chemistry, and techonology. in: Advances in Cereal Science and Technology",. In: St. Paul, MN: Editorial Am. Assoc. Cereal Chem, pp. 115-157.

Caballero, D. M., 2009. "Estudio de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo de infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas para el mediano y largo plazo a nivel nacional". In: s.l.:SAGARPA, FIRCO, pp. 11,12, 26-28,39-40.

Campbell, J., 1985. "Methodology of protein evaluation in the PAG compendium". Sach, M.Y.: Editorial, John Wiley & Sons. Vol. D.N.Y. .

Chávez, M., 2009. "Tablas: Valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo" Composición de alimentos. In: 2° Edición ed. México, D.F.: Instituto Nacional de Cancerologia, Editorial McGraw Hill, pp. 5,38.

CODEX, A., 2015. <http://www.codexalimentarius.net>. [Online] Available at: <http://www.codexalimentarius.net/gsfonline/reference/techfuncs.html?lang=es> [Accessed 19 OCTUBRE 2015].

CONACULTA, 2009. El Atole una bebida ancestral con tradicion. [Online] Available at: http://conaculta.gob.mx/El_AtoleUna_Bebida_Ancestral_Con_Tradicion.htm [Accessed 6 Mayo 2012].

Contreras L. Elizabeth, J. J. O. J. C. S. R. C. O. J. A. M., 2011. AUMENTO DEL CONTENIDO PROTEICO DE UNA BEBIDA A BASE DE AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus*). chil. nutr. [online], 38(3), pp. 322-330..

Cristóbal, S. L., Osorio, D. & Bello, P., 2008. "Digestibilidad del almidón y fracción indigerible". In: Yautepec, Morelos: Centro de Desarrollo Bióticos del Instituto Politécnico Nacional., pp. 169-174.

Cubero, J. & Moreno, M., 1993. "Leguminosas de grano.". In: Madrid: Editorial Mundi Prensa, pp. 177- 189.

Cuellar, R., 1985. "Alimentación del lactante". In: México: Sociedad Mexicana de Pediatría, pp. 220 -225.

Dendy, A. & Dobraszcyk, J. B., 2001. "Cereales y productos derivados, química y tecnología".. In: Primera edición ed. Zaragoza: Editorial ACRIBA, pp. 457-460.

Eggum, B. & Gullord, M., 1983. "The nutritional quality of some oat varieties cultivated in Norway. Plant Foods for Human Nutrition". In: s.l.:s.n., pp. 32:67-73.

FAO, 2015. FAO. [Online]
Available at:
http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/PIMIENTO.HTM
[Accessed 18 MAYO 2015].

FAO, 2015. FAO. [Online]
Available at:
http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/PIMIENTO.HTM
[Accessed 24 Octubre 2015].

FAOSTAT, 2007. "Food and Agriculture Organization of the United Nations, for a world without hunger". , s.l.: FAO Statical Yearbook.

Fernández, Q. et al., 1993. "Las leguminosas y concentrados de proteína: Nuevas perspectivas y aplicaciones. Alimentaria", s.l.: s.n.

Fidanza, F. & Spiller, G., 1991. "The mediterranean diets in healt and disease". In: V. N. Reinhold, ed. New York: s.n., pp. 102-110.

Flores, N. I., 2003. Evaluacion nutricional y toxicologica del ejote de colorin (Erythrina americana) despues de ser sometido a un proceso de cocci3n.. México, D.F.: UNAM.

Fox, B. & Cameron, A., 2006. "Ciencia de los alimentos Nutrici3n y Salud". In: México: Editorial Limusa, pp. 430-431.

Fries AM, M. C. P. A. R. M., 2001. Manual sobre la utilizaci3n de cultivos andinos subexplotados en la alimentaci3n. In: FAO, ed. SANTIAGO DE CHILE : FAO, p. 456.

Garde, M. R., 2006. "Técnicas del manejo de los alimentos".. In: Segunda ed. Buenos Aires: Sociedad de Economía mixta, pp. 75-78.

Gil, H. Á., 2010. "Tratado de nutrición Tomo II, Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos".. In: 2° Edición ed. España: Editorial Médica Panamericana, pp. 98-107.

Gómez, J., 2006. Unidad dietética y nutrición clínica, hospital universitario La Paz. [Online]

Available at:
<http://www.nacom.es/saludalia/websaludalia/vivirsano/doc/nutrición/doc/proteínas2.htm>

[Accessed Octubre 2012].

Gordillo, E. M., 1992. "El garbanzo una alternativa para el secano". In: Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, pp. 13-16.

Gordon, M. W., 2005 . "Perspectivas en nutrición". In: 44-48, ed. 1° Edición ed. México: Editorial Mac Graw Hill.

Gutierrez, K. H., 2008. Determinación de la vida útil de un producto con alto contenido. s.l.:Escuela de Tecnología de Alimentos.

Hebert, S. & Sidel, L., 1993. "Sensory Evaluation Practices".. In: California: Academic Press. Inc., pp. 139-145.

Honovar, P., 1962. Ch.V, Shih "Inhibition of grownt of rats by purific hemagglutinin fraction isolated from Phaseolus vulgaris". In: s.l.:Journal Nutrition, pp. 77:109-114.

James, S. C., 1999. Analytical Chemistry of Foods,. New York: ASPEN Publishers.

Joseph, M., 2002 . "La importancia de la fibra soluble en la mejor absorción de los lípidos". . In: s.l.:Asociación Mexicana de Miembros de Facultades y Escuelas de Nutricion,A.C. Quaker.

Klaus, J., 1991. "Handbook of Cereal Scince and Technology". In: New York: Editorial Marcel Dekker, pp. 199-216.

Larralde, J., 1991 . "Develoment related nutritional utilization and inmune function in mice fe don two different protein sources". In: s.l.:Nutricion Res., pp. 16.829-839.

Larry, A. & Michael, P., 2002. In: "Food Additives". s.l.:Editorial Marcel Dekker, pp. 707-708.

- Liener, E., 1980. In: "Toxic factor in edible legume and their elimination". s.l.:Am. J.Clin, Nutr, pp. 11:281-298.
- Lopez, M., 2004. "Nutrición y salud para todos". In: Segunda Edición ed. México: Editorial Trillas, pp. 65-69.
- Luikkonen, K. & Montfoort, S., 1992. "Water induced lipid changes in oat processing". In: s.l.:Journal of Agricultural Food Chemistry , pp. 40: 126-130.
- Madrid, A., 2000. "Los aditivos en los alimentos: según la unión Europea y la legislación Española". In: Madrid: Editorial Mundi Prensa Libros, pp. 11,13, 15,25.
- Man, C. & Jones, A., 1994. "Shelf life evaluation of foods".. In: London: Blackie Academic & Professional, pp. 22-32.
- Manners, D., 1985. "Some aspects of the structure of starch. Cereal Foods World". In: s.l.:s.n., pp. 30: 461-467.
- Martinez H., M. A. Z. A., 2000. Alimentos composición y propiedades. Zaragoza: Mac Graw Hill - Interamericana de España, S.A. de C.V..
- Martínez, E. & Calvo, C., 2010. "Bromatología: composición y propiedades de los alimentos". In: México: Ed. Mc Graw Hill, p. 157.
- Martínez, J. & Maraculla, M., 1991. "Valor nutritivo y aspectos tecnológicos de las leguminosas". In: San Sebastián: Universidad del país Vasco, pp. 69-73.
- Mataix, V. J., García, D. & M., M. A., 2003. "Tabla de composición de alimentos".. In: I. d. N. y. T. d. alimentos, ed. 4° Edición ed. s.l.:Editorial Universidad de Granada, p. 159.
- Matz, S., 1991 . "The chemistry and Technology of Cereals as Food an Feed". In: 2° Edicion ed. New York: Editorial Van Nostrand Reinhold, pp. 107-134.
- Melani, V. A., 2010. Desarrollo de alimentos instantáneos tipo atole de alto valor nutritivo para alimentación infantil. Mexico D.F.: Universidad Nacional Autonoma de México, Facultad de Química.
- Mendoza, M. E. & Calvo, C. M., 2010. In: "Bromatología: Composición y propiedades de los alimentos". . México: Editorial Mc. Graw Hill, pp. 143-145, 221-222.
- Miquel, P., 2004. "Como cura la avena".. In: 6° Edición ed. Barcelona: Editorial Pacmer, pp. 12-22.

