

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**



**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LAS SEMILLAS
DE TRES VARIEDADES DE AJONJOLÍ (*Sesamun indicum* L.) Y ELABORACIÓN DE
UNA BEBIDA CASERA.**

POR:

MIGUEL ANTONIO CUCHILLA SÁNCHEZ

RAMFIS EMMANUEL LÓPEZ OLIVO

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DEL 2022

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA**



**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LAS SEMILLAS
DE TRES VARIEDADES DE AJONJOLÍ (*Sesamun indicum* L.) Y ELABORACIÓN DE
UNA BEBIDA CASERA.**

POR:

MIGUEL ANTONIO CUCHILLA SÁNCHEZ

RAMFIS EMMANUEL LÓPEZ OLIVO

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DEL 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCON SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO:

DR. FRANCISCO LARA ASCENCIO

SECRETARIO:

ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

VICEDECANO Y JEFE EN FUNCIONES DEL DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA

ING. LUDWING VLADIMIR LEYTON BARRIENTOS

DOCENTES DIRECTORES

ING. M. Sc. EFRAIN ANTONIO RODRIGUEZ URRUTIA

ING. M. Sc. JUAN MILTON FLORES TENSOS

LIC. DANIEL DE JESÚS PALACIOS HERNÁNDEZ

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. M. Sc. JUAN MILTON FLORES TENSOS

RESUMEN

El estudio se realizó en el periodo de diciembre 2020 a noviembre de 2021 en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. El objetivo de la investigación fue determinar la composición nutricional del grano de tres variedades de ajonjolí (*Sesamun indicum*): SPA 222-R, Cubano y Barrilito, cultivadas en la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador.

A partir de estas variedades se elaboró una bebida con la finalidad de determinar la composición nutricional, la vida de anaquel y la calidad sensorial.

Para su análisis se empleó un diseño experimental Completamente Aleatorio con Efectos Fijos, cuya unidad experimental fue de tres niveles (variedades de ajonjolí), utilizando cinco replicas por variedad. Los resultados obtenidos fueron evaluados a través de un análisis de varianza (ANVA) y Kruskal Wallis, con ayuda del software Infostat.

Los resultados demostraron que las variedades de ajonjolí con los mejores resultados en grasa fueron: Cubano con 44.82% y Barrilito con 44.93%; y en proteína la variedad Cubano con 20.22%.

Para la bebida, las variedades con mejores resultados en el contenido nutricional fueron: SPA 222-R y Cubano con valores en proteína de 1.04% y 1.03%; calcio de 81.12 mg/ L y 57.62 mg/ L; hierro con 5.38 mg/ L y 4.38 mg/ L, respectivamente.

Mientras que la bebida de ajonjolí que mejor preservó sus características fisicoquímicas y sensoriales después de 25 días almacenado en refrigeración a 4° C fue la elaborada con la variedad Cubano con valor de pH superior a 6 y una acidez inferior a 0.5%.

Para el análisis sensorial se realizó una prueba afectiva de aceptación por atributos y como instrumento una prueba hedónica estructurada de nueve puntos, utilizando para el estudio panelistas no entrenados, obteniendo que las bebidas elaboradas estuvieron situadas en el rango positivo de aceptación, con una nota de 7.

Palabras claves: Variedades de ajonjolí, composición nutricional, vida de anaquel, evaluación sensorial, prueba hedónica, análisis de varianza, datos no paramétricos.

ABSTRAC

The study was carried out in the period from December 2020 to November 2021 in the Agricultural Chemistry laboratory from the school of Agronomic Sciences of the University of El Salvador.

The objective of the research was to assess the nutritional composition (bromatological and mineral analyzes) of the grain of three varieties of sesame (*Sesamun indicum*) SPA 222-R, Cubano and Barrilito, cultivated in the Experimental and Practice Station of the University of El Salvador.

From the varieties of sesame, a beverage was made to determine the nutritional composition of the product, the shelf life and sensory quality.

A Completely Randomized design (CRD) single factor (one-way) we used, the experimental units were the three varieties of sesame, used five samples per variety. The results were evaluated through an analysis of variance (ANOVA) and Kruskal Wallis, using Infostat software. The results show that, in grain, the varieties with the best results in oil content were Cubano and Barrilito with 44.82 % and 44.93 % respectively; protein with 20.22 % in the Cuban variety. For the beverage, the varieties that obtained the best nutritional content were SPA 222-R and Cubano for protein content 1.04 % and 1.03 %; 81.12 mg/L and 57.62 mg/L calcium; iron with 5.38 mg/L and 4.38 mg/L, respectively.

The sesame beverage, who preserved physicochemical and sensory characteristics after 25 days stored in refrigeration at 4° C was the Cuban variety with a pH value higher than 6 and an acidity lower than 0.5%.

For the sensory analysis, an affective test was used through preference acceptance by attributes, where products were rated on a scale of acceptability. This included rating certain attributes using Hedonic or attribute Ideality scales. It was necessary to do a structured hedonic test of nine points using untrained panelists (consumers) for the study.

The drinks that were made from three varieties of sesame were in the positive range of acceptance by consumers, with a final grade of 7.

Key words: Sesame varieties, nutritional composition, shelf life, sensory evaluation, hedonic test, analysis of variance, non-parametric data.

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque me ha permitido llegar hasta este punto, en un principio lo sentí largo y lejano, pero con esfuerzo y paciencia lo he logrado.

Gracias a mi abuela Ana Mariel Tobal, mi hermano Manuel Rolando López y a mi papá Ramfis Mauricio López por el apoyo y la paciencia que me han tenido todos estos años, al final todo esfuerzo vale la pena.

A mis amigos del club de atletismo y a Jaime Martínez, por todo ese apoyo y ser mi medio de desahogo para poder seguir adelante y no tirar la toalla.

A mi compañera Roxana Castellanos, con quien nos dimos mutuo apoyo durante todo este proceso de graduación y tendernos la mano cuando lo necesitamos.

A mi compañero Miguel Cuchilla, quien a pesar de estar trabajando se mostró disponible y cumplió con todas las exigencias requeridas.

Le doy las gracias a los asesores Ing. M. Sc. Milton Flores Tensos e Ing. M. Sc. Efraín Rodríguez Urrutia por estar siempre a disposición ante cualquier consulta o necesidad requerida, su pronta respuesta y reacción para la resolución de problemas, paciencia, comprensión, corrección que brindaron en cada etapa de la investigación.

Ramfis Emmanuel López Olivo

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por darme fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mi madre Rosa Elena Sánchez, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre Miguel Antonio Cuchilla quien con sus consejos ha sabido guiarme y darme ejemplo de superación y no rendirme fácilmente.

Le doy gracias a Silvia Graciela Cisco y a mi hijo Santiago Cuchilla, por ser parte importante en mi vida, por darme ánimos y apoyo en las buenas y en las malas, sobre todo por su paciencia y amor incondicional y llenar mi vida de alegría y amor cuando más lo he necesitado.

A mis hermanas Selene Carolina Cuchilla, Iris Xiomara Cuchilla y Kenia Ariel Cuchilla, por ser parte importante de mi vida, representar la unidad familiar, ser un ejemplo de desarrollo profesional a seguir, su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A Ramfis López por haber sido un excelente compañero de tesis y amigo, por haberme tenido la paciencia necesaria y por motivarme a seguir adelante en los momentos de desesperación.

Gracias al Ing. M. Sc. Milton Flores Tensos por el apoyo y asesoría brindada en toda la investigación, también la oportunidad de desarrollar la tesis profesional en el laboratorio de Química, darnos todas las facilidades que nos fueron otorgadas.

Al Ing. M. Sc. Efraín Rodríguez Urrutia por las asesorías y el desarrollo del tema de investigación de la tesis, al Lic. Daniel Palacios por su aporte en el área estadística, por su tiempo y conocimientos que nos transmitieron.

Miguel Antonio Cuchilla Sánchez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo y esfuerzo a Dios por guiarme durante toda la formación académica y permitirme llegar hasta este punto tan maravilloso de mi vida, por permitirme disfrutar junto a mis seres queridos durante todo este periodo.

A mi familia, por todo el apoyo incondicional tanto emocional como económico que me han brindado a lo largo de toda nuestra vida estudiantil, así como también a mis amigos y compañeros por todos los momentos y conocimientos compartidos durante la vida como estudiantes universitarios.

Agradezco a los asesores Ing. M. Sc. Milton Flores Tensos, Ing. M. Sc. Efraín Rodríguez Urrutia y al Lic. Daniel Palacios por el esfuerzo y dedicación que mostraron a pesar de las adversidades y de la decadencia después de un periodo bastante difícil de pandemia, se mostraron en completa disposición de seguir con su labor y así sacar juntos nuestro trabajo de graduación lo más eficientemente posible.

Ramfis Emmanuel López Olivo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios quien me dio la sabiduría necesaria para realizarlo y además fue quien puso en mi camino a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a que sea así, ya sea con sus palabras de ánimo y conocimientos para llegar al objetivo de culminar satisfactoriamente esta etapa de mi vida.

A lo docentes de la carrera quienes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado durante mis horas de estudio. Hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico este logro.

Por último, quiero agradecer a todos mis compañeros y a mi familia por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían, en especial quiero mencionar a mis padres Rosa Elena Sánchez y Miguel Antonio Cuchilla, que siempre estuvieron ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías

Miguel Antonio Cuchilla Sánchez

ÍNDICE GENERAL

	Página
1. INTRODUCCION.....	1
2. Revisión bibliográfica	3
2.1. Origen del ajonjolí.....	3
2.2. Descripción botánica.....	3
2.3. Aspectos agronómicos del cultivo de ajonjolí	4
2.3.1. Factores edáficos	4
2.3.2. Factores climáticos.....	5
2.4. Grano de ajonjolí	6
2.4.1. Especificaciones del grano de ajonjolí	7
2.4.2. Composición química del grano de ajonjolí.....	8
2.5. Variedades de ajonjolí	11
2.6. Exportación de ajonjolí	12
2.7. Agroindustria	12
2.7.1. Agroindustria del ajonjolí	13
2.7.2. Cadena de comercialización del ajonjolí.....	13
2.8. Clasificación de los productos del ajonjolí.....	15
2.8.1. Productos naturales (no procesados)	15
2.8.2. Alimentos mínimamente procesados	16
2.8.3. Productos culinarios.....	18
2.8.4. Productos procesados	18
2.9. Bebidas	19
2.9.1. Clasificación de las bebidas.....	19
2.9.2. Consumo de bebidas en El Salvador	19
2.9.3. Bebidas vegetales	20
2.9.4. Beneficios de la bebida de ajonjolí	21
2.10. Análisis de los alimentos	22
2.10.1. Macronutrientes	22
2.10.2. Micronutrientes.....	25
2.11. Análisis sensorial.....	26
2.11.1. Análisis descriptivo.....	26
2.11.2. Análisis discriminativo.....	28

2.11.3.	Prueba afectiva	29
3.	Materiales y métodos	30
3.1.	Ubicación de la investigación	30
3.2.	Fase de campo	30
3.3.	Metodología de laboratorio	31
3.3.1.	Análisis físicos químicos del grano	31
3.3.2.	Análisis físicos químicos de la bebida	37
3.3.3.	Evaluación de la vida de anaquel de la bebida	38
3.4.	Fase de procesamiento para la elaboración de las bebidas	39
3.5.	Fase sensorial	40
4.	Metodología estadística	41
4.1.	Universo y muestras	41
5.	Resultados y Discusión	43
5.1.	Resultados de los análisis bromatológicos de los granos de ajonjolí	43
5.1.1.	Contenido de grasa	43
5.1.2.	Contenido de proteína	45
5.1.3.	Contenido de fibra cruda	46
5.1.4.	Contenido de agua	47
5.1.5.	Contenido de ceniza	47
5.1.6.	Contenido de carbohidratos	48
5.2.	Resultados del contenido de minerales en el grano de ajonjolí	49
5.2.1.	Contenido de calcio	49
5.2.2.	Contenido de hierro	50
5.2.3.	Contenido de zinc	51
5.2.4.	Contenido de magnesio	51
5.2.5.	Contenido de fósforo	52
5.3.	Resultados bromatológicos de la bebida ajonjolí	53
5.3.1.	Contenido de proteína	53
5.3.2.	Contenido de ceniza	54
5.4.	Resultados del contenido de minerales en la bebida de ajonjolí	55
5.4.1.	Contenido de calcio	55
5.4.2.	Contenido de hierro	56
5.4.3.	Contenido de zinc	57

5.5.	Determinación de la vida de anaquel de la bebida de ajonjolí bajo refrigeración	58
5.6.	Determinación de la vida de anaquel de la bebida de ajonjolí bajo diferentes temperaturas	58
5.7.	Evaluación y análisis sensorial.....	59
6.	Conclusiones.....	61
7.	Recomendaciones.....	63
8.	Bibliografía.....	64
9.	Anexos	77

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del ajonjolí.....	3
Cuadro 2. Uso comestible del ajonjolí en diferentes países.....	7
Cuadro 3. Especificaciones para los grados de calidad del ajonjolí para alimentación y confitería.....	8
Cuadro 4. Especificaciones para los grados de calidad del ajonjolí para la extracción de aceite.....	8
Cuadro 5. Composición química del grano de ajonjolí.....	9
Cuadro 6. Usos nutraceuticos y farmaceuticos del grano de ajonjolí y aceite.....	10
Cuadro 7. Variedades de ajonjolí cultivadas en El Salvador.....	11
Cuadro 8. Superficie, producción, rendimiento, importación y exportación de ajonjolí en El Salvador.....	12
Cuadro 9. Análisis realizados al grano de ajonjolí y metodología de laboratorio.....	32
Cuadro 10. Análisis realizado a la bebida de ajonjolí y metodología de laboratorio.....	38
Cuadro 11. Análisis para la evaluación de la vida de anaquel de la bebida de ajonjolí.....	38
Cuadro 12. Diseño experimental para los análisis fisicoquímicos.....	42
Cuadro 13. Comparación de resultados de los análisis bromatológicos de tres variedades de ajonjolí contra valores del INCAP.....	43
Cuadro 14. Resultados estadísticos del análisis de varianza ANVA del estudio bromatologico.....	44
Cuadro 15. Prueba de Tukey para resultados bromatológicos del grano de ajonjolí.....	45
Cuadro 16. Comparación de resultados de los análisis de minerales de las tres variedades de ajonjolí contra valores del INCAP.....	49
Cuadro 17. Resultados estadísticos por kruskal wallis del estudio de minerales.....	50
Cuadro 18. Diferencia significativa en la prueba de Kruskal Wallis para fósforo en grano.....	52

Cuadro 19. Comparación de los resultados de los análisis de bromatológicos de la bebida de ajonjolí contra valores del INCAP.....	53
Cuadro 20. Resultado estadístico del estudio bromatológico en bebida.....	53
Cuadro 21. Prueba de Tukey para el análisis de proteína en bebida.....	54
Cuadro 22. Diferencia significativa en la prueba de Kruskal Wallis para ceniza en bebida.....	55
Cuadro 23. Comparación de los resultados de los análisis de minerales de la bebida de ajonjolí contra valores del INCAP.....	55
Cuadro 24. Resultados estadísticos del análisis de varianza ANVA de la bebida de ajonjolí.....	56
Cuadro 25. Prueba de Tukey para resultados de minerales en bebida.....	56
Cuadro 26. Vida de anaquel de la bebida de ajonjolí bajo refrigeración.....	58
Cuadro 27. Vida de anaquel de la bebida de ajonjolí bajo diferentes temperaturas	59
Cuadro 28. Resultados en medianas del análisis sensorial a las bebidas ajonjolí.....	60
Cuadro 29. Resultados estadísticos por kruskal wallis del análisis sensorial de la bebida de ajonjolí.....	60

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación de la Estación Experimental y de Prácticas en San Luis Talpa, La Paz.....	30
Figura 2. Almacenamiento del grano de ajonjolí en bodega.....	31
Figura 3 Almacenamiento del grano de ajonjolí en el laboratorio	31
Figura 4. Preparación de las muestras de los granos de ajonjolí.....	32
Figura 5. Determinación de minerales por AA de llama.....	37
Figura 6. Análisis de pH y acidez a la bebida de ajonjolí	39
Figura 7. Preparación del grano de ajonjolí para elaborar las bebidas.....	40
Figura 8. Tratamiento térmico al grano de ajonjolí para elaboración de las bebidas	40
Figura 9. Elaboración de las bebidas de ajonjolí.....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
A-1. Preparación del grano de ajonjolí.....	77
A-2. Preparación de la bebida de ajonjolí.....	78
A-3. Codificación de las muestras.....	79
A-4. Factores de conversión de nitrógeno a proteína en diferentes alimentos.....	80
A-5. Diferentes temperaturas en aumento de 10°C y su correspondiente velocidad de deterioro.....	80
A-6. Contenido de proteína en bebida de ajonjolí con diferentes tratamientos de calor en su proceso.....	81
A-7. Características fisicoquímicas del grano de ajonjolí en diferentes regiones del mundo.....	81
A-8. Efecto de la adición de ajonjolí en el contenido de minerales de Kunun-zaki.....	81
A-9. Ficha de evaluación para el análisis sensorial.....	82
A-10. Resultados del análisis de laboratorio del grano de ajonjolí.....	83
A-11. Resultados del análisis de laboratorio de la bebida de ajonjolí.....	84

1. INTRODUCCION

El ajonjolí (*Sesamun Indicum* L.) es originario de África Central (su origen exacto no se ha podido determinar). Los esclavos del África lo trajeron a América, y este fue cultivado en el Sur de Norte América donde se utilizó como condimento para la comida (Zamorano 2001).