Moller, E., 2006. "Alimentos saludables de la A a la Z". Una guía de posibilidades para comer sano y variado y muy sabroso. In: 2° Edición ed. México: Editorial Grijalbo, pp. 55,56, 128.

Molto, J., 2006. "Proteínas en Nutrición Básica Humana". In: P. U. d. Valencia, ed. Valencia: Editorial Soriano del Castillo, pp. 99-116.

Muller, H., 1991. "Nutrición y ciencia de los alimentos". In: 1° Edición ed. Zaragoza: Editorial ACRIBA, pp. 143-145.

NOM-092-SSA1, 1994. Secretaria de Salud Norma Oficial mexicana norma oficial mexicana, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. México: s.n.

NOM-111-SSA1, 1994. Norma Oficial Mexicana , bienes y servicios. método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentoS.. México: s.n.

NOM-113-SSA1, 1994. Secretaria de Salud Norma Oficial Mexicana, bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Mexico: s.n.

NOM-131-SSA1, 2012. Norma Oficial Mexicana , Productos y servicios. Fórmulas para lactantes, de continuación y para necesidades especiales de nutrición. Alimentos y bebidas no alcohólicas para lactantes y niños de corta edad. Disposiciones y especificaciones.

NOM-147-SSA1, 1996. Norma Oficial Mexicana, bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, semolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, semolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificacion.. In: mexico: s.n.

Osca, L., 2001. "Condiciones climáticas, Cultivos herbáceos extensivos".. In: Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia, pp. 134-138.

Padilla, A. J., 2007. "Jornada de transferencia de tecnología del cultivo del garbanzo". In: México: Sinaloa A.C., pp. 13, 15.

Pamplona, J., 2006. "Salud por los Alimentos Nuevo Estilo de Vida". In: 1° Edición ed. Madrid: Editorial Safeliz, S.L., pp. 48-55.

Pedrero, D. & Pangborn, R., 1996. "Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos".. In: México D.F.: Editorial Alabama Mexicana, pp. 140-141.

Pellet, D. & Young, V., 1990. "Nutritional Evaluation of Protein foods".. In: Tokio: The United Nations University, pp. 1-6, 27-54.

Peña, H. & Levio, C., 1993. "Nuevo Cultivar de Garbanzo de Grano Grande". Agricultura técnica.. In: Chile: s.n., pp. 285-287.

Poppit, D. S., 2007. "Soluble fibre oat barley β - glucan enriched products: can we predict cholesterol-lowering effects". . In: U. o. Auckland, ed. s.l.:British Journal of Nutrition, pp. 97: 1049-1050.

Porras, M., 2009. Propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de harinas para preparar atole a base de amaranto. In: Tesis de licenciatura. Química de Alimentos. Pachuca(Pachuca): Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, p. 60.

Potter, N. & Hotchkiss, H. J., 1995. "Ciencia de los alimentos". In: 127-135, ed. 5° Edición ed. España: Editorial ACRIBA.

Ramos, G., 1985. "Alimentación normal en niños y adolescentes". El manual moderno. In: México: s.n., pp. 123 -128.

Remigton., 1987. "Farmacia". In: 17° Edición Tomo 2 ed. Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana S.A., p. 423.

Rivera A., J., O, M. H., Rosas Peralta, M. & Aguilar Salinas, C., 2008. Consumo de bebidas para una vida saludable: recomendaciones para la población mexicana.. Salud Publica Mex, 50(2), pp. 173-195.

Rivera, J. & Muñoz, H., 2008. "Consumo de bebidas para una vida saludable: recomendaciones para la población mexicana".. In: I. N. d. S. Publica, ed. Cuernavaca, Morelos: Centro de Investigación en Nutrición y Salud.

Robertson, G., 2006. "Food packaging: principles and practice". . In: 2° Edición ed. Florida : s.n.

Robinson, D., 1991. "Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos". In: Zaragoza: Editorial Acriba, pp. 109-141.

Robles, S. R., 1990. "Producción de granos y forrajes".. In: 3° Edición ed. s.l.:Editorial LIMUSA, pp. 23-28, 469-473.

SAGARPA, 2014. "Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, de los Estados Unidos Mexicanos".. In: G. D. R. P. y. A. Secretaría de Agricultura, ed. s.l.:s.n.

SAGARPA, 2014. "Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, de los Estados Unidos Mexicanos".. In: G. D. R. P. y. A. Secretaría de Agricultura, ed. s.l.:s.n.

SAGARPA, 2014. SAGARPA SIAP. [Online] Available at: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> [Accessed 07 08 2015].

Salido, G., 1985. "Importancia de las legumbres en la nutrición humana". . In: Madrid, España: Ed. Acriba, S.A. , pp. 23, 27,33.

Savage, G. & Deo, S., 1989. "The nutritional value of peas (*Pisum sativum*)". . In: s.l.:A literatura Review. Nutr. Abst. Review, pp. 59, 65-88.

Secretaria de Salud, 1995. Norma Oficial Mexicana, NOM-131-SSA1-1995, , "Bienes y servicios. Alimentos para lactantes y niños de corta edad". Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.

Secretaria de Salud, 1996. "Bienes y servicios. cereales y sus productos. Harinas de cereales, semolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, semolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación" Disposiciones y especificaciones sanitar. Norma Oficial Mexicana, NOM-147-SSA1-1996.

Secretaria de Salud, 2006. "Acuerdo por el que se determinan las sustancias permitidas como aditivos y coadyuvantes en alimentos. Bebidas y suplementos alimenticios". Diario Oficial de la Federación, 17 Julio, p. Primera Sección.

SIAP, 2014. "Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera".. In: México: s.n., p. Sección 8.1.9.15.

Sotelo, A., Flores, F. & Hernandez, M., 1987. In: "Chemical composition and nutritional value of Mexican varieties of chickpea (*Cicer arietinum* L)". Plants foods for human nutrition. . s.l.:s.n., pp. 37:299-306.

Sotelo, A., Lucas, B., Valle, A. & Giral, F., 1980. "Chemical composition and toxic factors content of sixteen leguminous sedes". In: J. C. D. R. Quart, ed. s.l.:s.n., pp. 18:9 -16.

Sotelo, A. y. L. G., 2000. Huevo en polvo con bajo conyenido de colesterol: Características nutricias y sanitarias del producto. ISSN0004-0622 ed. Mexico D.F.: ALAN.

Sotelo, L. G. y. A., 2000. Huevo en polvo con bajo contenido de colesterol: Características nutricias y sanitarias del producto. ALAN ISSN 0004-0622, 50(2), pp. 134-141.

Swaisgood, H. & Catignani, G., 1991. "Protein digestibility: in vitro methods of coessment". . In: s.l.:Adv. Food Nutricion Res, pp. 35:185-236.

Valle, V., 2000. "Toxicología de alimentos". . In: s.l.:Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Salud Pública. Centro Nacional de Salud Ambiental., pp. 56-72.

Venegas, S., 2011. Elaboracion de una base de datos de consulta referente a la calidad nutritiva proteica de diferentes alimentos de origen animal y vegetal. s.l.:Facultad de Quimica, UNAM.

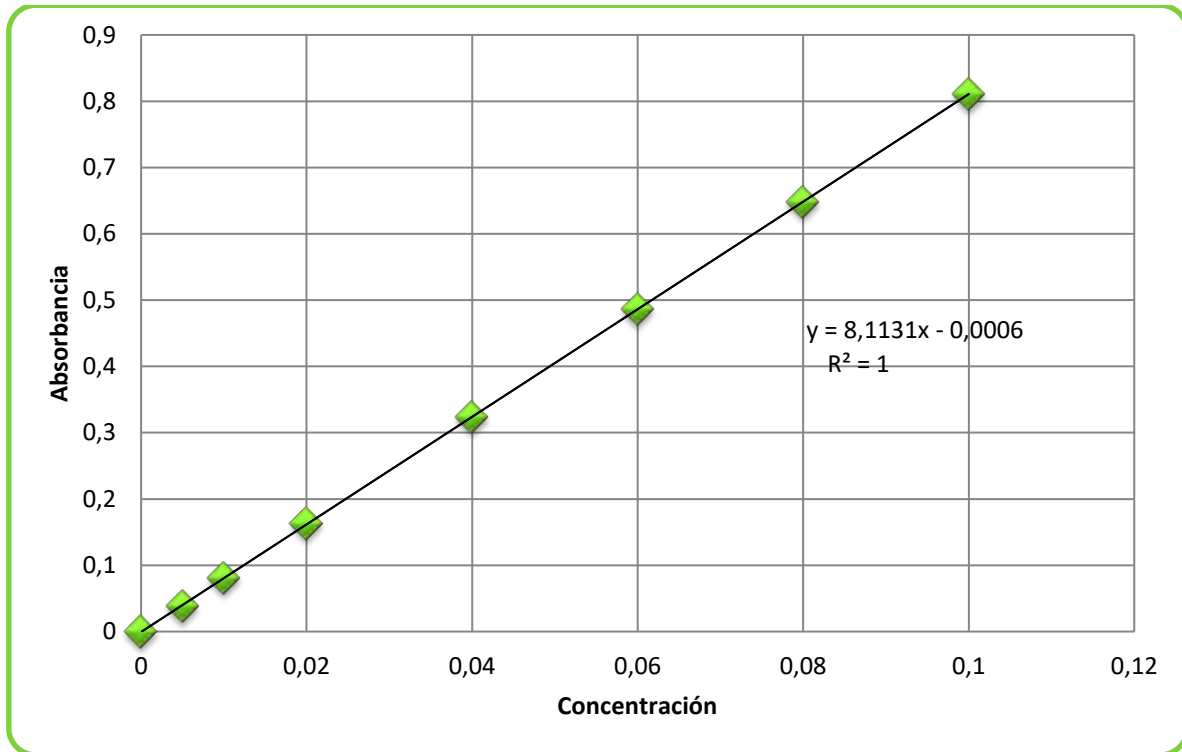
Welch, R. & Mc Connell, M., 1995. "Cereales y productos derivados".. In: Zaragoza: Editorial ACRIBA, pp. 457-474.

Whitaker, J. R. & Tannenbaum, S., 1977. "Food proteins". . In: I. Avi Publicación. Co, ed. Westport, Connecticut: s.n.

Williams, S., n.d. "Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists. AOAC". In: Washington D.C.: s.n., pp. Methods 14.004, 7.009, 2.055, 7.0063, 7.074, 944.02, 944.03.

VIII. ANEXO 1.

Grafica 8. Curva estándar para la determinación de hierro en materia prima y producto terminado.



VIII. ANEXO 2.

LOTE 1 Registro de datos para la prueba biológica nutricional dieta a base de caseína

Rata: <u>1 wistar</u> Sexo: <u>Macho</u> Peso inicial (Pi): <u>29.1</u> Dieta: <u>Caseína 10%</u>												
Tiempo (días)	2	4	9	10	12	15	17	19	22	24	26	28
Peso animal (P día)	31.4	34.2	41.0	45.0	50.6	62.0	68.7	77.1	83.7	90.0	93.4	104.5
Incremento acumulado (P día-Pi)	2.3	5.1	11.9	15.9	21.5	32.9	39.6	48.0	54.6	60.9	64.3	75.4
Alimento inicial (I)	259.9	281.8	310.8	283.8	285.5	299.0	289.9	280.5	299.7	283.2	288.7	287.8
Alimento final (F)	253.7	271.0	283.8	275.1	268.7	270.7	268.1	259.4	265.3	259.8	266.2	248.4
Alimento ingerido(AI=I-F)	6.2	10.8	27	8.7	16.8	28.3	21.8	21.1	34.4	23.4	22.5	39.4
Alimento acumulado (ΣAI) día	6.2	17.0	44.0	52.7	69.5	97.8	119.6	140.7	175.1	198.5	221.0	260.4

Rata: <u>2 wistar</u> Sexo: <u>Macho</u> Peso inicial (Pi): <u>40.5</u> Dieta: <u>Caseína 10%</u>												
Tiempo (días)	2	4	9	10	12	15	17	19	22	24	26	28
Peso animal (P día)	44.9	49	63.0	66.3	76.8	89.2	92.0	99.3	105.6	110.5	116	131.0
Incremento acumulado (P día-Pi)	4.4	8.5	22.5	25.8	36.3	48.7	51.5	58.8	65.1	70.0	75.5	90.5
Alimento inicial (I)	230.1	250.5	277.3	248.8	249.8	264.4	250.8	256.3	282.5	264.6	269.8	265.7
Alimento final (F)	220.3	237.8	243.1	239.2	225.7	229.5	231.1	242.1	248.6	241.9	247.7	222.8
Alimento ingerido(AI=I-F)	9.8	12.7	34.2	9.6	24.1	34.9	19.7	14.2	33.9	22.7	22.1	42.9
Alimento acumulado (ΣAI) día	9.8	22.5	56.7	66.3	90.4	125.3	145.0	159.2	193.1	215.8	237.9	280.8

Rata: 3 wistar	Sexo: Macho			Peso inicial (Pi): 43.2				Dieta: Caseína 10%				
Tiempo (días)	2	4	9	10	12	15	17	19	22	24	26	28
Peso animal (P día)	49.0	54.9	69.4	73.0	79.4	86.6	89.0	96.0	104.3	112.4	118.5	130.7
Incremento acumulado (P día-Pi)	5.8	11.7	26.2	29.8	36.2	43.4	45.8	52.8	61.1	69.2	75.3	87.5
Alimento inicial (I)	286.3	302.4	327.8	296.9	298.5	318.7	309.0	307.5	330.5	310.1	313.2	324.0
Alimento final (F)	272.2	288.8	291.4	287.8	278.5	288.7	292.0	284.6	294.7	285.1	288.3	286.1
Alimento ingerido(AI=I-F)	14.1	13.6	36.4	9.1	20.0	30.0	17.0	22.9	35.8	25.0	24.9	37.9
Alimento acumulado (ΣAI) día	14.1	27.7	64.1	73.2	93.2	123.2	140.2	163.1	198.9	223.9	248.8	286.7

Rata: 4 wistar	Sexo: Macho			Peso inicial (Pi): 49.0				Dieta: Caseína 10%				
Tiempo (días)	2	4	9	10	12	15	17	19	22	24	26	28
Peso animal (P día)	54.1	60.5	75.8	79.0	83.4	90.0	94.4	101.2	103.4	121.7	134	143.5
Incremento acumulado (P día-Pi)	5.1	11.5	26.8	30.0	34.4	41.0	45.4	52.2	54.4	72.7	85.0	94.5
Alimento inicial (I)	249.4	263.9	289.8	261.0	265.5	280.9	269.2	262.5	295.2	271.6	268.7	285.4
Alimento final (F)	234.6	247.3	249.6	251.4	245.2	249.6	248.3	239.5	254.2	243.5	240.7	240.4
Alimento ingerido(AI=I-F)	14.8	16.6	40.2	9.6	20.3	31.3	20.9	23.0	41.0	28.1	28.0	45.0
Alimento acumulado (ΣAI) día	14.8	31.4	71.6	81.2	101.5	132.8	153.7	176.7	217.7	245.8	273.8	318.8