Esta planta pertenece al grupo de las oleaginosas y el uso principal es la obtención de semillas como fuente de un aceite comestible de gran calidad por su excelente balance entre ácidos grasos, además de la presencia de importantes antioxidantes, adicionalmente, la semilla es utilizada para su consumo directo al natural, tostada o descortezada (Laurentin s.f.).

Se puede llegar a utilizar como ingrediente en la industria farmacéutica para la fabricación de jabones, cosméticos y pinturas; las semillas son ampliamente usadas en la comida internacional, especialmente en la India y en otros países asiáticos, en estas regiones la semilla se utiliza en la industria de la panificación y confitería. Después de la extracción del aceite queda la parte residual (torta) útil para la alimentación del ganado y aves de corral, cuyo contenido es del 40% a 50% de proteínas (PRODAR s.f.).

El ajonjolí fue introducido a finales de los años cuarenta en El Salvador, como respuesta a la demanda mundial de aceites de origen vegetal, y a partir de 1975 experimento mayor auge manteniendo grandes volúmenes de producción a tal punto que llego a convertirse en el producto agrícola no tradicional de mayor exportación (FUNDE 1997).

Actualmente no se cuenta con información suficiente sobre la calidad genética del ajonjolí que se posee en El Salvador, debido a que se le dejó de dar seguimiento y paso a ser un cultivo de segunda. Una de las causas fue que no se llevó una certificación de las variedades con las que se contaba, lo que es necesario como parte de los procesos de control de calidad en la industria, para la investigación científica en la evaluación del contenido nutricional de los alimentos y el desarrollo de nuevos productos.

Este es producido por pequeños agricultores, ya que no forma parte del calendario anual agropecuario del gobierno, por lo que no se le ha dado la importancia que se merece a pesar de su alto aporte nutricional y a su amplia gama de productos agroindustriales; por lo que su

área de producción sigue siendo baja en comparación a otros cereales, limitando su uso a la panadería y elaboración de productos confitados.

Esta investigación se realizó en el laboratorio del Departamento de Química Agrícola con el objetivo de caracterizar el contenido nutricional del grano de tres variedades de ajonjolí SPA-222 R, Cubano y Barrilito, cultivadas en la Estación Experimental y de Prácticas, ambas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, para generar valores locales sobre el contenido nutricional y mineral de estas muestras y ser utilizarlas como materia prima para la elaboración de una bebida.

2. Revisión bibliográfica

2.1. Origen del ajonjolí

Esta planta es originaria de África Central, fue descubierta hace miles de años en las ciudades situadas a orillas de los ríos Tigris y Éufrates (Balanzar 2015).

Pasó a América cuando los esclavos africanos la llevaron consigo para espesar los alimentos y añadir un sabor especial a sus comidas típicas, llegando a México y Centroamérica, mientras que en Asia ya era utilizada como aceite para embellecer la piel y como consumo en sustitución del aceite de oliva (Nicaraocoop s.f.).

2.2. Descripción botánica

El ajonjolí es una planta anual, cuyo ciclo puede variar entre 80 y 130 días. Es una especie rústica y de rápido crecimiento, posee un sistema radicular bien desarrollado, muy ramificado y fibroso, formado por una raíz principal pivotante, generalmente superficial. La planta contiene entre 50% y 60% de aceites, los cuales son de alta estabilidad por la presencia de antioxidantes naturales como la sesamolina, sesamina y sesamol. La composición de sus aceites y la cantidad varía según las variedades (FAO s.f.).

La clasificación taxonómica del ajonjolí es la siguiente:

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del ajonjolí.

Clasificación	Descripción
Reino	Viridiplantae
División	Dicotyledonae
Clase	Magnoliopsida
Orden	Lamiales
Familia	Pedaliaceae
Género	<i>Sesamum</i>
Especie	<i>indicum</i>
Nombre científico	<i>Sesamun indicus</i> L
Nombre común	Ajonjolí

Fuente: SINAVIMO (s.f.).

Las características morfológicas de cada una de las partes de la planta de ajonjolí son las siguientes:

- Raíz. Posee un sistema radicular bien desarrollado y fibroso. Está formado por una raíz principal pivotante con raíces secundarias (Cruz 2003).

- Tallo. Es erecto, cilíndrico y cuadrangular, en algunos casos puede tener seis lados. El corte transversal del tallo muestra un área externa dura y una médula blanca. La médula está compuesta de parénquima suave; en los tallos adultos ésta tiende a desaparecer dejando un hueco al centro, la superficie del tallo puede variar según la variedad de ajonjolí (Cruz 2003).
- Hoja. Sus hojas son de pecíolo largo, ovada lanceoladas, dentadas; en algunos casos son muy menudas y aparecen demasiado juntas en las ramas formando una especie de panoja diferente de la formación normal de las hojas; ellas presentan variedad de formas, sobre todo en regiones donde el clima no es muy apropiado para su desarrollo. Son siempre opuestas y provistas de glándulas vesiculosas en su base, que, como la raíz, varía de forma, dependiendo del terreno, clima y de otros factores como la humedad, altitud, latitud (Sabrián 2004).
- Flor. Aparecen entre los 60 y 75 días después de haber sido plantadas. La flor de la planta de ajonjolí es tubular, en forma de campana con doble labio, aparece en colores rosa hacia blanco y tiene una longitud de 2 a 2.5 cm. Los dos lóbulos del labio superior son más cortos que los lóbulos del inferior. Una flor es producida en el eje de cada hoja. Las flores inferiores empiezan a abrirse a los dos o tres meses de haber sido plantada la semilla, y el floreo continúa por algún tiempo hasta que las flores superiores se abren (Zamorano 2001).
- Fruto. Es una cápsula de 2 a 5 cm de largo con 15 a 25 semillas las cuales son aplanadas, pequeñas, blancas, grises o negras en su exterior dependiendo de la variedad cultivada. La semilla de ajonjolí es clasificada como semilla oleaginosa, su contenido de aceite varía entre el 40% y 50% (JICA 2013).
- Semilla. Son de diferentes colores según la variedad. Estos colores incluyen tipos de café, rojo, negro, amarillo y el más común un grisáceo claro. Se dice que las semillas más oscuras son las de mejor sabor. Las semillas son los óvulos fertilizados, haciendo que estas estén llenas de nutrimentos y proteínas. El contenido nutritivo de estas varía de semilla en semilla, pero si se puede decir que son buenas fuentes de proteínas, minerales, vitaminas y grasas no saturadas (Zamorano 2001).

2.3. Aspectos agronómicos del cultivo de ajonjolí

2.3.1. Factores edáficos

El ajonjolí se adapta de 0 a 600 metros sobre el nivel del mar. Las pendientes varían de 3 a 10% (Romero y Rivera 2010). Tiene cierta resistencia a la sequía y la alta humedad relativa

es desfavorable a la planta, prefiere una atmósfera seca para lograr mejor desarrollo y especialmente en época de maduración de las cápsulas. Se adapta bien a suelos con pH entre 5.5 a 7.5 (Saldaña y Quintero 2009).

Se cultiva principalmente en condiciones de secano de zonas áridas y semiáridas, donde se experimenta estrés por déficit de agua de leve a severo y la productividad está limitada en esas áreas por la sequía, principalmente en las etapas vegetativas, teniendo un bajo potencial de producción. El crecimiento y rendimiento del sésamo disminuye después de 2 a 3 días de encharcamiento cuando se cultiva en suelos mal drenados, este anegamiento reduce significativamente el crecimiento de las plantas, las axilas de las hojas por planta, el rendimiento de semillas y la fotosíntesis (Myint *et al.* 2020).

La textura del suelo para que la planta produzca su máximo desarrollo debe ser de textura franco, franco-arenoso o franco-arcilloso; con un buen drenaje interno y externo, en general suelos con textura ligera, sobre todo por ser la semilla de ajonjolí muy pequeña y así poder tener una buena fertilización y una fácil emergencia de las plántulas. El suelo ideal para un buen manejo debe contener 50% de volumen sólido, siendo 45% de materia mineral, 5% de materia orgánica y el 50% de porosidad (Robles 1991).

2.3.2. Factores climáticos

La temperatura es un factor importante para el buen funcionamiento de todos los procesos metabólicos de la planta; su disminución retarda las funciones vegetativas y al llegar a ciertos límites los procesos de desarrollo se detienen; si este descenso continúa, la planta muere. Los límites de temperatura para cultivar ajonjolí son: temperatura mínima 20° C, temperatura óptima de 26° C a 32° C y temperatura máxima de 35° C a 38° C (CENTA 1980).

El ajonjolí es una planta fotoperiódica, por lo que se recomienda establecer plantaciones comerciales en periodos de días largos, que tienen más horas luz, para que alcance su óptimo desarrollo; por esta razón, la mejor época de siembra está comprendida entre la segunda quincena de julio y la primera de agosto (CENTA 1980).

La planta tiene cierta resistencia a la sequía, pero está sujeta a fuertes oscilaciones en su rendimiento en relación con la cantidad de humedad que encuentra en el suelo. Sus

requerimientos en cuanto a precipitación pluvial son los siguientes: para sembrar 300 mm, para su desarrollo de 300 a 500 mm, y el óptimo anual es de 800 a 1,000 mm (Gudiel 1975).

El cultivo de ajonjolí requiere una precipitación pluvial de 300 a 600 mm bien distribuidos para un buen crecimiento y producción. Aunque el ajonjolí se resiente a la sequía, una escasez de lluvia muy prolongada puede disminuir los rendimientos, así también el exceso de humedad es perjudicial, no resistiendo que el agua permanezca estancada en el suelo por mucho tiempo (Gudiel 1975).

La alta humedad relativa es desfavorable a la planta, prefiere una atmósfera seca para lograr mejor desarrollo, especialmente durante la época de maduración de las vainas, que es al final del periodo vegetativo (CENTA 1980).

2.4. Grano de ajonjolí

Se entiende por ajonjolí a la semilla de forma ovoide, ligeramente achatada en el extremo superior, obtenida de la especie *Sesamum indicum* L. El sésamo se ha clasificado en diferentes colores que van desde el blanco, amarillo, rojo, marrón, gris hasta el negro (Sharaby y Butovchenko 2019).

Debido a la creciente conciencia sobre la salud, las personas están más preocupadas por la nutrición y la calidad de productos de sésamo. El grano se destaca por la comercialización y consumo ya sea con cáscara y sin cáscara; el principal uso del primero es en panadería de forma decorativa, así como en preparaciones alimenticias; mientras que el segundo es más usado en la elaboración de dulces y galletas (Tejada 2018).

Según la United States Food and Drug Administration (FDA), a través de su listado de alimentos GRAS (Generally Recognised As Safe) en la sección de “Especias y otros condimentos y aromatizantes naturales”, el grano de ajonjolí es catalogado como una especia y este es reconocido como alimento seguro para el consumo. El ajonjolí no es un alimento tóxico, su consumo es seguro y no han sido descritas contraindicaciones, salvo en aquellas personas que experimenten alergia al mismo o a alguno de sus componentes (Tejada 2018).

Falta de cultivares de rápida adaptación, rotura de la cápsula, maduración desigual, establecimiento deficiente de la masa de cultivo, respuestas de fertilizantes más bajas,

ramificación profusa, índice de cosecha bajo, hábito de crecimiento indeterminado, y la susceptibilidad a las enfermedades, son los factores que limitan la producción de sésamo en todo el mundo (Myint *et al.* 2020).

Cuadro 2. Usos comestibles del ajonjolí en diferentes países.

Comida/platillo	País
Tortas de sésamo, vino y brandy	“Babilonia”- bíblico
Palillos de pan, galletas	Todo el mundo
Ensalada y aceite de cocina	Todo el mundo
Semillas tostadas	India
Sustituto del aceite de oliva	Europa
Pan	Sicilia
Pasteles	Grecia
Sopa, especia, aceite	África
Ensalada y aceite de pescado	Japón
confitería	China
Bollos, snacks	Estados Unidos

Fuente: Bhatnagar (2009).

2.4.1. Especificaciones del grano de ajonjolí

Según la normativa mexicana de productos no industrializados para uso humano: Oleaginosas ajonjolí (*Sesamum Indicum* L.). Especificaciones y métodos de prueba (NMX-FF-071-1994), estipula los siguientes conceptos: en un inicio se manejan tres grados de calidad del ajonjolí: para los efectos de comercialización del ajonjolí para confitería, para extracción de aceite, y grado muestra no clasificado que se consideran los lotes de granos de ajonjolí que no cumplan con las especificaciones que presenta esta Norma o que por cualquier motivo excedan los límites de tolerancia permitidos para los grados de calidad propuestos.

Se entenderá por impureza a cualquier cuerpo o material extraño que no sea semilla de ajonjolí, incluyendo otro tipo de semillas, material vegetal, piedras, residuos o excretas. Y por granos dañados aquellos granos de ajonjolí que presenten modificaciones en su color, apariencia y forma debido a la acción de microorganismos en la superficie o en su interior, parcial o total, causado por el desarrollo de hongos y bacterias, insectos (aquellos granos y partes de éstos que presenten perforaciones), parásitos o por el manejo inadecuado del grano.

Las características físicas y sensoriales del grano de ajonjolí son:

- Olor: Los lotes de granos de ajonjolí deben tener el olor tenue característico de la especie, libre de olores putrefactos o rancidez.

- Color: El color del grano de ajonjolí depende de la variedad y puede ser desde el blanco crema al café oscuro y negro.
- Humedad: Para la aplicación de esta Norma se considera como humedad base el 8%. Para condiciones del trópico húmedo la humedad base debe ser del 10%.
- Ácidos grasos libres: Para efectos de esta Norma se considera un máximo de hasta un 2%.
- Contenido de aceite: se considera como límite mínimo un 50% de aceite en el ajonjolí para extracción de aceite.
- Impurezas: Para efectos de comercialización del ajonjolí se considera como máximo de aceptación el 2%.

Cuadro 3. Especificaciones de los grados de calidad del ajonjolí para alimentación y confitería.

Parámetro	Clasificación			Método de prueba
	1	2	3	
Impureza y daño (porcentaje máximo)	1.0	1.5	2.0	-
Ácidos grasos libres (porcentaje máximo)	1.0	1.5	2.0	-
Color	Blanco cremoso o negro	Café	Mezclado	Visual

Fuente: NMX (1994).

Cuadro 4. Especificaciones de los grados de calidad del ajonjolí para la extracción de aceite.

Parámetro	Clasificación		Método de prueba
	1	2	
Impurezas y daño (porcentaje máximo)	1.0	1.5	-
Ácidos grasos libres (porcentaje máximo)	1.0	1.5	-
Color	Blanco cremoso o negro	Café	Visual

Fuente: NMX (1994).

2.4.2. Composición química del grano de ajonjolí

El ajonjolí es una semilla altamente nutritiva ya que está compuesta de un alto nivel de proteínas, carbohidratos, hierro, magnesio, entre otros. Además, es una muy buena fuente de energía debido a que aporta más de cinco veces su peso en calorías, es decir, 565 calorías por 100 gramos de semilla (Chiriboga 2013).

Cuadro 5. Composición química del grano de ajonjolí.