Rata: <u>5 wistar</u>		Sexo: <u>Macho</u>			Peso inicial (Pi): <u>49.0</u>			Dieta: <u>Caseína 10%</u>				
Tiempo (días)	2	4	9	10	12	15	17	19	22	24	26	28
Peso animal (P día)	53.5	63.4	81.0	86.0	90.0	99.4	105.5	113.4	129.2	137.0	147.2	161
Incremento acumulado (P día-Pi)	4.5	14.4	32.0	37.0	41.0	50.4	56.5	64.4	80.2	88.0	98.2	112.0
Alimento inicial (I)	233.9	248.7	267.5	233.8	252.0	268.2	251.7	252.8	278.9	253.1	251.2	269.0
Alimento final (F)	218.7	227.5	222.7	222.0	228.5	231.0	224.7	225.0	233.4	225.5	220.4	224.7
Alimento ingerido(AI=I-F)	15.2	21.2	44.8	11.8	23.5	37.2	27.0	27.8	45.5	98.2	30.8	44.3
Alimento acumulado (ΣAI) día	15.2	36.4	81.2	93.0	116.5	153.7	180.7	208.5	254.0	352.2	383.0	427.3

Rata: <u>6 wistar</u>		Sexo: <u>Macho</u>			Peso inicial (Pi): <u>55.5</u>			Dieta: <u>Caseína 10%</u>				
Tiempo (días)	2	4	9	10	12	15	17	19	22	24	26	28
Peso animal (P día)	55.3	66.8	78.4	84.3	87.0	96.5	101.2	108.5	106.1	126.0	131.5	142.7
Incremento acumulado (P día-Pi)	-0.2	11.3	22.9	28.8	31.5	41.0	45.7	53.0	50.6	70.5	76.0	87.2
Alimento inicial (I)	232	251.3	272.5	236.6	253.0	269.3	250.0	259.0	313.7	284.1	272.8	276.4
Alimento final (F)	220.5	230.2	226.6	223.7	230.6	229.5	223.7	230.9	273.2	254.9	245.0	234.3
Alimento ingerido(AI=I-F)	11.5	21.1	45.9	12.9	22.4	39.8	26.3	28.1	40.5	29.2	27.8	42.1
Alimento acumulado (ΣAI) día	11.5	32.6	78.5	91.4	113.8	153.6	179.9	208.0	248.5	277.7	305.5	347.6

LOTE 2 Registro de datos para la prueba biológica nutricional dieta a base de Avena: Garbanzo

Rata: <u>1 wistar</u> Sexo: <u>Macho</u> Peso inicial (Pi): <u>30.0</u> Dieta: <u>Av. + Garb.</u>												
Tiempo (días)	2	4	9	10	12	15	17	19	22	24	26	28
Peso animal (P día)	34.0	39.9	53.5	56.6	63.5	75.5	83.6	91.3	102.2	110.2	115.8	127
Incremento acumulado (P día-Pi)	4.0	9.9	23.5	26.6	33.5	45.5	53.6	61.3	72.2	80.2	85.8	97.0
Alimento inicial (I)	228.9	250.2	277.7	250.1	262.5	275.3	256.1	263.8	292.8	265.0	259.5	262.3
Alimento final (F)	220.0	237.4	240.0	241.4	240.7	242.8	230.5	239.1	252.7	237.4	232.4	220.7
Alimento ingerido(AI=I-F)	8.9	12.8	37.7	8.7	21.8	32.5	25.6	24.7	40.1	27.6	27.1	41.6
Alimento acumulado (ΣAI) día	8.9	21.7	59.4	68.1	89.9	122.4	148.0	172.7	212.8	240.4	267.5	309.1

Rata: <u>2 wistar</u> Sexo: <u>Macho</u> Peso inicial (Pi): <u>39.2</u> Dieta: <u>Av. + Garb.</u>												
Tiempo (días)	2	4	9	10	12	15	17	19	22	24	26	28
Peso animal (P día)	44.0	49.6	60.5	63.0	71.5	83.3	92.0	100.6	111.5	119.3	128.4	137.7
Incremento acumulado (P día-Pi)	4.8	10.4	21.3	23.8	32.3	44.1	52.8	61.4	72.3	80.1	89.2	98.5
Alimento inicial (I)	280.6	300.5	323.5	298.8	310.9	322.9	299.6	307.1	330.9	307.0	305.0	310.2
Alimento final (F)	270.8	287.1	289.2	289.0	288.0	286.9	273.7	279.5	290.0	278.6	275.3	270.0
Alimento ingerido(AI=I-F)	9.8	13.4	34.3	9.8	22.9	36.0	25.9	27.6	40.9	28.4	29.7	40.2
Alimento acumulado (ΣAI) día	9.8	23.2	57.5	67.3	90.2	126.2	152.1	179.7	220.6	249.0	278.7	318.9

Rata: <u>3 wistar</u>		Sexo: <u>Macho</u>			Peso inicial (Pi): <u>46.6</u>			Dieta: <u>Av. + Garb.</u>				
Tiempo (días)	2	4	9	10	12	15	17	19	22	24	26	28
Peso animal (P día)	49.0	55.6	70.5	74.5	82.0	94.3	99.8	109.1	120.4	126.4	135.8	145.9
Incremento acumulado (P día-Pi)	2.4	9.0	23.9	27.9	35.4	47.7	53.2	62.5	73.8	79.8	89.2	99.3
Alimento inicial (I)	269.1	287.0	314.0	283.4	303.2	314.2	287.4	295.5	319.8	292.2	294.6	305.8
Alimento final (F)	257.4	269.6	273.4	271.3	279.5	277.5	262.3	267.2	277.5	263.5	266.8	263.6
Alimento ingerido(AI=I-F)	11.7	17.4	40.6	12.1	23.7	36.7	25.1	28.3	42.3	28.7	27.8	42.2
Alimento acumulado (ΣAI) día	11.7	29.1	69.7	81.8	105.5	142.2	167.3	195.6	237.9	266.6	294.4	336.6

Rata: <u>4 wistar</u>		Sexo: <u>Macho</u>			Peso inicial (Pi): <u>48.5</u>			Dieta: <u>Av. + Garb.</u>				
Tiempo (días)	2	4	9	10	12	15	17	19	22	24	26	28
Peso animal (P día)	48.2	59.8	75.0	79.8	86.0	96.5	93.5	107.9	119.3	126.4	134.7	149.3
Incremento acumulado (P día-Pi)	-0.3	11.3	26.5	31.3	37.5	48.0	45.0	59.4	70.8	77.9	86.2	100.8
Alimento inicial (I)	231.6	251.2	273.5	244.9	253.2	265.4	239.8	261.7	280.4	257.7	256.6	265.2
Alimento final (F)	220.7	231.8	233.4	233.3	229.1	228.7	221.1	230.6	237.3	229.6	228.6	222.2
Alimento ingerido(AI=I-F)	10.9	19.4	40.1	11.6	24.1	36.7	18.7	31.1	43.1	28.1	28.0	43.0
Alimento acumulado (ΣAI) día	10.9	30.3	70.4	82.0	106.1	142.8	161.5	192.6	235.7	263.8	291.8	334.8

Rata: <u>5 wistar</u>		Sexo: <u>Macho</u>			Peso inicial (Pi): <u>49.5</u>			Dieta: <u>Av. + Garb.</u>				
Tiempo (días)	2	4	9	10	12	15	17	19	22	24	26	28
Peso animal (P día)	48.6	64.5	79.5	85.5	93.5	104.5	110.5	118.5	129.3	132.5	144.7	156.3
Incremento acumulado (P día-Pi)	-0.9	15.0	30.0	36.0	44.0	55.0	61.0	69.0	79.8	83.0	95.2	106.8
Alimento inicial (I)	266.2	285.4	304.6	270.7	294.7	304.9	289.4	296.2	318.8	294.0	295.4	304.2
Alimento final (F)	255.5	264.5	256.1	258.1	267.5	264.2	261.3	267.8	273.8	264.2	265.4	259.1
Alimento ingerido(AI=I-F)	10.7	20.9	48.5	12.6	27.2	40.7	28.1	28.4	45.0	29.8	30.0	45.1
Alimento acumulado (ΣAI) día	10.7	31.6	80.1	92.7	119.9	160.6	188.7	217.1	262.1	291.9	321.9	367.0

Rata: <u>6 wistar</u>		Sexo: <u>Macho</u>			Peso inicial (Pi): <u>53.4</u>			Dieta: <u>Av. + Garb.</u>				
Tiempo (días)	2	4	9	10	12	15	17	19	22	24	26	28
Peso animal (P día)	49.8	66.2	86.5	92.0	103.5	118.0	123.0	137.3	150.6	160.0	172	183.6
Incremento acumulado (P día-Pi)	-3.6	12.8	33.1	38.6	50.1	64.6	69.6	83.9	97.2	106.6	118.6	130.2
Alimento inicial (I)	274.9	294.5	313	300.6	304.9	311.5	293.3	305.5	325.3	295.1	301.0	320.1
Alimento final (F)	264.8	271.1	298.8	285.9	271.9	265.5	265.4	269.2	275.4	264.9	265.0	269.2
Alimento ingerido(AI=I-F)	10.1	23.4	47.0	14.7	33.0	46.0	27.9	36.3	49.9	30.2	36.0	50.9
Alimento acumulado (ΣAI) día	10.1	33.5	80.5	95.2	128.2	174.2	202.1	238.4	288.3	318.5	354.5	405.4

Tabla 37 Análisis de varianza (ANOVA) en la Relación de Eficiencia Proteínica (PER).

Fuente de variación	GI	SC	CM	F
Muestras	3	0.8687	0.2896	14.4398
Jueces	5	0.1155	0.0231	
Error	15	0.3008	0.0201	
Total	23	1.2850	0.3328	

Nivel de significancia	F de tablas	Comparativo	F calculado	Diferencia significativa
0.05	3.0984	<	14.4398	Si

Tabla 38 Diferencia mínima significativa (DMS)

Muestras	Diferencia entre Medias	(> ó <)	DMS
D-A	0.1424	<	0.2412
D-B	0.4332	>	0.2412
D-C	0.4424	>	0.2412
A-B	0.2908	>	0.2412
A-C	0.3	>	0.2412
B-C	0.0092	<	0.2412

A= 2.5 B=2.2092 C= 2.2000 D= 2.6424

Tabla 39 Análisis de varianza (ANOVA) en la Relación de Eficiencia Neta (RPN)

Fuente de variación	GI	SC	CM	F
Muestras	3	2.6258	0.8753	1.2109
Jueces	5	12.2523	2.4505	
Error	15	2.2042	0.1469	
Total	23	17.0823	3.4727	

Nivel de significancia	F de tablas	Comparativo	F calculado	Diferencia significativa
0.05	3.09839121	>	1.2109	No

VIII. Anexo 3

Tabla 40 Resultados Nivel de Agrado de sabor chocolate

No.	Edad	Sexo	Frecuencia de consumo	Turin 071	Ghiraldelli 639	Hersheys 220	Atributo
1	23	F	d	6	4	7	Sabor
2	-	F	a	4	7	6	Sabor
3	23	F	b	4	7	9	Sabor
4	22	M	b	6	4	7	Sabor
5	23	F	a	2	7	5	Textura
6	23	M	a	6	7	8	Sabor
7	25	M	c	6	5	8	Sabor
8	25	M	d	3	7	8	Sabor
9	22	M	b	4	6	8	Textura
10	22	M	b	5	7	9	Sabor
11	23	M	a	4	8	6	Olor
12	22	M	a	4	4	7	Sabor
13	23	M	b	6	7	9	Sabor
14	22	M	a	7	8	8	Sabor
15	21	F	a	5	6	9	Sabor
16	22	M	a	6	8	8	Sabor
17	27	F	a	4	7	8	Sabor
18	-	M	c	4	8	7	Textura
19	25	M	a	9	3	7	Sabor
20	-	M	a	3	6	5	Sabor
21	-	F	a	6	7	8	Sabor
22	24	F	a	4	4	7	Sabor
23	20	M	a	4	8	7	Sabor
24	22	M	a	3	6	8	Sabor
25	23	M	b	7	5	8	Sabor

26	24	F	a	6	3	9	Sabor
27	23	F	b	3	8	7	Sabor
28	24	M	a	6	7	8	Sabor
29	21	F	a	6	5	9	Textura
30	21	F	a	5	6	8	Sabor
31	25	F	a	6	8	9	Sabor
32	26	F	c	6	9	8	Todo
33	21	F	a	4	6	7	Sabor
34	24	F	d	4	4	5	Sabor
35	24	F	a	7	6	8	Todo
36	54	M	a	7	7	8	Todo
37	22	M	a	3	5	8	Sabor
38	21	M	b	7	4	8	Sabor
39	24	M	a	4	5	8	Sabor
40	22	F	b	4	4	7	Sabor
41	22	F	a	4	6	9	Todo
42	24	M	b	4	8	7	Textura
43	23	F	b	7	7	9	Sabor
44	22	M	b	3	6	5	Sabor
45	21	F	d	4	7	6	Sabor
46	22	M	a	4	8	7	Sabor
47	21	F	b	5	7	7	Sabor
48	21	F	b	4	6	4	Sabor
49	-	F	c	5	6	8	Sabor
50	24	F	b	4	5	8	Sabor
51	21	M	a	4	6	7	Textura
52	21	M	c	6	6	7	Sabor
53	-	M	b	7	6	8	Sabor
54	20	F	b	7	7	9	Textura

55	21	F	b	5	4	8	Sabor
56	25	M	b	7	7	9	Sabor
57	-	F	e	5	6	8	Sabor
58	-	F	a	9	7	8	Textura
59	27	F	c	5	8	8	Sabor
60	23	M	b	4	6	7	Sabor
61	27	F	b	6	6	8	Sabor
62	24	M	d	5	5	9	Textura
63	-	F	a	4	5	8	Sabor
64	23	F	a	6	7	9	Sabor
65	21	M	b	4	6	7	Sabor
66	19	F	b	5	4	7	Sabor
67	24	F	a	6	2	7	Sabor
68	23	F	a	4	7	6	Sabor
69	24	M	b	7	5	9	Sabor
70	24	F	b	5	6	8	Sabor
71	26	M	b	7	8	7	Textura
72	26	M	a	4	9	6	Sabor
73	26	M	a	4	8	6	Sabor
74	25	M	a	4	7	6	Sabor
75	22	M	b	5	6	9	Sabor
76	22	F	d	4	8	7	Sabor
77	42	F	b	6	8	7	Sabor
78	24	M	a	8	7	6	Sabor
79	56	M	c	9	7	6	Sabor
80	26	M	a	4	6	7	Sabor
81	22	F	b	3	6	9	Sabor
82	28	M	b	8	6	8	Sabor
83	24	F	a	4	7	8	Olor

84	>30	M	a	1	9	5	Todo
85	26	F	b	5	7	9	Sabor
86	26	F	b	6	5	8	Sabor
87	22	M	b	4	6	7	Sabor
88	22	F	a	3	6	9	Sabor
89	26	F	b	6	7	8	Todo
90	24	F	a	4	5	8	Sabor
91	21	M	d	8	9	7	Sabor
92	22	F	a	7	4	8	Sabor
93	22	M	c	2	6	8	Sabor
94	23	M	b	3	7	6	Sabor
95	22	M	b	4	6	7	Textura
96	20	M	b	3	6	4	Color
97	20	M	b	5	6	7	Sabor
98	20	F	a	6	8	7	Sabor
99	-	F	a	2	6	8	Sabor
100	24	F	a	6	8	7	Sabor
Total				500	629	746	
Media				5	6.29	7.46	

(-)No especificado

Tabla 41 Resultados Nivel de Agrado de Fresa

No.	Edad	Sexo	Frecuencia de consumo	Nivel de Agrado Fresa (012)	Nivel de Agrado Fresa (013)	Atributo de Agrado
1	26	F	a	7	4	Textura
2	26	M	b	7	8	Todo
3	24	F	a	8	4	Sabor
4	24	F	a	7	4	Sabor
5	23	F	b	1	9	Olor
6	25	M	a	8	9	Sabor
7	-	F	b	8	7	Todo
8	23	M	a	7	8	Sabor
9	21	F	b	4	3	Sabor