Componentes	Contenido g/ 100 g
Energía	573 Kcal
Proteínas	17.73 g
Grasas totales	49.67 g
Carbohidratos	23.45 g
Fibra dietética total	11.80 g
Ceniza	4.45 g
Fibra	7.90 g
Agua	4.69 g
Minerales	Contenido mg/ 100g
Calcio	975.00 mg
Magnesio	351.00 mg
Zinc	7.75 mg
Fósforo	629.00 mg
Hierro	14.55 mg

Fuente: INCAP/OPS (2012).

La cantidad de nutrientes es variable de una semilla a otra, pero todas son magníficas fuentes de minerales, vitaminas y grasas insaturadas (Sibrían 2004).

Tener en cuenta que también posee sustancias anti-nutricionales como ácido oxálico (oxalatos), que son quelantes de minerales como calcio, hierro, magnesio, cobre y zinc, es decir, les hace precipitar, por lo que se impide la absorción de estos minerales, claro que tienen la particularidad de ser termolábiles (González 2005).

Esta situación mejora al descortezar el ajonjolí, puesto que durante su procesamiento se elimina gran parte de esta sustancia presente en el grano natural, siendo más específicos en su cáscara (Tejada 2018).

Adicionalmente posee ácido fítico (fitatos), que al igual que los oxalatos, también reducen la biodisponibilidad de minerales, especialmente calcio, hierro y zinc, al tener una fuerte acción secuestrante de esos minerales y de otros como magnesio y fósforo; además disminuye la absorción de la niacina. A diferencia de los anteriores no se inactivan con el calor, se inactivan parcialmente con remojo en medio ácido, fermentado y germinado. El ácido ascórbico (vitamina C) puede reducir el efecto del ácido fítico en el hierro (González 2005).

Actualmente se tiene que los componentes alérgenos del ajonjolí son siete, reportados en la lista 21 WHO/IUIS (World Health Organization and International Union of Immunological Societies 2014). La alergia al sésamo puede desencadenarse no sólo por el consumo de alimentos a base del grano, también por el uso de productos cosméticos y de farmacia con extracto de su aceite (Tejada 2018).

En la Unión Europea, Canadá y Australia el sésamo debe aparecer como ingrediente en la etiqueta de los alimentos y productos preenvasados, ya que está incluido en las listas de principales sustancias alérgicas. La Ley de Seguridad, Tratamiento, Educación e Investigación sobre Alergias Alimentarias (Food Allergy Safety, Treatment, Education and Research Act, FASTER) que incluye el sésamo/ajonjolí como el noveno alérgeno que debe ser identificado en el etiquetado de todos los productos alimentarios comercializados en Estados Unidos fue aprobada en abril 2021 (SCANCO 2018).

Hasta el momento se han identificado siete proteínas diferentes como alérgenos del sésamo (Ses i 1-7). El único tratamiento efectivo para proteger a los pacientes sensibilizados de los síntomas alérgicos es evitar de forma estricta los alimentos que contienen sésamo. Los compuestos alérgicos del grano de ajonjolí son los siguientes: Ses i 1 2S albumin; Ses i 2 2S albumin; Ses i 3 7S vicilin-like globulin; Ses i 4 oleosin; Ses i 5 oleosin; Ses i 6 11S globulin; y Ses i 7 11S globulin (SCANCO 2018).

Cuadro 6. Usos nutracéuticos y farmacéuticos de la semilla de ajonjolí y aceite.

Usos/propiedades	Contenido
Oxidante de ácidos grasos	Sesamin, sesamolin
Antioxidante, protector cardiaco	Sesamin, sesamolin, gamma tocoferol
Preventor de cardiopatías	Sesamin, sesamolin
Dermatitis y piel seca	Lecitina
Protector hepático	Lecitina
Vehículo para medicamentos y laxante	Aceite de ajonjolí y fibra
Preventivo para el cáncer	Fibra, ácido mirístico, ácido linoleico
Actividad hemostática	Cefalina
Antifúngico	Clorososamona
Propiedades insecticidas	Sesamolin
Hipoglucemiante	Séame flavonoides

Fuente: Bhatnagar (2009).

2.5. Variedades de ajonjolí

El ajonjolí es un cultivo que prospera bien en ambientes hostiles ya que requiere fertilizantes y agua limitados, sin mencionar la poca necesidad del uso de pesticidas debido a sus altos niveles de tolerancia natural a enfermedades e insectos, esto en su mayoría viene determinado por la variedad del cultivo. Las variedades de sésamo deben seleccionarse ante todo por su mayor rendimiento en grano, mayor contenido de aceite, uniformidad y resistencia al estrés biótico y abiótico. Aunque el sésamo tiene un alto valor por ser esencial en dietas, beneficios a la salud y aplicaciones industriales, la atención al mejoramiento genético todavía está rezagada en comparación con otros cultivos de semillas oleaginosas, dado que la brecha de rendimiento es enorme (Myint *et al.* 2020).

En El Salvador no se ha manejado un buen registro de las variedades de ajonjolí que se tienen, actualmente no están certificadas ni caracterizadas, por lo que en campo no se sabe qué material genético se está utilizando. A continuación, se muestran las variedades identificadas para el año 1980 (Sibrian 2004).

Cuadro 7. Variedades de ajonjolí cultivadas en El Salvador.

Variedad	Ciclo vegetativo (días)	Tipo de desarrollo
Criolla	125	Ramificada
Aceitera	90	Un sólo eje
Acarigua	90	Un sólo eje
Inamar	90	Ramificada
Morada	110	Ramificada
Glauca	115	Ramificada
Irapatol	110	Ramificada
Venezuela 52	120	Ramificada
Venezuela 51	100	Un sólo eje
Venezuela 44	110	Ramificada
ICTA-R	100	Ramificada

Fuente: CENTA/MAG (1980).

El cultivo de ajonjolí está limitado por el bajo e inestable rendimiento y las estrategias basadas en tecnología. El rendimiento de grano, así como el rendimiento y la calidad del aceite es muy variable según el entorno de cultivo, las prácticas culturales, los cultivares (Myint *et al.* 2020).

2.6. Exportación de ajonjolí

Según el Banco Central de Reserva de El Salvador, los países a los que El Salvador exporta ajonjolí son Estados Unidos que es el ajonjolí con cáscara y a Guatemala el ajonjolí sin cáscara. Estados Unidos en el periodo 2017-2018 tuvo una demanda de 83,276 kilogramos (kg), siendo este el único dato de exportación que se tiene de la última década (cuadro 8).

Cuadro 8. Superficie, producción, rendimiento, importación y exportación de ajonjolí.

Año	Superficie (hectáreas)	Producción (Kg)	Rendimiento (Kg/Ha)	Importación (Kg)	Exportación (Kg)
2017-2018	1,576.4	2,131,400	1,352.06	287,354	83,276
2016-2017	839.3	1,350,400	1,614.73	-----	-----
2015-2016	1,169.7	1,743,700	1,490.72	-----	-----
2014-2015	4,629.8	8,496,500	1,835.17	-----	-----

Fuente: MAG (2014, 2015, 2016 y 2017).

2.7. Agroindustria

Se ha estipulado que la agricultura es el elemento característico de la primera etapa del desarrollo, mientras que se ha utilizado el grado de industrialización como el indicador más pertinente del avance de un país en vías de desarrollo. De la relación de industria y la agricultura surge la agroindustria, entendida como la rama de la industria que transforman productos agrícolas, ganaderos o pesqueros y recursos forestales, aplicándoles un proceso para su conservación o bien para su transformación, para la producción de bienes de consumo o intermedios para la alimentación humana, animal y para ser utilizados en otros procesos industriales (Canales y Córdova 2017).

La agroindustria se divide en tres grupos según el nivel de transformación, estas son:

- Nivel cero (0), los productos se conservan sin sufrir cambios en sus tejidos o estructura, ejemplos de este es el almacenamiento de granos, almacenamiento y refrigeración de huevos, pasteurización de la leche entera y almacenamiento de carne.
- Nivel uno (1), es la transformación en una etapa primaria de los productos, ejemplo de este grupo son las harinas de cereales, productos lácteos diversos (quesos, yogurt, leche en polvo, mantequilla), pulpas de frutas, aceites y grasas.
- Nivel dos (2), entran aquellos productos en que la transformación va acompañada de combinaciones de productos transformados y semiprocesados, ejemplos son conservas de diversos tipos, comidas separadas, alimentos dietéticos, embutidos, pastelería (Canales y Córdova 2017).

2.7.1. Agroindustria del ajonjolí

La semilla de ajonjolí es catalogada como la reina de las oleaginosas debido a su alto contenido de aceite, delicioso aroma y sabor a nuez. Considerado como un alimento saludable que es tradicionalmente consumido en los países del continente asiático. La semilla de sésamo se utiliza para una amplia gama de productos comestibles en forma cruda o tostada y también para usos industriales en cosméticos y farmacéutico. La importancia del cultivo de ajonjolí en todo el mundo está aumentando debido a que es una rica fuente de calcio, fósforo, hierro, rico en vitamina B y E, proteína y aceite (Myint *et al.* 2020).

El producto procesado favorito y el más codiciado en el mercado es su aceite. Las semillas de sésamo contienen la mayor cantidad de aceite en comparación con cualquier otra oleaginosa en una proporción del 50% o más (Sharaby y Butovchenko 2019).

Las propiedades físicas y mecánicas de las semillas de sésamo se ven fuertemente influenciadas por el movimiento de la maquinaria agrícola utilizada, por lo tanto, juegan un papel vital en la superación de los problemas relacionados con el diseño y la mejora de varios tipos de máquinas, como la unidad de tamizado, limpieza, almacenamiento que deben tenerse en cuenta durante el diseño y desarrollo (Sharaby y Butovchenko 2019).

2.7.2. Cadena de comercialización del ajonjolí

La cadena de comercialización del ajonjolí en El Salvador está constituida por productores primarios, transportistas, mayoristas y los detallistas, se caracteriza por su verticalidad; es decir, que la determinación de precios generalmente viene dada por los grandes mayoristas (FUNDE 2005).

2.7.2.1. Producción agrícola

Se caracteriza por ser producida por pequeños y medianos agricultores, los cuales trabajan bajo una agricultura tradicional, lo que implica el uso de agroquímicos, mano de obra familiar caracterizada por tener áreas de producción limitada, lo que genera que el área total de producción de ajonjolí sea bastante pequeña ya que son pocas las personas que se dedican a la producción de este cultivo (IICA 2004).

El hábito de crecimiento indeterminado y la naturaleza devastadora del sésamo causan problemas de cosecha y dan como resultado una pérdida de rendimiento y una mala adaptación a la recolección mecanizada. La mayor parte de la cosecha del sésamo (probablemente más del 99%) es manual. Las prácticas de recolección varían de un país a otro y de un lugar a otro dentro de los países. Al momento de la cosecha se realiza de la siguiente forma: los tallos se atan en pequeños paquetes, luego se apilan para que se sequen, el trillado es en el suelo o en plástico / tela en el campo para recoger la semilla. La naturaleza del rompimiento de las vainas es el tema más problemático debido a las elevadas pérdidas de semillas (hasta un 50%) en el momento de la cosecha. Este carácter no es adecuado para la recolección mecanizada y está limitado para la producción comercial en países que no tienen mano de obra disponible (Myint *et al.* 2020).

Las principales fuentes determinantes de las pérdidas postcosecha del ajonjolí son el tamaño de la finca, el total de granos de sésamo producidos, las condiciones climáticas, la distancia a la que se transportan las pilas, los días de apilamiento, y el modo de transporte del grano (Myint *et al.* 2020).

2.7.2.2. Acopio

Este eslabón de la cadena es uno de los puntos importantes de la actividad productiva del ajonjolí, el manejo postcosecha del procesador inicia con el acopio del grano. El procesador adquiere la semilla por dos vías: 1) Del productor directamente en la finca o en la planta procesadora (compra de piso), y 2) a través de intermediarios. La intervención de los intermediarios se da porque hay un espacio que la cadena misma no está cubriendo. El productor que vende su cosecha o parte de ella a intermediarios; esto último se realiza por dos motivos: por desconocimiento de que hay otros agentes que pagan mejores precios, y por la falta de los medios de transporte para llevar el producto hasta las plantas (IICA 2004).

La pérdida postcosecha es la pérdida de grano entre los momentos de cosecha y consumo, dentro de la cual se tienen han identificada las siguientes etapas: procesamiento, transporte, almacenamiento, empaque y comercialización. La grave pérdida de cantidad y calidad que se produce en las semillas oleaginosas se debe principalmente a la adopción de tecnologías de postcosecha inadecuadas. Esto conduce a la incidencia de granos dañados, descoloridos, arrugados y malolientes en el producto (Myint *et al.* 2020).

2.7.2.3. Procesamiento

El ajonjolí se exporta principalmente bajo tres formas o calidades: natural sucio de campo, natural limpio de campo y descortezado, partiendo de eso dependerán las actividades como clasificación, pesaje, verificación de su calidad, almacenamiento y empaque (IICA 2004).

En El Salvador para el caso de las exportaciones se comercializa con cáscara y descortezado (MAG 2018).

A nivel industrial el grano de ajonjolí se utiliza para panadería, extracción de aceites (OEA 1974), para la elaboración de la bebida popular llamada horchata, repostería, confitería (MAG 2009).

2.7.2.4. Comercialización

Este eslabón de la cadena del ajonjolí es dinamizado por una red de intermediarios que se constituyen en diferentes circuitos según la tecnología de producción. Estos circuitos incluyen a productores, intermediarios, acopiadores, procesadores y exportadores (IICA 2004).

Los eslabones en la cadena de comercialización pueden ser:

- Productor - exportador – consumidor.
- Productor - intermediario - mercado nacional – consumidor.
- Productor - intermediario - exportador - consumidor (Swisscontact 2014).

Entre menos eslabones tenga la cadena mejor serán los precios de compra y venta del producto, ya que en cada eslabón de la cadena se experimentan incrementos sustanciales de precios, los cuales se atribuyen arbitrariamente por los grandes mayoristas, quienes tienen la posibilidad de retener una cantidad considerable de la producción, especulando con la estacionalidad de los cultivos para influir en los precios (FUNDE 2005).

2.8. Clasificación de los productos del ajonjolí

2.8.1. Productos naturales (no procesados)

Son de origen vegetal (verduras, leguminosas, tubérculos, frutas, nueces, semillas) o de origen animal (pescados, mariscos, carnes de bovino, aves de corral, animales autóctonos, así como huevos, leche, entre otros). Una condición necesaria para ser considerados como no

procesados es que estos alimentos no contengan otras sustancias añadidas como azúcar, sal, grasas, edulcorantes o aditivos (OPS/OMS 2018).

2.8.1.1. Grano de ajonjolí natural

El grano de ajonjolí se recibe del campo y es sometido a un proceso de limpieza pasando por zarandas o tamices con mallas de diferentes aperturas para el retiro de impurezas propias de la cosecha como hojas, palos, tierra, entre otros; luego se pasa por una máquina para el retiro de piedras, residuos minerales y otros tipos de semillas. Dependiendo del uso final del grano se puede seleccionar por color después de haber sido seleccionado por peso en una mesa gravimétrica o por tamaño en un tamiz; y finalmente se empaqueta en bultos que pueden ser de 25 kg, 40 kg y 50 kg o del peso requerido por los clientes. Su principal uso es para la elaboración de dulces, decoración del maní confitado y la extracción de aceite (Tejada 2018).

2.8.2. Alimentos mínimamente procesados

Son alimentos naturales que han sido alterados sin que se les agregue o introduzca ninguna sustancia externa. Usualmente se sustrae partes mínimas del alimento, pero sin cambiar significativamente su naturaleza o su uso. Estos procesos “mínimos” (limpiar, lavar, pasteurizar, descascarar, pelar, deshuesar, rebanar, descremar, esterilizar, entre otros) pueden aumentar la duración de los alimentos, permitir su almacenamiento, ayudar a su preparación culinaria, mejorar su calidad nutricional, y tornarlos más agradables al paladar y fáciles de digerir (OPS/OMS 2018).

2.8.2.1. Grano de ajonjolí descortezado

Una vez limpia la semilla proveniente del campo puede ser sometida a una inmersión en agua caliente o en soluciones cáusticas calientes para el ablandamiento de la corteza, que luego es retirada mediante un lavado con agua fría. Posteriormente es sometido a una operación de secado para retirar el exceso de humedad a temperaturas hasta de 140° C; luego se realiza una selección ya sea manual o electrónica para eliminar granos de colores diferentes y otras impurezas, se procede a su empaquetado y almacenamiento. Su destino es principalmente la industria panificadora, para ser usado de forma decorativa. Además, es usado en la elaboración de galletas tanto dulces como de saladas, en especial las integrales; así como en la elaboración de dulces. También es habitual que, en algunos países, especialmente asiáticos, el ajonjolí descortezado sea teñido de colores para adornar platos como el sushi (Tejada 2018).