10	21	M	a	4	7	Sabor
11	54	M	a	7	6	Textura
12	56	M	d	7	8	Sabor
13	21	F	a	7	8	Sabor
14	27	M	a	8	7	Sabor
15	23	M	b	4	6	Textura
16	23	M	a	3	4	Sabor
17	25	M	a	4	3	Sabor
18	25	M	b	7	8	Olor
19	23	F	b	5	7	Sabor
20	21	M	d	7	8	Sabor
21	24	F	a	4	8	Sabor
22	26	F	b	6	8	Textura
23	27	M	b	5	7	Sabor
24	26	F	c	8	7	Sabor
25	25	F	a	5	6	Textura
26	27	F	a	6	7	Sabor
27	23	F	a	6	7	Sabor
28	20	M	b	8	7	Sabor
29	-	F	b	7	8	Sabor
30	23	M	b	7	4	Sabor
31	21	M	a	5	3	Sabor
32	19	F	b	6	6	Color
33	22	M	c	6	5	Textura
34	21	M	b	5	8	Sabor
35	21	M	b	6	8	Sabor
36	21	F	a	7	6	Textura
37	22	M	a	4	2	Color
38	25	F	b	6	8	Sabor
39	25	M	a	7	6	Textura
40	23	F	a	7	6	Sabor
41	22	F	b	6	9	Sabor
42	20	M	d	5	8	Color
43	22	F	c	6	7	Sabor
44	22	M	b	8	9	Sabor
45	23	M	a	6	4	Sabor
46	22	F	a	7	8	Sabor
47	21	F	b	7	6	Sabor
48	22	F	a	6	8	Sabor
49	28	M	b	6	8	Sabor
50	22	M	a	4	5	Sabor
51	21	F	a	6	3	Textura

52	22	F	a	6	7	Textura
53	21	F	a	6	3	Sabor
54	22	M	b	7	6	Sabor
55	-	F	a	4	5	Olor
56	22	F	a	6	4	Sabor
57	27	F	b	8	7	Sabor
58	20	F	a	7	6	Sabor
59	25	M	c	6	7	Sabor
60	20	F	b	5	7	Sabor
61	21	F	c	5	7	Sabor
62	-	M	a	7	7	Sabor
63	25	F	a	7	9	Sabor
64	21	M	a	2	6	Sabor
65	23	F	b	6	9	Sabor
66	21	M	d	8	6	Sabor
67	21	F	a	5	9	Sabor
68	23	M	b	7	6	Olor
69	23	F	b	6	8	Sabor
70	25	M	b	6	7	Sabor
71	25	M	c	5	8	Textura
72	21	M	a	3	6	Textura
73	22	M	a	4	8	Sabor
74	21	M	b	8	7	Textura
75	23	M	b	6	9	Sabor
76	22	M	c	4	6	Sabor
77	21	M	b	6	9	Sabor
78	21	M	b	9	7	Textura
79	25	F	b	6	9	Sabor
80	20	M	c	4	7	Sabor
81	20	M	a	3	9	Color
82	22	M	b	7	6	Sabor
83	20	M	b	5	8	Sabor
84	20	M	e	7	6	Sabor
85	22	M	d	4	9	Sabor
86	21	F	b	7	2	Sabor
87	23	M	b	5	9	Sabor
88	20	F	a	7	6	Sabor
89	22	F	b	3	9	Color
90	20	F	d	6	6	Color
91	26	F	a	4	9	Sabor
92	26	F	a	7	6	Sabor
93	24	F	c	4	9	Sabor

94	23	F	a	4	6	Sabor
95	25	F	b	6	7	Textura
96	25	F	b	3	8	Sabor
97	26	M	b	4	9	Sabor
98	24	M	a	3	7	Sabor
99	21	M	b	9	5	Sabor
100	25	F	a	5	8	Sabor
Total				580	676	
Media				5.8	6.76	

(-)No especificado

Tabla 42 Resultados Nivel de Agrado de Vainilla.

No.	Edad	Sexo	Frecuencia de consumo	Nivel de agrado	Atributo de agrado
1	24	M	c	8	Todo
2	-	F	a	7	Sabor
3	25	F	a	8	Color
4	23	M	b	7	Textura
5	26	M	b	6	Todo
6	25	M	c	8	Olor
7	25	M	d	6	Sabor
8	21	M	c	9	Olor
9	21	F	a	7	Olor
10	-	F	a	6	Textura
11	22	M	b	6	Olor
12	20	M	a	9	Olor
13	21	M	b	7	Todo
14	22	M	b	7	Olor
15	23	M	c	6	Olor
16	22	M	b	7	Color
17	27	M	a	8	Sabor
18	26	F	a	6	Olor
19	27	M	b	7	Textura

20	24	M	a	7	Sabor
21	-	F	a	7	Textura
22	21	F	b	6	Olor
23	22	M	a	6	Olor
24	21	M	a	7	Textura
25	21	F	a	8	Color
26	-	F	a	5	Textura
27	21	M	b	7	Olor
28	21	F	a	7	Olor
29	19	M	a	7	Olor
30	20	F	a	8	Olor
31	27	F	b	8	Olor
32	25	F	b	4	Olor
33	24	F	a	7	Olor
34	23	F	b	8	Sabor
35	48	M	c	4	Color
36	21	F	a	5	Olor
37	21	F	a	4	Olor
38	22	F	a	8	Olor
39	25	M	a	7	Color
40	22	M	a	6	Sabor
41	-	M	b	8	Color
42	27	F	a	6	Sabor
43	23	F	a	9	Sabor
44	24	F	d	8	Sabor
45	23	M	b	7	Todo
46	23	F	a	8	Sabor
47	22	F	a	8	Sabor
48	24	M	a	6	Sabor

49	24	F	c	5	Textura
50	-	M	a	7	Sabor
51	22	F	a	6	Olor
52	23	F	b	8	Color
53	22	F	a	7	Sabor
54	26	F	c	6	Sabor
55	23	M	b	7	Sabor
56	-	F	b	8	Sabor
57	22	M	b	7	Textura
58	-	M	b	8	Sabor
59	22	M	b	7	Olor
60	25	M	a	8	Sabor
61	-	F	c	7	Todo
62	30	M	a	6	Sabor
63	23	M	a	8	Sabor
64	22	M	a	9	Sabor
65	21	F	b	7	Color
66	22	F	b	6	Sabor
67	21	M	d	9	Sabor
68	22	M	b	8	Textura
69	22	F	e	6	Sabor
70	22	F	a	7	Olor
71	21	F	b	7	Sabor
72	20	M	a	7	Olor
73	21	M	b	7	Olor
74	21	M	a	6	Sabor
75	26	F	c	8	Sabor
76	21	M	a	7	Color
77	21	M	a	6	Olor

78	23	M	a	8	Olor
79	20	M	a	7	Sabor
80	22	F	b	9	Sabor
81	22	F	d	9	Sabor
82	21	F	a	6	Olor
83	22	M	a	7	Sabor
84	24	F	b	6	Sabor
85	58	F	a	8	Todo
86	30	M	b	8	Sabor
87	21	M	b	8	Textura
88	22	M	c	6	Olor
89	23	M	a	7	Sabor
90	25	F	a	6	Color
91	23	F	b	8	Olor
92	21	F	a	7	Sabor
93	24	F	c	7	Todo
94	24	F	a	7	Sabor
95	23	F	e	8	Color
96	21	F	a	7	Sabor
97	22	M	d	8	Textura
98	25	M	a	6	Olor
99	24	F	b	9	Olor
100	24	F	a	7	Sabor
Total				705	
Media				7.05	

(-)No especificado

Tabla 43 Resultados de análisis de varianza (ANOVA) en las formulaciones a base de chocolate.