El tipo de semilla más importante es con cáscara (unhulled), este grano tiene un sabor característico de nuez. Una excepción notable a este principio es la industria McDonald's que usa semillas sin cáscara (hulled) sobre todos sus panes vendidos mundialmente, esto concuerda con la preferencia norteamericana de consumir el ajonjolí sin cáscara (FUNICA 2007).

2.8.2.2. Grano descortezado tostado

Cuando el grano está deshidratándose puede aumentarse la temperatura de secado a 140° C o más para darle una cualidad de tostado a la semilla, que repercute en su color, pasando de ser crema pálido a ser amarillo tostado hasta marrón oscuro, así como en su olor y sabor que pasa de ser oleoso neutro o dulce, según la variedad, a tener un marcado sabor y olor característicos de oleaginosas como el maní o nueces. Este producto también es sometido a selección manual o electrónica. Al igual que el descortezado, es usado frecuentemente en la galletería, dulcería y como condimento de platos culinarios (Tejada 2018).

Se estima que de las importaciones realizadas por Estados Unidos de Norteamérica y la Unión Europea, 85% de la semilla de ajonjolí es utilizada para regarla por encima del pan, en consecuencia, las otras formas de su uso son menos importantes (FUNICA 2007)

2.8.2.3. Torta de ajonjolí

Del proceso de extracción de aceite se obtiene como subproducto la torta o pasta de ajonjolí, la cual es usada en la alimentación animal y se caracteriza por su alto valor proteico (32 - 50%), siendo un excelente sustituto de la torta de soya; su sabor agradable permite la buena aceptación por los animales y debido a su contenido nutricional puede ser utilizado en la alimentación de diferentes tipos de animales tanto monogástricos como en rumiantes (Tejada 2018).

En ganado lechero tiene la propiedad de aumentar la producción de leche sin que esta adquiera el olor característico de la torta, aun administrándolo en grandes cantidades. En estado de descomposición la torta también puede ser utilizada como abono (Chacón 2007).

Se aprovecha de cada 100 kg de semilla, 42% de aceite comestible y 42% de torta; el 16% restante se atribuye a la humedad evaporada de la semilla, a la tierra y demás impurezas que

trae del campo, y a cierta cantidad de ácidos grasos libres que se separan del aceite dulce (Hernán s.f.).

2.8.3. Productos culinarios

Los ingredientes culinarios son sustancias extraídas de componentes de los alimentos, tales como las grasas, aceites, harinas, almidones y azúcar; o bien obtenidas de la naturaleza como la sal (OPS/OMS 2018).

2.8.3.1. Aceite comestible

El aceite crudo o natural puede tener tonos amarillos claros hasta ámbar oscuro, siendo predominante el amarillo oro, lo anterior depende de la variedad de la semilla como de sí el grano está en forma natural, descortezado o tostado. El aceite refinado tiende a ser más pálido debido a la pérdida de carotenos en el proceso de blanqueo (Zavala y Castillo 2007).

Es la forma de consumo más tradicional, y gracias a sus propiedades es comparable con el aceite de oliva por sus múltiples beneficios, rico en ácido linoleo y en sesamol, que es un antioxidante natural que lo hace resistente a la rancidez oxidativa en comparación con otros aceites, además posee un sabor agradable y no requiere de refinación, aunque eso depende de la preferencia de los clientes o el destino final del mismo. A nivel industrial en cuanto al sector alimenticio es utilizado para la elaboración de frituras, margarinas y productos de repostería; mientras que en el sector cosmético y farmacéutico es utilizado para la elaboración de cremas, bases líquidas, suplementos alimenticios y como ingrediente de algunos medicamentos veterinarios (Tejada 2018).

2.8.4. Productos procesados

2.8.4.1. Pasta de ajonjolí

Es conocida también como tahini en muchos países, es obtenida a partir de la molienda de semillas de sésamo descascarilladas, previamente remojadas en salmuera y tostadas entre 110 - 150° C. Es utilizada como ingrediente en muchos tipos de alimentos listos para el consumo como halva y hummus, así como de aderezo para ensalada, principalmente en los países del medio oriente y el Mediterráneo oriental, donde su consumo es habitual (Osaili y Al-Nabulsi 2016).

2.9. Bebidas

En los años 60, las bebidas refrescantes fueron pioneras al conseguir un buen sabor sin apenas calorías al sustituir el azúcar por edulcorantes. Las distintas empresas continuaron innovando en los procesos de fabricación y en la combinación de ingredientes, añadiendo o no anhídrido carbónico, azúcares, zumo de frutas, vitaminas, minerales. La evolución en los gustos también dio lugar a que los distintos fabricantes aumentaran la oferta de bebidas no carbonatadas, los populares refrescos sin gas de distintos sabores (ANFABRA 2018).

2.9.1. Clasificación de las bebidas

La palabra bebida es de uso común que se refiere a todo tipo de líquidos (naturales o artificiales) que puedan ser utilizados para el consumo humano (Bembibre 2011).

Según el Codex Alimentarius (1995), en la norma general para los aditivos alimentarios establece que las bebidas (excluidos los productos lácteos) se clasifican en las amplias categorías de bebidas no alcohólicas y bebidas alcohólicas.

En El Salvador, la bebida elaborada a partir del grano de ajonjolí se encuentra dentro de las bebidas denominadas como Bebidas no carbonatadas sin alcohol (refrescos), la cual, según la Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO) 67.18.01:01, es una bebida no alcohólica que no contiene dióxido de carbono (anhídrido carbónico) disuelto, elaborada a partir de agua potable que cumple con la Norma de Agua potable NSO 13.07.01:08 (actualmente RTS 13.02.01:14), adicionada con azúcar y otro edulcorante permitido, saborizantes naturales o artificiales y jugos o concentrado de frutas, colorantes naturales o artificiales y acidificantes, con o sin la adición de sustancias preservantes, vitaminas y otros aditivos alimentarios permitidos y que han sido sometidos a un proceso tecnológico adecuado (NSO 2002).

2.9.2. Consumo de bebidas en El Salvador

Es esencial que el cuerpo humano reciba agua, aunque el gusto humano prefiere que gran parte del agua se obtenga en forma de bebidas. Estas incluyen: cerveza, vino, licores, jugos de fruta, té, café, chocolate, bebidas gaseosas edulcoradas artificialmente y aguas gaseosas. Algunas de estas bebidas contienen pequeñas cantidades de estimulantes como cafeína (té, café y algunas colas) o alcohol en cantidades variables (cerveza, vino, licores), además, algunas son fuentes de vitaminas y minerales (FAO 2002).

En la mayoría de los países existen un gran número de bebidas tradicionales y estas se pueden preparar a partir de granos, frutas, miel, entre otros productos locales. En los países industrializados las bebidas suaves gaseosas son muy populares y se consumen en cantidades enormes. En muchas partes de África, Asia, América Latina y el cercano oriente las bebidas gaseosas están reemplazando a las bebidas tradicionales (FAO 2002).

Los refrescos son parte de la gastronomía salvadoreña y es muy variable, según su ubicación geográfica su preparación puede variar por los pueblos y tradiciones. El consumo de refrescos se da durante todo el año, los refrescos son consumidos por tradición, necesidad o por el simple hecho de saber que un refresco ayuda a calmar el calor, aunque su consumo se eleva en los meses de la época seca (marzo y abril) ya que es cuando se alcanzan temperaturas de hasta 31° C (Sánchez 2016).

En la lista de los 50 alimentos en los que más dinero gastan los salvadoreños, el único que no existe en la naturaleza y que logró colarse es la bebida gaseosa. Superada por la leche en términos de gasto por hogar, debido a su bajo precio la gaseosa es, en términos de volumen, la bebida número uno de los salvadoreños. La consumen por igual pobres y no pobres. Los salvadoreños consumieron en el 2011 un promedio de 10.8 galones per cápita (Carías 2013).

2.9.3. Bebidas vegetales

Se conoce como bebidas vegetales a aquellas bebidas no lactantes que contienen un gran porcentaje de agua y son extractos de legumbres, aceite, semillas, cereales, que se asemejan a la apariencia de la leche de vaca. Existe una gran variedad de plantas tradicionales como arroz (*Oryza sativa*), soja (*Glycine max*), almendra (*Prunus dulcis*), avena (*Avena sativa*), que dan lugar a bebidas vegetales en todo el mundo, por ejemplo, “horchata” en España; “sikhye”, una bebida hecha de arroz cocido, extracto de malta y azúcar en Corea del Sur; “boza”, una bebida fermentada hecha de trigo (*Triticum*), centeno (*Hordeum vulgare*), mijo (*Panicum miliaceum*) y maíz (*Zea mays*) consumida en Bulgaria, entre otras. En los últimos años el mercado de las bebidas vegetales se ha instalado dentro del mundo de la alimentación saludable y se ha diversificado muchísimo (García-Saavedra 2017).

2.9.3.1. Horchata

Las horchatas son bebidas tradicionales en varios países de Centro América, tales como El Salvador, Honduras y Nicaragua. Esta es una bebida elaborada a partir de la mezcla de

harinas de diferentes granos tostados y molidos, entre los cuales se utilizan semilla de morro (*Crescentia alata*), maní (*Arachis hypogaea*), ajonjolí (*Sesamum indicum*), almendras y cereales como maíz (*Zea mays*) o arroz (*Oryza sativa*). El proceso consiste en seleccionar los granos, tostarlos separadamente, mezclarlos, molerlos y empacarlos. Esta harina es la base para preparar el refresco al cual se le agrega azúcar y hielo. Aunque dependiendo de país, los ingredientes a utilizar pueden variar (FAO s.f.).

Actualmente la horchata es la única bebida dentro del territorio nacional de El Salvador que contiene un pequeño porcentaje de ajonjolí. Según la Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO) 67.45.01:06, Mezcla para preparar bebida de horchata, reconoce dos tipos de mezcla para la elaboración de horchata, las cuales son:

- Mezcla para la bebida de horchata de morro: se entiende el producto elaborado con granos de morro común, arroz, ajonjolí y canela (*Cinnamomun zeylanicumblume*) en combinación con otros ingredientes, obtenida por medio de procedimientos de tostado y molienda en los que se mezclan hasta darle un grado adecuado.
- Mezcla para la bebida de horchata de arroz: es el producto elaborado con granos de arroz, ajonjolí y canela en combinación con otros ingredientes, obtenida por medio de procedimientos de tostado y molienda en los que se mezclan hasta darle un grado adecuado de finura (NSO 2006).

2.9.4. Beneficios de la bebida de ajonjolí

La bebida de ajonjolí es de origen vegetal obtenida de las semillas con endulzantes naturales. Es considerada una excelente alternativa para aquellos que por determinadas razones no pueden ingerir leche de origen animal o con lactosa. Además, contiene vitaminas, minerales y un gran porcentaje de calcio, aun mayor al de la leche común. Proporciona grandes beneficios, estos se detallan a continuación:

- Reduce los niveles altos de colesterol en la sangre.
- Previene el agotamiento cerebral y nervioso.
- Previene la arterioesclerosis.
- Muy útil en estados carenciales como debilidad ósea, osteoporosis y pérdida del cabello.
- Es idónea en el tratamiento de problemas nerviosos como ansiedad, estrés, irritabilidad o depresión (Medina y Saltos 2017).

2.10. Análisis de los alimentos

El análisis de alimentos es la disciplina que se ocupa del desarrollo, uso y estudio de los procedimientos analíticos para evaluar las características de los alimentos y de sus componentes. Esta información es crítica para el entendimiento de los factores que determinan las propiedades de los alimentos, así como la habilidad para producir alimentos que sean consistentemente seguros, nutritivos y deseables para el consumidor (García Bello 2014).

La ciencia de los alimentos es un área multidisciplinaria integrada por la química, biología, microbiología y la ingeniería. Para el estudio de los alimentos a lo largo de toda la cadena alimentaria, es decir, desde la producción primaria, su procesamiento, conservación, preparación y puesta del producto final en la mesa del comensal, se requiere de importantes conocimientos sobre química ya que todos los alimentos están constituidos por diferentes proporciones de agua, hidratos de carbono, proteínas, lípidos, enzimas, minerales (estudiados a través de análisis bromatológicos), vitaminas, pigmentos, sabores, aromas (estudiados a través de análisis sensoriales) y diversos agentes bioactivos; las interacciones físicas y químicas que ocurren entre ellas y el medio ambiente que los rodean determinan los parámetros de calidad que más se buscan en los alimentos, color, sabor, textura, valor nutritivo y seguridad o inocuidad (Badui 2020).

El análisis químico de los alimentos es una temática de gran interés y utilidad durante los procesos de control de calidad en la industria y en la investigación científica para la evaluación del valor nutricional de los alimentos y el desarrollo de nuevos productos (Baroni *et al.* 2016).

2.10.1. Macronutrientes

Son nutrientes que se consumen en cantidades relativamente grandes como las proteínas, los hidratos de carbonos simples y complejos, y las grasas y ácidos grasos (OMS 2020).

El organismo necesita una mayor cantidad de macronutrientes (gramos) que de micronutrientes para funcionar correctamente. Los macronutrientes (excepto el agua) también pueden ser llamados nutrientes proveedores de energía. La energía se mide en calorías y es esencial para el crecimiento, reparación y desarrollo de nuevos tejidos, conducción de impulsos nerviosos y regulación de procesos corporales (FAO 2015).

Los macronutrientes de importancia en alimentos se presentan a continuación:

- **Carbohidratos**

Son la fuente principal de energía para casi todos los asiáticos, africanos y latinoamericanos, constituyen en general la mayor porción de su dieta, tanto como el 80% en algunos casos. Por el contrario, los carbohidratos representan únicamente del 45% al 50% de la dieta en muchas personas en países industrializados. Los carbohidratos son compuestos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno en las proporciones 6:12:6; durante el metabolismo se queman para producir energía y liberan dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O). Los carbohidratos en la dieta humana están sobre todo en forma de almidones y diversos azúcares, se pueden dividir en tres grupos: monosacáridos, ejemplo, glucosa, fructosa, galactosa; disacáridos, ejemplo, sacarosa (azúcar de mesa), lactosa, maltosa; polisacáridos, ejemplo, almidón, glicógeno (almidón animal), celulosa (FAO 2002).

- **Grasa**

En muchos países en desarrollo las grasas dietéticas contribuyen, aunque en parte menor a los carbohidratos, en el consumo de energía total (frecuentemente sólo 8% o 10%). En casi todos los países industrializados la proporción de consumo de grasa es mucho mayor, en Estados Unidos, por ejemplo, un promedio del 36% de la energía total proviene de la grasa. Estas sirven como solventes para las hormonas y las vitaminas liposolubles, proporcionan más del doble de las calorías que los carbohidratos y proteína (alrededor de 9 calorías por gramo). La grasa extra se almacena en el tejido adiposo y se quema cuando el cuerpo se ha quedado sin la energía de los carbohidratos (FAO 2015).

Toda la grasa corporal no deriva necesariamente de la grasa que se consume. Sin embargo, el exceso de calorías en los carbohidratos y las proteínas, por ejemplo, en el maíz (*Zea mays*), yuca (*Manihot esculenta*), arroz (*Oryza sativa*) o trigo (*Triticum sp.*), se pueden convertir en grasa en el organismo (FAO 2002).

Las grasas contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Son insolubles en agua, pero solubles en solventes químicos como el éter, cloroformo y benceno. El término grasa se utiliza para incluir todas las grasas y aceites que son comestibles y están presentes en la alimentación humana, variando de los que son sólidos a temperatura ambiente fría como la mantequilla, a los que son líquidos a temperaturas similares como los aceites de maní (*Arachis hypogaea*) o de semillas de algodón (*Gossypium hirsutum*). Las grasas alimentarias están compuestas

principalmente de triglicéridos, que se pueden partir en glicerol y cadenas de carbono, hidrógeno y oxígeno, denominadas ácidos grasos. La digestión o división de las grasas se produce en el intestino humano por las enzimas conocidas como lipasas, que se encuentran presentes sobre todo en las secreciones pancreáticas e intestinales. Las sales biliares del hígado emulsifican los ácidos grasos para hacerlos más solubles en el agua y por lo tanto su absorción es más fácil para el organismo (FAO 2015).

- **Proteínas**

Las proteínas proporcionan aminoácidos y constituyen la mayor parte de la estructura celular, tejidos y constituye la mayor porción de sustancias de los músculos y órganos (aparte del agua). Son los últimos macronutrientes en ser utilizados por el organismo. En los casos de extrema inanición, el organismo utiliza los músculos del cuerpo, compuestos de proteínas, para generar energía; esto se conoce como emaciación (FAO 2015).

Las proteínas son necesarias para el crecimiento y el desarrollo corporal; mantenimiento y reparación del cuerpo, reemplazo de tejidos desgastados o dañados; producir enzimas metabólicas y digestivas; son constituyentes esenciales de ciertas hormonas, por ejemplo, tiroxina e insulina. Aunque las proteínas liberan energía, su importancia principal radica en que son un constituyente esencial de todas las células, ya que estas necesitan ser reemplazadas de tiempo en tiempo y para este reemplazo es indispensable el aporte de proteínas (FAO 2002).

- **Agua**

Constituye una gran parte del peso corporal y es el principal componente de los fluidos corporales. El cuerpo necesita agua en mayor cantidad que cualquier otro nutriente. El organismo repone el agua a través de los alimentos consumidos y los líquidos cada día. El agua funciona como transportador de los nutrientes a las células y elimina los desechos a través de la orina, es un agente fundamental en la regulación de la temperatura corporal y el equilibrio iónico de la sangre, es esencial para el correcto funcionamiento metabólico, lubricación y amortiguación (FAO 2015).

2.10.2. Micronutrientes

Los micronutrientes (también llamados oligonutrientes) son las vitaminas y minerales que se consumen en cantidades relativamente menores, pero que son imprescindibles para las funciones orgánicas (OMS 2020).

A diferencia de los macronutrientes, el organismo los requiere en cantidades muy pequeñas. Estos son extremadamente importantes para la actividad normal del cuerpo y su función principal es la de facilitar muchas reacciones químicas que ocurren en el cuerpo, estos no le proporcionan energía al cuerpo (FAO 2015).

- **Vitaminas**

Son esenciales para el funcionamiento normal del metabolismo (crecimiento y desarrollo) y para la regulación de la función celular. Las mismas, junto con las enzimas y otras sustancias, son importantes para mantener la salud. Existen dos tipos de vitaminas, las liposolubles (solubles en grasa) y las solubles en agua. Las vitaminas solubles en agua incluyen la vitamina B y C: las verduras de hoja verde son ricas en vitamina B, mientras que la vitamina C se encuentra en abundancia en las frutas cítricas. Las vitaminas liposolubles incluyen las vitaminas A, D, E y K. Los alimentos ricos en estas vitaminas son los vegetales de hoja verde, la leche, productos lácteos y los aceites vegetales (FAO 2015).

Se agrupan en forma conjunta no debido a que se relacionen químicamente o porque tengan funciones fisiológicas semejantes, sino debido, como lo implica su nombre, a que son factores vitales en la dieta y porque todas se descubrieron en relación con las enfermedades que causan su carencia, estas no encajan en otras categorías de nutrientes (carbohidratos, grasas, proteínas y minerales o metales traza) (FAO 2002).

- **Minerales**

Se encuentran en forma ionizada en el cuerpo. Se clasifican en macro-minerales y micro-minerales (o minerales traza). Los macro-minerales presentes en el organismo son el calcio, potasio, hierro, sodio y magnesio. El organismo necesita mayor cantidad de macro-minerales que de micro-minerales. Entre los micro-minerales se encuentran el cobre, zinc, cobalto, cromo y fluoruro. Estos en su mayoría son cofactores necesarios para la función de las enzimas en el cuerpo. Aproximadamente el 4% de la masa del cuerpo se compone de minerales (FAO 2015).

Los principales minerales en el cuerpo humano son: calcio, fósforo, potasio, sodio, cloro, azufre, magnesio, manganeso, hierro, yodo, flúor, zinc, cobalto y selenio. El fósforo se encuentra tan ampliamente en las plantas que una carencia de este elemento quizá no se presente en ninguna dieta. El potasio, el sodio y el cloro se absorben con facilidad y fisiológicamente son más importantes que el fósforo. Los seres humanos consumen azufre sobre todo en forma de aminoácidos que contienen azufre; por lo tanto, cuando hay carencia de azufre se relaciona con carencia de proteína. No se considera común la carencia de cobre, manganeso y magnesio. Los minerales de mayor importancia en la nutrición humana son: calcio, hierro, yodo, flúor y zinc. Algunos elementos minerales son necesarios en cantidades muy pequeñas en las dietas, pero son vitales para fines metabólicos, se denominan elementos trazas esenciales (FAO 2002).

2.11. Análisis sensorial

El análisis sensorial se encarga de evaluar las propiedades organolépticas. Esto permite obtener información completa y adecuada sobre la calidad de un producto, ya que se centra en obtener respuestas concretas a preguntas relacionadas con la percepción sensorial de la calidad (Rodríguez 2020).

En la Norma UNE-EN ISO 5492:2010 se define el Análisis Sensorial como ciencia relacionada con la evaluación de los atributos organolépticos de un producto mediante los sentidos. Dicho de otro modo, es la evaluación de la apariencia, olor, aroma, textura y sabor de un alimento o materia prima a través de los sentidos. Este tipo de análisis comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos y minimiza los potenciales efectos de desviación que la identidad de la marca y otras informaciones pueden ejercer sobre el juicio del consumidor. Es decir, intenta aislar las propiedades sensoriales u organolépticas de los alimentos o productos en sí mismos y aporta información muy útil para su desarrollo o mejora, para la comunidad científica del área de alimentos y para los directivos de empresas (García 2020).

2.11.1. Análisis descriptivo

Consiste en la descripción de las propiedades sensoriales (parte cualitativa) y su medición (parte cuantitativa). Es considerado como “el más completo”. En las pruebas descriptivas no

interesan las diferencias globales entre las muestras sino la naturaleza de esa diferencia y se aplica cuando las diferencias son netamente perceptibles (Catania y Avagnina 2007).

En esta se intentan definir las propiedades de un alimento y medirlas de la manera más objetiva posible (Olivas-Gastélum *et al.* 2009).

El panel no es mayor de 10 personas, debido a la dificultad de entrenar a una mayor cantidad y son necesarias de seis a ocho sesiones, hasta que cada evaluador aprende el vocabulario y la escala (Barda s.f.).

Los tipos de pruebas en los análisis descriptivos son los siguientes:

- **Evaluación de un solo atributo sensorial**

Este tipo de pruebas permite comparaciones entre varias muestras marcando los diferentes niveles de intensidad sensorial de un determinado carácter. Son simples de realizar y requieren un entrenamiento limitado solo al carácter examinado. Se realiza mediante pruebas de ordenamiento y de puntaje (Catania y Avagnina 2007).

- **Prueba de ordenamiento y de puntajes**

Consisten en ordenar las muestras de acuerdo con la intensidad de un descriptor sensorial determinado sin preocuparse por la magnitud de la diferencia. Se pueden efectuar con muchas muestras o con dos (ordenamiento por pares) que es la más utilizada. Para ello se clasifican dos muestras siguiendo la intensidad de un criterio sensorial. Mientras que en la prueba de puntajes se les solicita a los jueces ordenar las muestras según la intensidad de un carácter sensorial. De esta manera se trabaja con escalas o tablas de anotación y pueden ser estructuradas o no estructuradas. En la estructurada una serie de hitos marca la diferencia de magnitud. A las pruebas que utilizan este tipo de escalas se les suele llamar pruebas de intervalo. En cambio, en la no estructurada sobre una línea sin referencia el degustador marca casi intuitivamente las intensidades de la sensación. Posteriormente la intensidad de la sensación se transforma en un número. Se necesita trabajar con un jurado con cierto entrenamiento para trabajar con cualquiera de las dos escalas. Los datos obtenidos se pueden tratar con el análisis de variancia (Catania y Avagnina 2007).

- **Evaluación de varios datos sensoriales**

Es una herramienta que permite describir las diferentes percepciones sensoriales y darle una magnitud mediante una escala. Los descriptores utilizados en la descripción del perfil pueden lograrse por consenso de los degustadores o también puede usarse un vocabulario libre. La técnica descriptiva con consenso de descriptores es la más utilizada. Se realiza en varias sesiones. En una primera sesión los jueces buscan todos los descriptores que puedan estar en distinta magnitud. Encontrar los descriptores adecuados puede llevar varias sesiones. Luego se establecen los descriptores y se capacitan en la intensidad de los descriptores elegidos mediante soluciones de referencia. Finalmente, se le da una magnitud a cada uno de los descriptores en cada uno de los productos. Se pueden utilizar escalas estructuradas y no estructuradas. Los descriptores se ordenan de acuerdo con un orden lógico de las degustaciones, es decir, primero los de vista, luego los de olfato y finalmente los de boca. Los datos surgidos del análisis sensorial se pueden analizar mediante el análisis de la variancia y se pueden calcular las interacciones entre los productos y los jueces. Es importante reentrenar a un juez determinado en caso de encontrar que sus anotaciones son discordantes con el resto de los degustadores (Catania y Avagnina 2007).

2.11.2. Análisis discriminativo

Las pruebas discriminatorias se usan para detectar diferencias, aunque no necesariamente detectan el tipo de diferencia encontrada. Generalmente se usa cuando se va a introducir un nuevo producto y se quiere saber si este es diferente al anterior, si la población detecta la diferencia. Si las muestras son perceptiblemente diferentes no se aplica esta técnica, las diferencias deben ser sutiles (Liria 2008).

Se emplean como mínimo 20/25 personas, dependiendo del tipo de ensayo. El análisis discriminativo es más rápido ya que no es necesario un gran entrenamiento (Barda s.f.).

Los tipos de pruebas en los análisis discriminativos son los siguientes:

- **Unilateral apareada simple o de una cola.** Es la más simple y se le pide al juez que diga si las muestras son diferentes o no. El juez tiene que probar pocas muestras y así no hay posibilidades de que se fatigue. Se usa muy poco porque la posibilidad de dar una respuesta correcta por el azar es elevada (50%) (Catania y Avagnina 2007).
- **Prueba triangular.** En esta prueba se presentan tres muestras simultáneamente, dos de ellas son idénticas y una es de una formulación diferente. El panelista debe indicar cuál de

las tres es la muestra diferente. Esta prueba permite al investigador conocer si existe diferencia perceptible entre dos productos sin tener que especificar la naturaleza de la posible diferencia (Olivas-Gastélum *et al.* 2009).

- **Prueba dúo-trío.** En este caso se repite una de las dos muestras (A y B) y se coloca como referencia. El juez debe decir cuál de las 2 muestras es igual a la referencia. La posibilidad de dar una respuesta correcta por el azar también es elevada (50%) (Catania y Avagnina 2007).

2.11.3. Prueba afectiva

Las pruebas afectivas o hedónicas se refieren al grado de preferencia y aceptabilidad de un producto. Este tipo de pruebas permiten no sólo establecer si hay diferencias entre muestras, sino el sentido o magnitud de esta, para mantener o modificar la característica diferencial. Dentro de las pruebas afectivas o hedónicas se encuentran: pruebas de preferencia (preferencia pareada y categorías de preferencia) y de aceptabilidad (Liria 2008).

Muchas veces se confunden el término preferencia con aceptabilidad, sin embargo, son terminologías diferentes. Aceptabilidad se refiere al grado de gusto o disgusto de una persona sobre un producto, se basa en una escala de medición de una persona y su comportamiento. Mientras que preferencia se refiere a la elección entre varios productos sobre la base del gusto o disgusto, se basa en la elección de una persona entre un conjunto de alternativas (dos o más productos) (Liria 2008).

En este caso se trabaja con evaluadores no entrenados y la pregunta es si les agrada o no el producto. “El consumidor debe actuar como tal”. Lo que sí se requiere, según la circunstancia, es que sea consumidor habitual del producto que está en evaluación. Para que los resultados sean válidos se requieren numerosas respuestas, por lo que se trabaja por lo menos con 80 personas, en este los panelistas no necesitan ser entrenados, porque es espontáneo (Barda s.f.).

3. Materiales y métodos

3.1. Ubicación de la investigación

La investigación se desarrolló en el periodo de diciembre 2020 a noviembre 2021. La fase de campo se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas (figura 1) ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, y la fase de laboratorio se llevó a cabo en el laboratorio de Química Agrícola, ambos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, con coordenadas geográficas de Latitud Norte 13° 06' y Longitud Oeste 89° 06', a una elevación de 48 metros sobre el nivel del mar (msnm), con precipitación media anual de 1,700 mm, temperatura anual de 28° C, humedad relativa de 76% y una velocidad del viento de 8 km/h.



Figura 1. Ubicación de la Estación Experimental y de Prácticas en San Luis Talpa, La Paz.

3.2. Fase de campo

Las variedades de ajonjolí que se utilizaron en esta investigación fueron SPA-222 R, Cubano y Barrilito, estas fueron seleccionadas de un total de diez variedades cosechadas en las parcelas de la EEP-UES por presentar mejor rendimiento por parcela. El proyecto se inició a partir del ajonjolí de campo listo para ser cosechado.

Para la obtención de los granos, se cosecho el ajonjolí en manojos que fueron sometidos a un proceso de secado natural exponiéndolos al sol y sombra durante 15 días hasta que el grano alcanzo una humedad del 13%, en ese momento se procedió a coleccionar los granos, los cuales fueron almacenados en recipientes plásticos de 10 libras de capacidad, debidamente rotulados y herméticamente sellados para que el grano no absorbiera la humedad del ambiente y evitar el contacto directo con plagas, a una temperatura de 25° C y una humedad relativa del 40%.



Figura 2. Almacenamiento del grano de ajonjolí en bodega.

3.3. Metodología de laboratorio

Para determinar el contenido nutricional de las tres variedades de ajonjolí, la metodología de laboratorio se desarrolló en las siguientes etapas:

- Análisis físicos químicos del grano de las tres variedades de ajonjolí.
- Análisis físicos químicos de las bebidas de ajonjolí.

3.3.1. Análisis físicos químicos del grano

Se utilizaron 400 gramos (g) de grano por variedad y para que estas pudieran ser analizadas fue necesario que estuvieran libre de toda impureza, por lo que se realizó una limpieza a través de diferentes tamices para remover la mayor cantidad de material extraño que pudiera afectar los resultados. Una vez limpias estas fueron llevadas al laboratorio donde se almacenaron bajo una estricta cadena de custodia (rotulada e identificada).



Figura 3. Almacenamiento del grano de ajonjolí en el laboratorio.

Las muestras se colocaron dentro de desecadores para luego acondicionarla y realizar los siguientes análisis: Bromatológicos y minerales. La metodología que se utilizó en los análisis

de laboratorio fue la establecida por la Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) 1980, hoy conocida como AOAC internacional y estos se muestran a continuación:

Cuadro 9. Análisis realizados al grano de ajonjolí y metodologías de laboratorio.

Análisis	Metodología	Referencia
Bromatológicos		
Proteína	Micro Kjeldahl	AOAC, 991.20
Ceniza	Gravimétrico	AOAC, 925.09
Fibra cruda	Método Ankom	ANKOM 200/220
Humedad	Gravimétrico	AOAC, 925.09
Grasa	Soxhlet	AOAC,920.39
Carbohidratos	Por diferencia de otras fracciones	
Minerales		
Calcio	Espectrometría AA	Shimadzu s.f.
Magnesio	Espectrometría AA	Shimadzu s.f.
Fósforo	Espectrometría visible	Shimadzu s.f.
Hierro	Espectrometría AA	Shimadzu s.f.
Zinc	Espectrometría AA	Shimadzu s.f.



Figura 4. Preparación de las muestras de los granos de ajonjolí.

3.3.1.1. Análisis bromatológico proximal

El sistema proximal, también llamado Análisis Proximal de Wendee, es más utilizado en la caracterización nutricional de alimentos en los laboratorios agrícolas del mundo. Este análisis fracciona los alimentos en seis componentes, cada uno de ellos agrupa varios nutrientes que tienen propiedades comunes (Pineda y Rivera 2016).

Los principios de los métodos son los siguientes (AOAC 1970):

- **Determinación de humedad**

La determinación del contenido de humedad de las muestras se realizó en dos fases: humedad parcial para eliminar el agua superficial en los tejidos y humedad total para eliminar el contenido de agua a nivel celular (dentro del tejido). Se utilizó la siguiente fórmula:

$$H Mx = \%Hp + \%HT$$

Dónde:

H Mx = Contenido de humedad de la muestra.