Nivel de significancia	F de tablas	Comparativo	F calculado	Diferencia significativa
0.05	3.03	<	75.21	Si

De acuerdo a los resultados de la tabla 5.6.1.3 la formulación de chocolate sabor Hersheys (C) es más agradable que la formulación con chocolate Ghiraldelli (B) y Turin (A); pero la formulación con Ghiraldelli es más agradable que la formulación con chocolate Turin pero no respecto a la formulación con Ghiraldelli por lo tanto la muestra preferida es la de la formulación con chocolate Hershyes.

Tabla 44 Resultados de la prueba DMS.

Muestras	Valor	< ó >	DMS
C-B	2.46	>	0.5059
C-A	1.17	>	0.5059
B-A	1.29	>	0.5059

A (Turín) = 5

B (Ghiraldelli) =6.29

C (Hershyes)= 7.46

VIII. ANEXO 4

Tabla 45 Resultados de la prueba volumen de sedimentación a distintos tiempos y temperaturas.

Días	Sabor chocolate			Sabor Fresa			Sabor Vainilla		
	4 °C	25 °C	45 °C	4 °C	25 °C	45 °C	4 °C	25 °C	45 °C
0	0.99	0.99	0.99	1	1	1	0.99	0.99	0.99
7	1	1	0.94	1	0.98	0.94	1	1	0.9
14	0.99	0.99	1	0.98	0.94	0.8	0.85	0.9	0.9
21	0.95	0.95	0.93	1	0.9	0.8	1	0.9	0.9
28	0.92	0.95	0.95	1	1	0.9	1	1	0.9
56	0.94	0.94	1	0.98	0.94	0.9	0.96	0.92	0.9
x	0.97	0.97	0.97	0.99	0.96	0.89	0.97	0.95	0.92
de	0.03	0.03	0.03	0.01	0.04	0.08	0.06	0.05	0.04
Cv	3.39	2.69	3.29	1.04	4.17	8.85	6.13	5.25	4.02

VIII. ANEXO 5

Tabla 46. Resultados de acidez de las formulaciones a las temperaturas monitoreadas (4, 25 y 45 °C).

Formulación sabor chocolate				Formulación sabor fresa			Formulación sabor vainilla		
Tiempo	4°C	25°C	45°C	4°C	25°C	45°C	4°C	25°C	45°C
0	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
14	0,07	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08
28	0,08	0,09	0,09	0,09	0,07	0,06	0,09	0,07	0,06
56	0,08	0,07	0,06	0,08	0,07	0,05	0,08	0,07	0,05

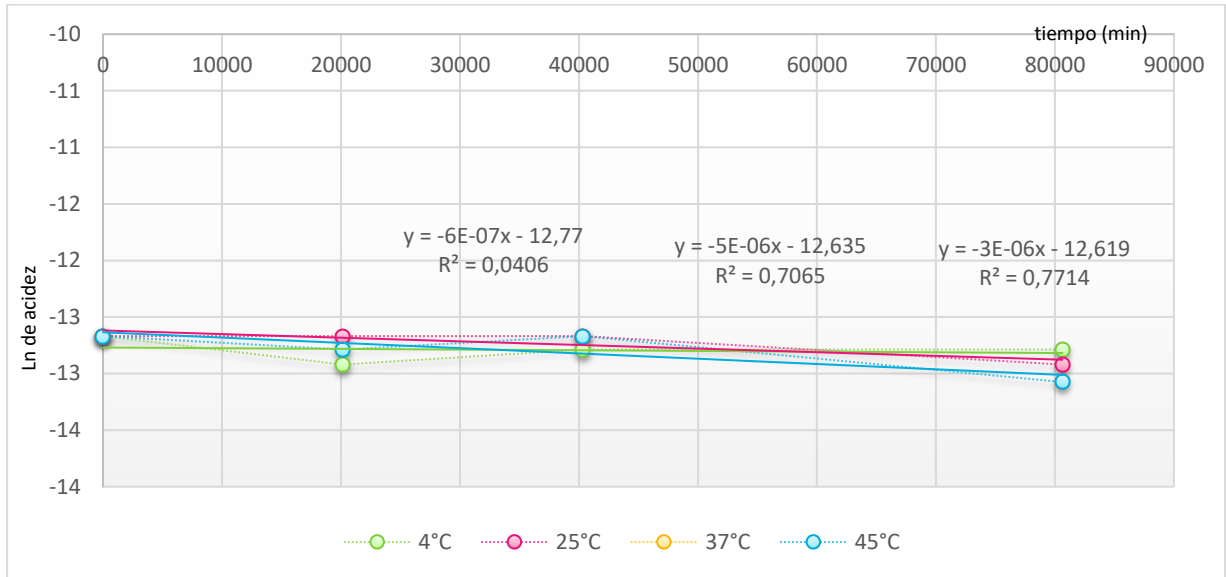
Tabla 47. Resultados de acidez expresado en mol a las temperaturas monitoreadas (4, 25 y 45 °C).

Formulación sabor chocolate (mol)			Formulación sabor fresa (mol)			Formulación sabor vainilla (mol)			
Tiempo	4°C	25°C	45°C	4°C	25°C	45°C	4°C	25°C	45°C
0	3,147E-06	3,147E-06	3,147E-06	3,147E-06	3,147E-06	3,147E-06	3,147E-06	3,147E-06	3,147E-06
14	2,448E-06	3,147E-06	2,797E-06	2,937E-06	3,147E-06	2,797E-06	2,937E-06	3,147E-06	2,797E-06
28	2,797E-06	3,147E-06	3,147E-06	3,147E-06	2,587E-06	2,098E-06	3,147E-06	2,587E-06	2,098E-06
56	2,797E-06	2,448E-06	2,098E-06	2,797E-06	2,448E-06	1,748E-06	2,797E-06	2,448E-06	1,748E-06

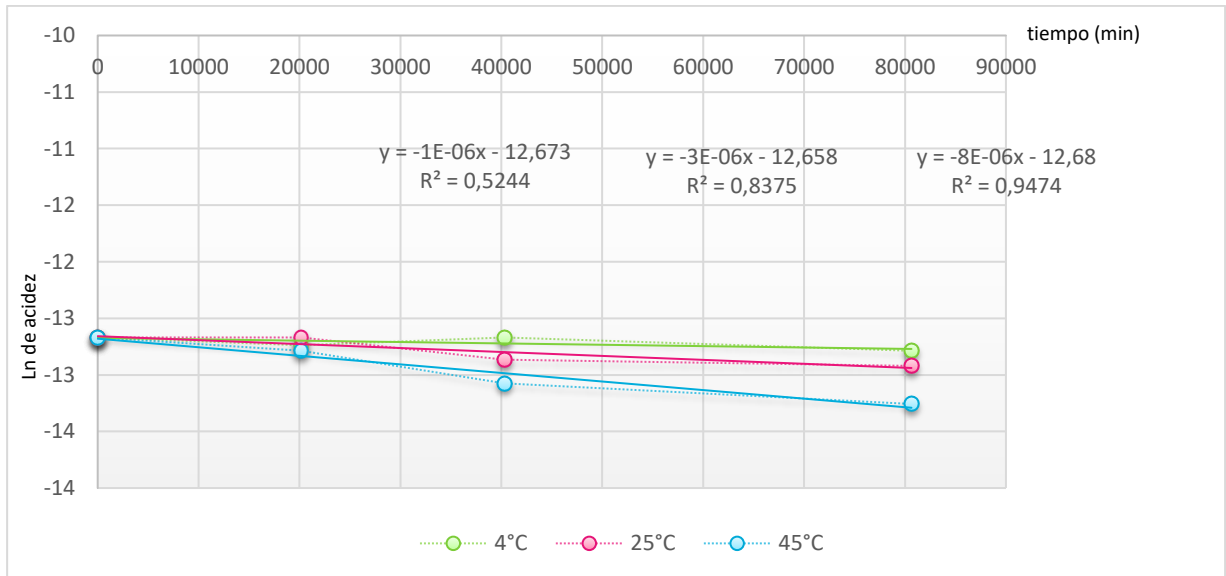
Tabla 48. Resultados del logaritmo de acidez expresado en mol a las temperaturas monitoreadas (4, 25 y 45 °C).