%Hp = Humedad parcial.

%HT = Humedad total.

La humedad de la muestra sirvió para determinar la cantidad de materia seca (en donde se encuentra el mayor contenido de nutrientes), a partir de esta se pudo cuantificar realizando los siguientes análisis: ceniza, proteína, grasa, fibra cruda y carbohidratos.

$$M \text{ seca} = 100 - (\%Hp + \%HT)$$

Dónde:

M seca = Materia seca.

- **Determinación de humedad parcial**

Se pesó un aproximado de 60 g de muestra y se colocó en una estufa de aire forzado a 60° C durante 24 horas. Las muestras se secaron y se pusieron en desecadores para llevarlo a temperatura ambiente y posteriormente se pesó para calcular el porcentaje de humedad parcial.

$$\% Hp = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} * 100$$

Donde:

% Hp = humedad parcial en porcentaje

Pérdida de peso = peso de caja con mx húmeda antes del análisis – peso de caja con mx seca después del análisis

Mx = muestra en gramos (g).

- **Determinación de humedad total**

Se pesó 10 g de muestra molida, se colocó en una caja de aluminio y se secó en una estufa de vacío a 105° C durante 5 horas y a 100 mm de mercurio (Hg) de presión, pasado ese tiempo se dejó por 20 minutos en un desecador para enfriar, luego se pesó para calcular el porcentaje de humedad total.

$$\%HT = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{peso de la muestra (g)}} * 100$$

Dónde:

%HT = Humedad total en porcentaje

Pérdida de peso = peso de caja con mx humedad antes del análisis – peso de caja con mx seca después del análisis

Mx = muestra en gramos (g).

- **Determinación de extracto etéreo (EE) por el método de Soxhlet**

Se realizó utilizando como solvente éter de petróleo. El proceso consistió en una solubilización de los pigmentos y grasas presentes en el grano de ajonjolí, por lo que fue necesario secar en horno los matraces de extracción sin tocarlos con los dedos, enfriados en un desecador y pesados con aproximación de miligramos. Luego se pesó en un dedal de extracción, al cual se le adicionó 5 g de la muestra seca. Este fue depositado a la unidad de extracción donde se evaporó y condensó continuamente a través de un refrigerante, y extrajo los materiales solubles de este. El extracto se recogió en un balón y cuando el proceso se completó por un periodo de seis horas, el éter se destiló y se recolectó en otro recipiente, la grasa cruda que queda en el balón se secó y se pesó.

$$\% \text{ de grasa} = \frac{\text{Peso de balón+EE (g)- peso de balón vacío(g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} * 100$$

Dónde:

EE = extracto etéreo

- **Determinación de proteína cruda por el método de Kjeldahl**

Se molieron 5 gramos de muestra de ajonjolí para luego pesar con balanza analítica (1 g) y colocarla en un matraz Kjeldahl; Se agregaron 10 g de sulfato de potasio, 0.7g de óxido de mercurio y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado. El matraz se colocó en el digestor en un ángulo inclinado y se calentó hasta llegar a ebullición (420°C) logrando que la solución se vea clara, para luego enfriar. Durante el enfriamiento se adicionaron alrededor de 90 mL de agua destilada y desionizada. Ya frío agregaron 25 mL de solución de sulfato de sodio y se mezcló.

Se agregaron alrededor de 80 mL de la solución de hidróxido de sodio al 10 N para alcalinizar la muestra (Proceso de destilación). La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realiza por medio de una volumetría ácido-base, empleando ácido clorhídrico o sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno. Los equivalentes de ácido consumidos corresponden a los equivalentes de amoniaco destilados.

$$\% N = \frac{(\text{Vol de HCl ml}) \times N \text{ de HCl} \times 0.014}{\text{Peso de la muestra (g)}} * 100$$

Dónde:

Vol de HCL= Volumen de ácido clorhídrico gastados de la titulación

N de HCL= Normalidad del ácido clorhídrico

0.014= Miliequivalentes del nitrógeno

%N = porcentaje de nitrógeno

La conversión de nitrógeno a proteína cruda se obtuvo al multiplicar el contenido de nitrógeno por el factor de conversión que depende del contenido de este elemento presente en la muestra (específico para cada material analizado)

$$\% P_c = \%N * 6.25$$

6.25 = factor de conversión para oleaginosas

- **Determinación de fibra cruda**

Se pesó 2 gramos de la muestra desengrasada y seca que se obtuvo de la determinación de extracto etéreo (EE), esta se colocó en matraz y al cual se le adicionó 200ml de solución de

ácido sulfúrico en ebullición. La muestra preparada se colocó en el digestor donde se dejó hervir exactamente por 30 min, manteniendo constante el volumen con agua destilada y moviéndolo periódicamente para remover las partículas adheridas a las paredes. Se reposar por un minuto y se procedió a filtrar cuidadosamente usando succión; la filtración se realizó en menos de 10 minutos.

El residuo se transfiere al matraz nuevamente con 200ml de solución de NaOH el cual se llevó a ebullición durante 30 min, que luego, se sometió a una segunda filtración. Este tercer residuo se depositó rápidamente los crisoles (previamente tratados y pesados) y se colocaron en el horno mufla a 550°C por 3 horas. Para finalizar se dejaron enfriar en un desecador y se tomó el peso nuevamente.

$$\% \text{ FC} = \frac{(\text{Peso del crisol con residuo seco}) - (\text{Peso del Crisol vacio})}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Dónde:

% FC = Fibra cruda en porcentaje

- **Determinación de cenizas**

En un crisol de porcelana que previamente se calcinó y que se llevó a peso constante, se depositaron 5g de muestra seca de ajonjolí que luego se trasladó al horno mufla para calcinarlo a 550°C durante 12 horas. Una vez pasadas las 12 horas se colocó en un desecador para enfriar para al final pesar nuevamente el crisol conteniendo la ceniza.

$$\% \text{ C} = \frac{\text{Peso de Ceniza (g)}}{\text{Peso de la muestra(g)}} * 100$$

% C = Contenido de ceniza en porcentaje

Peso de ceniza = peso de crisol con muestra antes de calcinar – peso de crisol vacío

- **Determinación de carbohidratos**

Se realizó mediante el método de la diferencia de 100 menos los porcentajes antes calculados (AOAC 1970).

$$\% \text{ E.L.N.} = 100\% - (\% \text{C} + \% \text{N} + \% \text{E.E} + \% \text{FC})$$

3.3.1.2. Análisis del contenido de micronutrientes por espectrometría

El fenómeno de absorción de radiaciones a determinadas longitudes de onda en el caso particular, en que el medio absorbente sean los átomos en estado fundamental se conoce como espectroscopia de absorción atómica (Pineda y Rivera 2016).

- **Determinación de calcio, fósforo, magnesio, hierro y zinc**

Las cenizas de las muestras se solubilizaron y se determinó el contenido de nutrientes. Para determinar los minerales calcio, fósforo, magnesio, hierro y zinc la ceniza de estas muestras se trató con ácido clorhídrico y agua destilada, se llevó a ebullición y luego se filtró a través de papel filtro watman N° 42 y se llevó a un volumen determinado. Una vez obtenidas las soluciones se procedió a realizar los análisis por espectrofotometría (figura 5), utilizando absorción atómica de llama para calcio, hierro, magnesio y zinc, y espectrometría UV para determinación de fósforo (AOAC 1970).



Figura 5. Determinación de minerales por AA de llama.

3.3.2. Análisis físicos químicos de la bebida

Para determinar el contenido nutricional de la bebida de ajonjolí, estas fueron llevada al laboratorio donde se almaceno bajo refrigeración, a una temperatura de 3° a 4° C, y de esta manera, se conservaron sus propiedades hasta que se realizaron los siguientes análisis:

Cuadro 10. Análisis realizados a la bebida de ajonjolí y metodologías de laboratorio.

Análisis	Metodología	Referencia
Bromatológicos		
Proteína	Micro Kjeldahl	AOAC, 991.20
Ceniza	Gravimétrico	AOAC, 925.09
Minerales		
Calcio	Espectrometría AA	Shimadzu s.f.
Hierro	Espectrometría AA	Shimadzu s.f.
Zinc	Espectrometría AA	Shimadzu s.f.

3.3.3. Evaluación de la vida de anaquel de la bebida

Para la evaluación de la vida de anaquel, la bebida se mantuvo bajo dos condiciones de almacenamiento, la primera fue a una temperatura de 4° a 5° C y la segunda a temperatura ambiente de 25° C, con producto sellado y abierto. Para su evaluación se necesitó tomar muestras de las bebidas cada cinco días, a las que se les realizaron los siguientes análisis:

Cuadro 11. Análisis utilizados para evaluación de la vida de anaquel de la bebida de ajonjolí.

Análisis	Metodología	Referencia
Acidez (%)	Volumetría	AOAC 942.15
pH	Potenciometría	AOAC 981.12

- **Determinación de acidez**

Tiene por objeto cuantificar las sustancias ácidas presentes en un determinado cuerpo de agua o en un residuo líquido. Esta medición se realizó mediante una titulación, para lo que se utilizaron 20 ml de bebida al cual se le agrego 100 ml de agua destilada y dos gotas de indicador de fenolftaleína. Esta solución se tituló con hidróxido de sodio al 0.2 N. Cuando un ácido y una base reaccionan se produce una reacción de neutralización que se logra identificar el final de esta a través un indicador acido-base mediante un cambio de color.

$$A \% = \frac{N \left(\text{NaOH} \frac{\text{mEq}}{\text{ml}} \right) * \text{Vol}(\text{NaOH cons ml}) * W \text{ eq Ácido mg/ mEq}}{\text{Vol Mx ml}} * 100$$

Dónde:

A%= Porcentaje de acidez

N= Normalidad de NaOH (hidróxido de sodio) utilizada en la titulación

Vol= Volumen gastado en la titulación

W eq= Peso equivalente.

Vol mx= Volumen de la muestra.

- **Determinación de pH**

El pH o potencial de hidrogeniones se midió utilizando un pH-metro, el cual se lavó y se depositó en un beaker con agua destilada para calibrar. Para utilizarlo, la temperatura debió estar a temperatura ambiente.



Figura 6. Análisis de pH y acidez a la bebida de ajonjolí.

3.4. Fase de procesamiento para la elaboración de las bebidas

Las bebidas se elaboraron de forma casera, utilizando para todas las variedades de ajonjolí, la misma formulación: 3 litro de agua, 453 gramos de ajonjolí, 320 gramos de azúcar, 5 ml de esencia de vainilla, 2 gramos de canela en polvo. El procedimiento fue el siguiente (figura 7):

- **Etapa 1.** Preparación del grano: Se limpió pasando por tamices el grano y se remojo durante 6 horas con el objetivo de mejorar sus características químicas por medio de la iniciación de una etapa de fermentación (Tejada 2018), en conjunto con el proceso de lavado para terminar de limpiar el grano. Una vez limpio se procedió a secarlo al sol para remover la humedad absorbida y así facilitar el tueste del grano; esto último se realizó para que el grano adquiriera un característico sabor a nuez (Quasem et al. 2009).



Figura 7. Preparación del grano de ajonjolí para elaborar las bebidas.

- **Etapa 2.** Tratamiento térmico del grano: se empleó para modificar las propiedades químicas y sensoriales del ajonjolí. Para ello se adicionaron 5 litros de agua y se llevó a ebullición durante 15 minutos, se enfrió inmediatamente y luego se licuo durante 7 minutos para preparar las bebidas (Quasem et al. 2009) (figura 8).



Figura 8. Tratamiento térmico del grano de ajonjolí para elaboración de las bebidas.

- **Etapa 3.** Elaboración de las bebidas: La relación para la elaboración fue de 3:400 (3 litros de agua, 400 gramos de ajonjolí). Se filtró y se adicionaron los demás ingredientes (azúcar, esencia de vainilla y canela); la mezcla se calentó durante 15 minutos hasta llegar a ebullición, una vez lista la bebida, se embazó en botellas plásticas de un litro y se climatizo hasta que llegara a temperatura ambiente para luego ser refrigerada (figura 9).

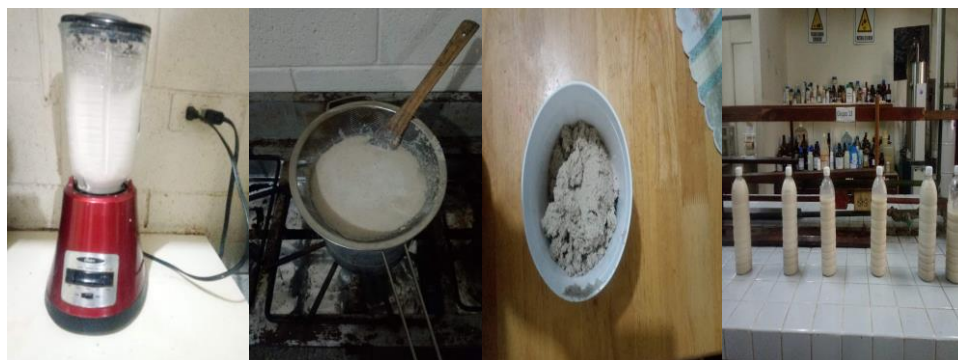


Figura 9. Elaboración de las bebidas de ajonjolí.

3.5. Fase sensorial

Se realizó un estudio de la vida de anaquel para el producto después de abierto, el cual consistió en mantener la bebida bajo dos diferentes temperaturas de almacenamiento, en refrigeración de 4° a 5° C y a temperatura ambiente a 25° C, a las que se les realizo, cada cinco días sus respectivos análisis, y para producto sellado solo se realizó una vez pasado el mes. A estas muestras se les realizó la de evaluación sensorial, pH y acidez.

Para el estudio de la calidad sensorial se realizó una prueba hedónica (aceptación y rechazo), donde se buscó obtener información sobre la aceptación del producto en el transcurso de los días. Se utilizó como método de evaluación una prueba afectiva de aceptación por atributos y como herramienta una prueba hedónica estructurada de nueve puntos, siendo el 1 “me disgusta extremadamente” y el 9 “me gusta extremadamente” (anexo A-9), evaluando: color, olor, sabor y textura.

El análisis sensorial se desarrolló a nivel local, utilizando para ello a 31 panelistas no entrenados (consumidores). Para la selección de los participantes se tomó en cuenta que no sean alérgicos a la semilla de ajonjolí o similares y que sean consumidores habituales de este tipo de producto como horchata o leche de soya.

4. Metodología estadística

Se utilizó un diseño experimental Completamente aleatorio con efectos fijos, donde la unidad experimental fue de tres niveles, siendo los niveles las tres variedades de ajonjolí: SPA-222 R, Cubano y Barrilito. Para el estudio se analizaron dos características (bromatológicas y minerales) con un total de 15 muestras por análisis (cinco por variedad).

Para el análisis estadístico se utilizó un análisis de varianza (ANVA) para datos normales y para datos no paramétricos se utilizó la prueba de Kruskal Wallis, con un nivel de significancia del 95% para identificar si existe o no diferencias entre las variedades en estudio con respecto a su contenido nutricional, aceptando la hipótesis nula si el P valor es igual o mayor a 0.05 décimos no existe diferencia significativa entre los tratamientos, caso contrario, se rechaza la hipótesis nula cuando el P valor resulte ser menor a 0.05, siendo en el resultado que si existe una diferencia entre los tratamientos, aceptando la hipótesis alterna.

4.1. Universo y muestras

El universo en este estudio estuvo conformado por los granos de ajonjolí. Las muestras en estudio corresponden a tres libras de granos de ajonjolí, una libra por cada una de las tres variedades.

Cuadro 12. Diseño del experimento para los análisis fisicoquímicos.

Variedad	Determinación de minerales			Análisis bromatológicos			
	Muestra N°	Análisis	Total de muestras	Muestra N°	Análisis	Total de muestras	
SPA-222 R	1	Hierro, magnesio, calcio, fósforo y zinc.	25	1	Proteína, cenizas, fibra cruda, extracto etéreo, carbohidratos, humedad.	25	
	2			2			
	3			3			
	4			4			
	5			5			
Barrilito	6		25	6		25	
	7			7			
	8			8			
	9			9			
	10			10			
Cubano	11		25	11		25	
	12			12			
	13			13			
	14			14			
	15			15			
Total			75	Total			75

5. Resultados y Discusión

5.1. Resultados de los análisis bromatológicos de los granos de ajonjolí

5.1.1. Contenido de grasa

Los resultados del grano de las tres variedades en estudio demostraron que el mayor contenido de grasa lo obtuvo la variedad Barrilito con 44.93%, seguido por la variedad Cubano con 44.82% y el menor lo obtuvo con la variedad SPA 222-R con 34.13% (cuadro 13).

Cuadro 13. Comparación de resultados de los análisis bromatológicos de las tres variedades de ajonjolí contra valores del INCAP.

Componente nutricional (%)	Variedad			Valor INCAP*
	SIS (SPA 222-R)	SIC (Cubano)	SIBR (Barrilito)	
Grasa	34.13	44.82	44.93	49.67 g
Proteína	22.54	23.84	21.25	17.73 g
Ceniza	6.23	6.36	5.28	4.45 g
Fibra cruda	24.05	21.39	23.50	7.90 g
Agua	6.88	7.22	7.31	4.69 g
Carbohidratos	16.47	7.21	8.27	23.45 g

*Valores de composición de alimentos de Centro América (INCAP 2012).

Las variedades Cubano y Barrilito presentaron resultados que están dentro del rango de 42% a 50% reportado por Oliva *et al.* (2016); y si se toma en cuenta lo dicho por Cervantes (2012) quien recomienda que para producción de aceite crudo se exige un mínimo de 50% a 52% y para confitería 48%, las variedades analizadas en esta investigación son aptas para ser usadas preferiblemente para la producción de productos confitados.

El ajonjolí es bien conocido por su alto contenido de grasa, incluso se ha llegado a catalogar como la reina de las oleaginosas (Alyemeni *et al.* 2011); debido a que su contenido puede ir del 47% hasta el 63% (con un promedio del 50%) (Quasem *et al.* 2009), pero estos valores no siempre serán así de altos, esa característica depende de la variedad y de la maquinaria utilizada durante la cosecha y postcosecha (Sharaby y Butovchenko 2019); también pueden variar significativamente si la semilla es descortezada o no (Cervantes 2012); y el tiempo de almacenamiento junto con el material de empaque (Marrugo *et al.* 2012).

Los valores obtenidos mediante el Análisis de Varianza demostraron con un nivel de confianza del 95%, que si existen diferencias estadísticas significativas para la variable grasa entre los tratamientos debido a que el P- valor es menor al 0.05 (cuadro 14).

Cuadro 14. Resultados del análisis de varianza (ANVA) del estudio bromatológico.

Variable	FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Grasa	Modelo	384.89	2	192.45	598.44	<0.0001
	Tratamiento	384.89	2	192.45	598.44	<0.0001
	Error	3.86	12	0.32		
	Total	388.75	14			
Proteína	Modelo	12.08	2	6.04	20.96	<0.0001
	Tratamientos	12.08	2	6.04	20.96	<0.0001
	Error	3.46	12	0.29		
	Total	15.53	14			
Fibra	Modelo	19.66	2	9.83	67.31	<0.0001
	Tratamientos	19.66	2	9.83	67.31	<0.0001
	Error	1.75	12	0.15		
	Total	21.41	14			
Ceniza	Modelo	3.49	2	1.75	86.91	<0.0001
	Tratamiento	3.49	2	1.75	86.91	<0.0001
	Error	0.24	12	0.02		
	Total	3.73	14			
Humedad	Modelo	0.52	2	0.26	14.44	0.0006
	Tratamiento	0.52	2	0.26	14.44	
	Error	0.22	4	0.02		
	Total	0.74	12			
Carbohidratos	Modelo	256.98	2	128.49	145.23	<0.0001
	Tratamiento	256.98	2	128.49	145.23	<0.0001
	Error	10.62	12	0.88		
	Total	267.60	14			

Al utilizar la prueba de Tukey se demostró que el tratamiento que está produciendo esas diferencias es la variedad SPA 222-R con respecto a las variedades Cubano y Barrilito (cuadro 15).

Cuadro 15. Prueba de tukey para resultados bromatológicos del grano de ajonjolí.

Variable	Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Grasa	SPA 222 R	34.14	5	0.25	A
	Cubano	44.82	5	0.25	B
	Barrilito	44.94	5	0.25	B
proteína	Barrilito	18.02	5	0.24	A
	SPA 222 R	19.12	5	0.24	B
	Cubano	20.22	5	0.24	C
Fibra	Cubano	21.4	5	0.17	A
	Barrilito	23.5	5	0.17	B
	SPA 222 R	24.05	5	0.17	B
Ceniza	Barrilito	5.28	5	0.06	A
	SPA 222 R	6.23	5	0.06	B
	Cubano	6.37	5	0.06	B
Humedad	SPA 222 R	6.89	5	0.06	A
	Cubano	7.23	5	0.06	B
	Barrilito	7.32	5	0.06	B
Carbohidratos	Cubano	7.19	5	0.42	A
	Barrilito	8.25	5	0.42	A
	SPA 222 R	16.46	5	0.42	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

5.1.2. Contenido de proteína

El mayor contenido de proteína en el grano de ajonjolí se obtuvo con la variedad Cubano con 20.22%, seguido por la variedad SPA 222-R con 19.12% y el menor contenido de proteína se obtuvo con la variedad Barrilito con 18.02% (cuadro 13).

El sésamo posee una cantidad elevada de proteínas (20% de su peso), el rango en su contenido puede ir de 12% hasta 23% (Marrugo *et al.* 2012); aunque hay autores como Quasem *et al.* (2009) que reportaron que el rango de proteína puede ir de 19% hasta 31% (un promedio de 25%).

El grano de ajonjolí utilizado en esta investigación posee un alto contenido de proteína, sus valores están dentro de los rangos reportados por los autores anteriormente citados, con valores que rondan alrededor del 20%, siendo las tres variedades superiores al valor de referencia tomado del INCAP que es de 17.73%

La USSEC (2015) menciona que los granos de ajonjolí con un alto contenido proteínico ofrecen un mejor rendimiento para la elaboración de bebidas, por lo tanto, las tres variedades evaluadas son aptas para el desarrollo de una bebida.

Los valores obtenidos mediante el Análisis de Varianza demostraron que con un nivel de confianza del 95%, si existen diferencias estadísticas significativas para la variable proteína entre los tratamientos debido a que el P- valor es menor al 0.05 (cuadro 14).

Al utilizar la prueba de Tukey se demostró que existe diferencias estadísticas significativas entre las variedades Cubano, Barrilito y SPA 222-R (cuadro 15).

5.1.3. Contenido de fibra cruda

El mayor contenido de fibra cruda en el grano de ajonjolí se obtuvo con la variedad SPA 222-R con 24.05%, seguido por la variedad Barrilito con 23.50% y el menor contenido de fibra cruda se obtuvo con la variedad Cubano con 21.39% (cuadro 13).

Sharaby y Butovchenko (2019) reportaron contenidos de fibra cruda en el grano de ajonjolí en Egipto de 6.75%- 7.34%, India 5.58%- 6.16% y en Ethiopia de 5.60%- 6.26%.

Los valores de fibra cruda en ajonjolí reportados en regiones de África y Asia son congruentes con los reportados en Centro América por el INCAP (2012) con un valor de 7.90%; siendo los valores de las tres variedades evaluadas en esta investigación muy superiores.

Los valores obtenidos mediante el Análisis de Varianza demostraron que con un nivel de confianza del 95%, si existen diferencias estadísticas significativas para la variable fibra cruda entre los tratamientos debido a que el P- valor es menor al 0.05 (cuadro 14).

Al utilizar la prueba de Tukey se demostró que el tratamiento que está produciendo esas diferencias es la variedad Cubano con respecto a las variedades SPA 222-R y Barrilito (cuadro 15).

5.1.4. Contenido de agua

El mayor contenido de agua en el grano de ajonjolí se obtuvo con la variedad Barrilito con 7.31%, seguido por la variedad Cubano con 7.22% y el menor contenido de agua se obtuvo con la variedad SPA 222-R con 6.88% (cuadro 13).

Según FAO (1993), el contenido de humedad final del grano de ajonjolí debe ser aquél que permita su almacenamiento a temperatura ambiente por períodos de tiempo prolongados, sin que se deteriore y este porcentaje de humedad es cercano al 3%.

El INCAP (2012) reportó contenidos de humedad en el grano de ajonjolí de 4.69%; Cervantes (2012) mencionó datos de 3%; Sharaby y Butovchenko (2019) reportó valores entre el 3% y 4%.

La Norma Mexicana (2008) señala que la humedad base en el grano de ajonjolí es del 8% y para condiciones del trópico húmedo debe ser del 10%.

Los valores obtenidos mediante el Análisis de Varianza demostraron que con un nivel de confianza del 95%, si existen diferencias estadísticas significativas para la variable agua entre los tratamientos debido a que el P- valor es menor al 0.05 (cuadro 14).

Al utilizar la prueba de Tukey se demostró que el tratamiento que está produciendo esas diferencias es la variedad SPA 222-R con respecto a las variedades Cubano y Barrilito (cuadro 15).

5.1.5. Contenido de ceniza

El mayor contenido de ceniza en el grano de ajonjolí se obtuvo con la variedad Cubano con 6.36%, seguido por la variedad SPA 222-R con 6.23% y el menor contenido de ceniza se obtuvo con la variedad Barrilito con 5.28% (cuadro 13).

El contenido de ceniza está directamente relacionado con el contenido de minerales como calcio, fósforo, hierro, magnesio, cobre y cromo (Cervantes 2012), entonces se espera que el contenido de minerales del grano sea alto.

Panemfacere (2018) menciona que en general cualquier alimento natural tendrá menos de 5% de cenizas en el contenido, mientras que algunos alimentos procesados pueden tener un contenido de cenizas de más del 10%.

Quasem *et al.* (2009) reportaron contenidos de ceniza en el grano de ajonjolí de 3%; y Cervantes (2012) mencionó valores de hasta 8%.

Los contenidos de ceniza de las tres variedades de ajonjolí evaluadas en esta investigación fueron superiores al valor de referencia del INCAP (2012) de 4.45%.

Mohammed *et al.* (2010) reportaron contenidos de ceniza en el grano de ajonjolí en India de 6.6% y en Japón de 5.2% (anexo A-7).

Los valores obtenidos mediante el Análisis de Varianza demostraron que con un nivel de confianza del 95%, si existen diferencias estadísticas significativas para la variable ceniza entre los tratamientos debido a que el P- valor es menor al 0.05 (cuadro 14).

Al utilizar la prueba de Tukey se demostró que el tratamiento que está produciendo esas diferencias es la variedad Barrilito con respecto a las variedades SPA 222-R y Cubano (cuadro 15).

5.1.6. Contenido de carbohidratos

El mayor contenido de carbohidratos en el grano de ajonjolí se obtuvo con la variedad SPA 222-R con 16.47%, seguido por la variedad Barrilito con 8.27% y el menor contenido de carbohidratos se obtuvo con la variedad Cubano con 7.21% (cuadro 13).

Los resultados de los carbohidratos se obtienen por medio de una diferencia entre todos los demás componentes del grano de ajonjolí, por eso existe gran variedad de datos reportados por los diferentes autores sobre su contenido. En esta investigación se considera que el alto contenido en fibra y de humedad en el grano influyó en el contenido de carbohidratos.

Hernández-Monzón *et al.* (2014) reportaron valores de carbohidratos de 11.47% para ajonjolí tostado y 8.31% para el ajonjolí tostado y molido.

Sharaby y Butovchenko (2019) mencionaron diferentes valores en el contenido de carbohidratos del grano de ajonjolí en diferentes países como Egipto con 4.33%- 11.59%, India 8.2%- 11.96% y Ethiopia 8.3% - 11.69%.

Tejada (2012) y el INCAP (2012) reportaron el mismo contenido de carbohidratos en sus investigaciones para el grano de ajonjolí, siendo este de 23.45%.

Marrugo *et al.* (2012) reportó un contenido de carbohidratos de 30% en el grano entero de ajonjolí.

Los valores obtenidos mediante el Análisis de Varianza demostraron que con un nivel de confianza del 95%, si existen diferencias estadísticas significativas para la variable carbohidrato entre los tratamientos debido a que el P- valor es menor al 0.05 (cuadro 14).

Al utilizar la prueba de Tukey se demostró que el tratamiento que está produciendo esas diferencias es la variedad SPA 222-R con respecto a las variedades Barrilito y Cubano (cuadro 15).

5.2. Resultados del contenido de minerales en el grano de ajonjolí

5.2.1. Contenido de calcio

El mayor contenido de calcio en los granos de las tres variedades de ajonjolí la obtuvo la variedad Cubano con 1156.84 mg/100 g, seguido por la variedad Barrilito con 1001.40 mg/100 g y el menor contenido de calcio se obtuvo con la variedad SPA 222-R con 888.14 mg/100 g (cuadro 16).

Cuadro 16. Comparación de resultados de los análisis de minerales de las tres variedades de ajonjolí contra valores del INCAP.

Componente nutricional (mg/100 g)	Variedad			Valor INCAP (mg/100 g)*
	SIS (SPA 222-R)	SIC (Cubano)	SIBR (Barrilito)	
Calcio	888.14	1156.84	1001.40	975.00
Hierro	5.45	6.54	7.19	14.55
Zinc	4.52	4.89	5.23	7.75
Magnesio	202.3	242.07	227.67	351.00
Fósforo	814.02	861.13	772.38	629.00

*Valores de composición de alimentos de Centro América (INCAP 2012).

Los valores obtenidos mediante el análisis para datos no paramétricos de Kruskal Wallis demostraron que estadísticamente los tratamientos en estudio no presentan diferencias significativas al 5%, debido que el valor de P es mayor a 0.05, por lo que se están produciendo los mismos efectos en la variable calcio del grano de ajonjolí (cuadro 17).

Cuadro 17. Resultados estadísticos de Kruskal Wallis del estudio de minerales.

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
Hierro	SPA 222-R(a)	5	5.45	2.05	5.60	2.75	0.2529
	Cubano (b)	5	6.54	0.40	6.44		
	Barrilito (c)	5	7.19	2.10	6.50		
Zinc	SPA 222-R(a)	5	4.52	1.46	5.11	2.80	0.2466
	Cubano (b)	5	4.89	0.29	4.81		
	Barrilito (c)	5	5.23	0.19	5.17		
Calcio	SPA 222-R(a)	5	888.14	266.17	983.92	5.82	0.0545
	Cubano (b)	5	1156.84	109.57	1195.06		
	Barrilito (c)	5	1001.40	38.60	1020.87		
Magnesio	SPA 222-R(a)	5	202.03	60.34	228.35	5.66	0.0590
	Cubano (b)	5	242.07	11.65	241.14		
	Barrilito (c)	5	227.66	7.14	229.74		
Fósforo	SPA 222-R(a)	5	814.02	14.18	814.40	6.32	0.0424
	Cubano (b)	5	861.13	7.96	858.40		
	Barrilito (c)	5	772.38	88.08	738.58		

Aleymeni *et al.* (2010) en una investigación realizada mencionan que el grano de ajonjolí es una buena fuente de calcio obteniendo valores de hasta 1,200 mg, y que las cantidades grandes de calcio en el grano es debido a la presencia de oxalatos de calcio en la planta.

El INCAP (2012) reporta valores de calcio en el grano de ajonjolí de 975 mg/ 100 g.

5.2.2. Contenido de hierro

El mayor contenido de hierro en el grano de las tres variedades de ajonjolí la obtuvo la variedad Barrilito con 7.19 mg/ 100 g, seguido por la variedad Cubano con 6.54 mg/ 100 g y el menor contenido de hierro se obtuvo con la variedad SPA 222-R con 5.45 mg/ 100 g (cuadro 16).

Aleymeni *et al.* (2010) en una investigación realizada mencionan que el grano de ajonjolí es una buena fuente de hierro porque obtuvieron valores de 10.6 mg.

El INCAP (2012) reportó valores de hierro en el grano de ajonjolí de 14.55 mg/ 100 g.

Los valores obtenidos mediante el análisis para datos no paramétricos de Kruskal Wallis demostraron que estadísticamente los tratamientos en estudio no presentan diferencias significativas al 5%, debido que el valor de P es mayor a 0.05, por lo que se están produciendo los mismos efectos en la variable hierro del grano de ajonjolí (cuadro 17).

5.2.3. Contenido de zinc

El mayor contenido de zinc en el grano de ajonjolí se obtuvo con la variedad Barrilito con 5.23 mg/ 100 g, seguido por las variedades Cubano 4.89 mg/ 100 g y SPA 222-R con 4.52 mg/ 100 g (cuadro 16).

Generalmente los alimentos de origen vegetal, con excepción de las leguminosas, no presentan contenidos en zinc altos (Rubio *et al.* 2007).