Formulación sabor chocolate (Ln)			Formulación sabor fresa (Ln)			Formulación sabor vainilla (Ln)			
Tiempo	4°C	25°C	45°C	4°C	25°C	45°C	4°C	25°C	45°C
0	-12,67	-12,67	-12,67	-12,67	-12,67	-12,67	-12,67	-12,67	-12,67
20160	-12,92	-12,67	-12,79	-12,74	-12,67	-12,79	-12,74	-12,67	-12,79
40320	-12,79	-12,67	-12,67	-12,67	-12,86	-13,07	-12,67	-12,86	-13,07
80640	-12,79	-12,92	-13,07	-12,79	-12,92	-13,26	-12,79	-12,92	-13,26

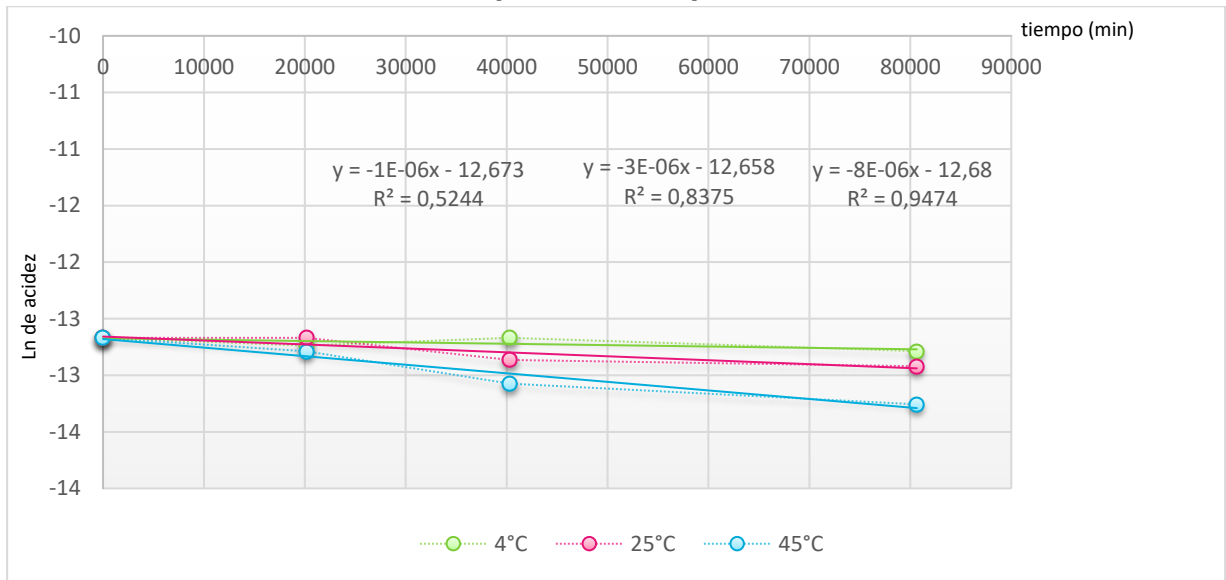
Grafica 9. Ln de acidez con respecto al tiempo formulación sabor chocolate



Grafica 9. Ln de acidez con respecto al tiempo formulación sabor fresa



Grafica 10. Ln de acidez con respecto al tiempo formulación sabor vainilla



Grafica 11. Grafica de 1/T vs Ln K para las formulaciones chocolate vainilla y fresa.

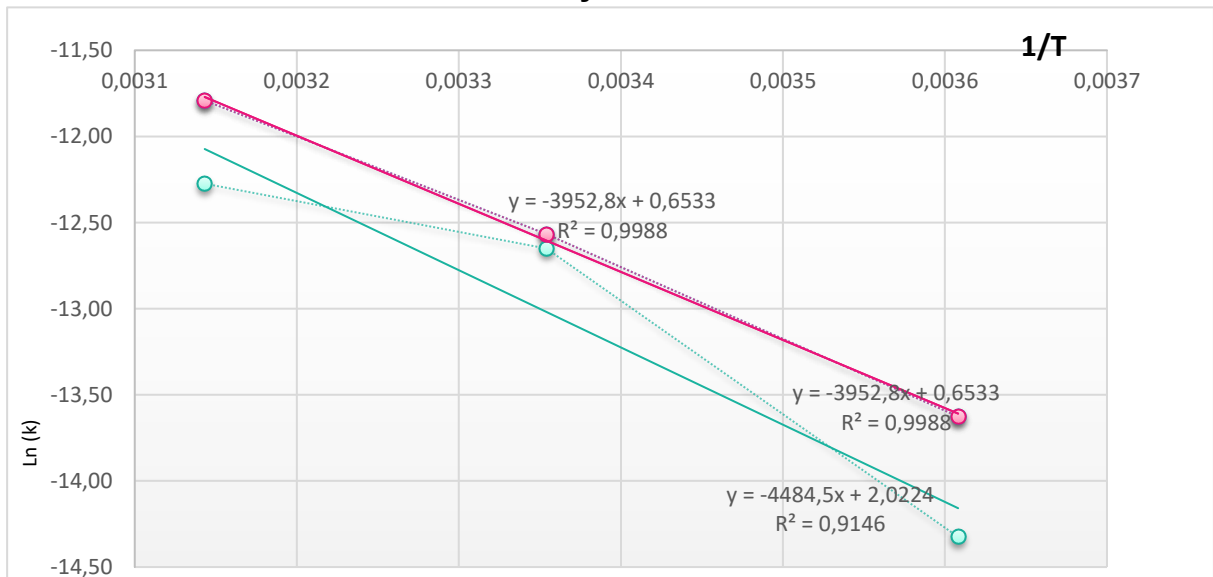


Tabla 49. Resultados de temperatura, constante y sus inversas de las formulaciones

Acidez chocolate					Acidez chocolate				Acidez chocolate			
T (°C)	T (K)	1/T	k	Ln K	T (K)	1/T	k	Ln K	T (K)	1/T	k	Ln K
4	277,15	0,0036	6,01E-07	-14,33	277,15	0,0036	1,21E-06	-13,63	277,15	0,0036	1,21E-06	-13,63
25	298,15	0,0034	3,21E-06	-12,65	298,15	0,0034	3,48E-06	-12,57	298,15	0,0034	3,48E-06	-12,57
45	318,15	0,0031	4,67E-06	-12,27	318,15	0,0031	7,57E-06	-11,79	318,15	0,0031	7,57E-06	-11,79

Tabla 50. Resultados del tiempo de vida de anaquel para las formulaciones a distintas temperaturas

T (°C)	T (K)	Ea/RT	Exp	k	t(min)	t (meses)
FORMULACION ABOR HOCOLATE						
5	278,15	-16,12	0,0000001	7,523E-07	539002,4	12,5
18	291,15	-15,40	0,0000002	1,545E-06	262391,5	6,1
30	303,15	-14,79	0,0000004	2,843E-06	142612,5	3,3
40	313,15	-14,32	0,0000006	4,560E-06	88920,0	2,1
T (°C)	T (K)	Ea/RT	Exp	k	t(min)	t (meses)
FORMULACION SABOR FRESA						
5	278,15	-14,21	0,0000007	1,294E-06	454224,1	10,5
18	291,15	-13,58	0,0000013	2,441E-06	240822,6	5,6
30	303,15	-13,04	0,0000022	4,178E-06	140701,8	3,3
40	313,15	-12,62	0,0000033	6,335E-06	92782,5	2,1
T (°C)	T (K)	Ea/RT	Exp	k	t(min)	t (meses)
FORMULACION SABOR VAINILLA						
5	278,15	-14,21	0,0000007	1,294E-06	454224,1	10,5
18	291,15	-13,58	0,0000013	2,441E-06	240822,6	5,6
30	303,15	-13,04	0,0000022	4,178E-06	140701,8	3,3
40	313,15	-12,62	0,0000033	6,335E-06	92782,5	2,1