El INCAP (2012) reportó valores de zinc en el grano de ajonjolí de 7.75 mg/ 100 g.

Aleymeni *et al.* (2010) mencionan que el contenido de zinc para el grano de ajonjolí es de 3.6 mg a 3.8 mg.

Sharaby y Butovchenko (2019) reportaron que el contenido de zinc en el grano de ajonjolí puede ir de 4.21 mg a 4.52 mg.

Los valores obtenidos mediante el análisis para datos no paramétricos de Kruskal Wallis demostraron que estadísticamente los tratamientos en estudio no presentan diferencias significativas al 5%, debido que el valor de P es mayor a 0.05, por lo que se están produciendo los mismos efectos en la variable zinc del grano de ajonjolí (cuadro 17).

5.2.4. Contenido de magnesio

El mayor contenido de magnesio en el grano de ajonjolí se obtuvo con la variedad Cubano con 242.07 mg/ 100g, seguido por la variedad Barrilito con 227.67 mg/ 100g y el menor contenido de magnesio se obtuvo con la variedad SPA 222-R con 203.03 mg/ 100g (cuadro 16).

Cervantes (2012) menciona que entre los minerales de importancia dentro del grano de ajonjolí se encuentra el magnesio.

Aleymeni *et al.* (2010) reportaron un contenido de magnesio en el grano de ajonjolí desde 178 mg hasta 521 mg.

A nivel general los alimentos de origen vegetal se consideran una fuente excelente de magnesio (Nutri-facts, s.f).

Los valores obtenidos mediante el análisis para datos no paramétricos de Kruskal Wallis demostraron que estadísticamente los tratamientos en estudio no presentan diferencias significativas al 5%, debido que el valor de P es mayor a 0.05, por lo que se están produciendo los mismos efectos en la variable magnesio del grano de ajonjolí (cuadro 17).

5.2.5. Contenido de fósforo

El mayor contenido de fósforo en el grano de ajonjolí la obtuvo la variedad Cubano con 861.13 mg/ 100 g, seguido por la variedad SPA 222-R con 814.02 mg/ 100 g y el menor contenido de fósforo se obtuvo con la variedad Barrilito con 772.38 mg/ 100 g (cuadro 16).

Según Stjude (2004) los resultados altos en fósforo son debido a que las mejores fuentes de este mineral en general son los alimentos ricos en proteínas.

Aleymeni *et al.* (2010) en una investigación realizada mencionan que el grano de ajonjolí es una buena fuente de fósforo ya que obtuvieron valores de 540 mg a 872 mg.

El INCAP (2012) reporta valores de fósforo en el grano de ajonjolí de 629 mg/ 100 g.

Los valores obtenidos mediante el análisis para datos no paramétricos de Kruskal Wallis para fósforo fueron menores al 0.05, lo cual indica que hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos, siendo la variedad SPA 222-R igual a las variedades Cubano y Barrilito, pero estas dos últimas son diferentes entre sí (cuadro 18).

Cuadro 18. Diferencia significativa en la prueba de Kruskal Wallis para fósforo en grano.

Variable	Tratamientos	Ranks	
Fósforo	Barrilito	5.2	A
	SPA 222 R	6.8	A B
	Cubano	12	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

5.3. Resultados bromatológicos de la bebida ajonjolí

5.3.1. Contenido de proteína

El mayor contenido de proteína que se obtuvo en la bebida de ajonjolí fue con la variedad SPA 222-R con 1.04%, seguida por la variedad Cubano con 1.03% y el menor contenido de proteína se obtuvo con la variedad Barrilito con 0.68% (cuadro 19).

Cuadro 19. Comparación de los análisis bromatológicos de la bebida de tres variedades de ajonjolí contra valores del INCAP.

Componente nutricional (%)	Variedad			Leche de vaca integra, fluida (INCAP)*	Bebida de Soya líquida (INCAP)*
	SIS (SPA 222-R)	SIC (Cubano)	SIBR (Barrilito)		
Proteína	1.04	1.03	0.68	3.22 g	2.60 g
Ceniza	0.013	0.27	0.09	0.69 g	-

*Valores de composición de alimentos de Centro América (INCAP 2012).

Al comparar los resultados obtenidos en esta investigación con los datos de la leche de vaca integra fluida que tiene un contenido de proteína de 3.22 g y con la bebida de soya líquida con un contenido de proteína de 2.60 g según el INCAP (2012), las tres bebidas a base de ajonjolí obtuvieron contenidos inferiores a estos, pero aun así siguen siendo una alternativa con un aporte importante de proteína.

Los valores obtenidos mediante el Análisis de Varianza demostraron que con un nivel de confianza del 95%, si existen diferencias estadísticas significativas para la variable proteína entre los tratamientos debido a que el P- valor es menor al 0.05 (cuadro 20).

Cuadro 20. Resultados estadísticos de la bebida del estudio bromatológico.

Variable	Metodología	FV	SC	GL	CM	F	p-valor	
Proteína	Análisis de varianza	Modelo	0.42	2	0.21	14.19	0.0007	
		Tratamiento	0.42	2	0.21	14.19	0.0007	
		Error	0.18	12	0.01			
		Total	0.60	14				
Ceniza	Kruskal wallis	Tratamientos	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
		A	5	0.28	0.15	0.27	8.00	0.0177
		B	5	0.09	0.03	0.08		
		C	5	0.13	0.05	0.11		

Mediante la prueba de Tukey se determinó que la variedad que está produciendo esta diferencia es la variedad Barrilito con respecto a las variedades Cubano y SPA 222-R (cuadro 21).

Cuadro 21. Prueba de Tukey para el análisis de proteína en la bebida.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Cubano	0.68	5	0.05	A
SPA 222 R	1.03	5	0.05	B
Barrilito	1.05	5	0.05	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

García y Gómez (2013) mencionan que el contenido de proteína en un alimento está influenciado por el método de procesamiento, y en el caso de la bebida depende de la variedad utilizada. En esta investigación el procesamiento que se le dio al grano fue ponerla en remojo y el tratamiento térmico (ebullición), pero los resultados no fueron los esperados.

Quasem *et al.* (2009) mencionan que el contenido proteico de la bebida de ajonjolí variara de acuerdo con el tratamiento de calor que se aplica al grano y a la bebida, y si esta es semilla descortezada o no, con valores entre 1.9 g y 2.5 g (anexo A-6).

Cervantes (2012) dice que el grano de ajonjolí descortezado posee un mayor contenido de proteína que con corteza.

5.3.2. Contenido de ceniza

El mayor contenido de ceniza en la bebida de ajonjolí se obtuvo con la variedad Cubano con 0.27%, seguido por la variedad SPA 222-R con 0.013% y el menor contenido de ceniza se obtuvo con la variedad Barrilito con 0.09% (cuadro 17).

Folasade y Oyenike (2012) en un estudio utilizaron grano de ajonjolí para mejorar el contenido nutricional de una bebida llamada Kunun-Zaki, obtuvieron un resultado positivo incrementando el contenido de ceniza de 1.07% a 4.07%, el contenido de la bebida control fue 1.07 mg llegando hasta 3.57 mg por la adición de ajonjolí, lo cual indico un aporte en ceniza del ajonjolí de 2.50 mg.

El INCAP (2012) reporta un contenido de ceniza de 0.69 mg para la leche fluida.

Mediante el análisis no paramétrico de Kruskal Wallis para la variable ceniza se demostró que, con un p-valor menor a 0.05 (cuadro 18), existe diferencia estadística significativa entre los

tratamientos porque la variedad Cubano y Barrilito son diferentes entre sí, mientras la variedad SPA 222-R es igual a esas dos variedades.

Cuadro 22. Diferencia significativa en la prueba de Kruskal Wallis para ceniza en bebida.

Variable	Tratamientos	Ranks	
Ceniza	Cubano	4.00	A
	Barrilito	8.00	A B
	SPA 222 R	12	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

5.4. Resultados del contenido de minerales en la bebida de ajonjolí

5.4.1. Contenido de calcio

El mayor contenido de calcio en la bebida de ajonjolí se obtuvo con la variedad Cubano con 8.11 mg/ 100 g, seguido por la variedad SPA 222-R con 5.76 mg/ 100 g y el menor contenido de calcio se obtuvo con la variedad Barrilito con 2.23 mg/ 100 g (cuadro 23).

Cuadro 23. Comparación de los resultados de los análisis de minerales de la bebida de ajonjolí contra valores del INCAP.

Componente nutricional (mg/ 100g)	Variedad			Valor INCAP* (mg/ 100g)	Bebida de Soya líquida* (mg/ 100g)
	SIS (SPA 222-R)	SIC (Cubano)	SIBR (Barrilito)		
Calcio	5.76	8.11	2.23	113.00	19.00
Hierro	0.43	0.53	0.27	0.03	0.34
Zinc	<0.05	<0.05	<0.05	0.40	-

*Valores de composición de alimentos de Centro América (INCAP 2012).

El INCAP (2012) reporta un contenido de calcio de 133 mg/ 100 g en la leche de vaca y de 19 mg/ 100 g en la bebida de soya. Las tres bebidas de ajonjolí evaluadas en esta investigación son bajas en calcio en comparación con las dos bebidas antes mencionadas, lo cual influyó negativamente en el contenido de ceniza.

Los valores obtenidos mediante el Análisis de Varianza demostraron que con un nivel de confianza del 95%, si existen diferencias estadísticas significativas para la variable calcio entre los tratamientos debido a que el P- valor es menor al 0.05 (cuadro 24).

Cuadro 24. Resultados estadísticos del análisis de varianza ANVA de la bebida de ajonjolí.

Variable	FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Calcio	Modelo	8749.29	2	4374.64	8470.77	<0.0001
	Tratamientos	8749.29	2	4374.64	8470.77	<0.0001
	Error	6.20	12	0.52		
	Total	8755.48	14			
Hierro	Modelo	17.64	2	8.82	158.28	<0.0001
	Tratamientos	17.64	2	8.82	158.28	<0.0001
	Error	0.67	12	0.06		
	Total	18.31	14			
Zinc	-	-	-	-	-	-

Mediante la prueba de Tukey se demostró que todos los tratamientos son diferentes entre sí para la variable calcio (cuadro 25).

Cuadro 25. Prueba de Tukey para resultados de minerales en bebida.

Variable	Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Calcio	Cubano	22.36	5	0.32	A
	Barrilito	57.62	5	0.32	B
	SPA 222 R	81.13	5	0.32	C
Hierro	Cubano	2.75	5	0.11	A
	Barrilito	4.84	5	0.11	B
	SPA 222 R	5.39	5	0.11	C

Folasade y Oyenike (2012) en un estudio utilizaron grano de ajonjolí para mejorar el contenido nutricional de una bebida llamada Kunun-Zaki, obtuvieron un resultado positivo al incrementar el contenido de calcio en 23 mg, el contenido de la bebida control fue de 11 mg (A-8), siendo el aporte de calcio del ajonjolí de 12 mg.

Aunque los cereales y las raíces son relativamente pobres en calcio, con frecuencia suministran la principal porción del mineral en las dietas tropicales gracias a las cantidades consumidas. Los niveles recomendados de consumo diario de calcio son los siguientes: adultos de 400 a 500 mg; niños de 400 a 700 mg; mujeres embarazadas y madres lactantes de 800 a 1,000 mg (FAO 2002).

5.4.2. Contenido de hierro

El mayor contenido de hierro en la bebida de ajonjolí se obtuvo con la variedad Cubano con 0.53 mg/ 100 g, seguido por la variedad SPA 222-R con 0.43 mg/ 100 g y el menor contenido de hierro se obtuvo con la variedad Barrilito con 0.27 mg/ 100 g (cuadro 23).

El INCAP (2012) reporta un contenido de hierro de 0.03 mg/ 100 g en la leche de vaca y de 0.34 mg/ 100 g en la bebida de soya, demostrando que las tres bebidas de ajonjolí evaluadas en esta investigación son ricas en hierro en la bebida.

Los valores obtenidos mediante el Análisis de Varianza demostraron que con un nivel de confianza del 95%, si existen diferencias estadísticas significativas para la variable hierro entre los tratamientos debido a que el P- valor es menor al 0.05 (cuadro 24).

Mediante la prueba de Tukey se demostró que todos los tratamientos son diferentes entre sí para la variable hierro (cuadro 25).

Los granos de cereales como maíz, arroz y trigo contienen cantidades moderadas de hierro, pero debido a que éstos con frecuencia son alimentos básicos que se consumen en grandes cantidades, suministran la mayor parte del hierro para muchas personas en los países en desarrollo (FAO 2002).

La disponibilidad de hierro varía ampliamente en los alimentos. La absorción del hierro hemínico (de la sangre) en alimentos de origen animal (carne, pescado y pollos) por lo general es muy alta, mientras que el hierro no hemínico de alimentos como cereales, hortalizas, raíces y frutas se absorbe pobremente (Gaitan *et al* 2006).

5.4.3. Contenido de zinc

El contenido de zinc en la bebida de ajonjolí para las tres variedades evaluadas fue menor a 0.05 mg/ 100 g (cuadro 23).

El INCAP (2012) reporta un contenido de zinc de 0.40 mg en la leche de vaca, quedando demostrado que las tres bebidas de ajonjolí evaluadas en esta investigación son bajas en zinc, lo cual influyo negativamente en el contenido de ceniza.

La variable zinc no pudo ser analizada estadísticamente debido a que no se obtuvo un valor claro en cuanto a su contenido (cuadro 24).

El zinc se encuentra en la mayoría de los alimentos de origen vegetal y animal, pero las fuentes más ricas tienden a ser alimentos ricos en proteínas como la carne, alimentos del mar y los huevos. En países en desarrollo donde casi todas las personas consumen relativamente pequeñas cantidades de estos alimentos, la mayoría del zinc proviene de los granos de cereal y de las legumbres (FAO 2002).

5.5. Determinación de la vida de anaquel de la bebida de ajonjolí bajo refrigeración

De las bebidas de ajonjolí evaluadas en esta investigación para conocer la vida de anaquel bajo refrigeración (4° C), la variedad Cubano fue la única que conservó sus características sensoriales sin alteración después de 25 días de almacenamiento, producto sellado (cuadro 26).

Cuadro 26. Vida de anaquel de la bebida de ajonjolí bajo refrigeración.

Componente	Tiempo de almacenamiento en refrigeración en días					
	SIS (SPA 222-R)		SIC (Cubano)		SIBR (Barrilito)	
	0 días	25 días	0 días	25 días	0 días	25 días
pH	6.78	5.81	6.81	6.73	6.69	5.89
Acidez	0.39	0.56	0.40	0.46	0.44	0.60
Aceptación	Si	No	Si	Si	Si	No

Los parámetros fisicoquímicos sirvieron para determinar un rango de valores que permitieron llegar a mantener la calidad de los productos, entre los más importantes está el pH, el rango que se reportó es de 6.8 – 7.4 en bebida de soya (Chavarría 2010), siendo para bebidas vegetales (como la elaborada en la investigación) de pH neutro para que sea consumible; como resultado se obtuvo que el rango de aceptación fue 6.5 y como rechazo menor a 6.

Los niveles de pH y la acidez son influenciados por la calidad del agua, la variedad utilizada y sobre todo los métodos de procesamiento y el cuidado que se haya tenido durante este y posterior, por tanto, para mantener la calidad del producto es necesario controlar estos factores de incidencia (Chavarría 2010).

5.6. Determinación de la vida de anaquel de la bebida de ajonjolí bajo diferentes temperaturas

La bebida almacenada de las tres variedades de ajonjolí evaluadas a temperatura ambiente se mantuvo estable hasta los 5 días; a los 10 días después de abierto se notó un cambio en sus características organolépticas y un incremento considerable en los niveles de pH y acidez.

La bebida de ajonjolí bajo refrigeración a 4° C mantuvo sus indicadores sin alteración hasta los 10 días, por lo que se puede declarar ese tiempo como su posible vida de almacenamiento después de abierto.

En esta investigación, por seguridad se consideró un pH de 5 y una acidez cercana a 0.7 como motivo de rechazo (cuadro 27).

Otro de los motivos que pudo haber alterado significativamente la vida de anaquel es que los meses de abril-mayo son considerados como los más calurosos, la temperatura más alta es de 31° C y la más baja de 20° C, aumentando la velocidad de deterioro de 4 hasta 8 (anexo A-5).

Por todo lo anterior, la bebida de ajonjolí que conservo sus características sensoriales durante el tiempo y temperaturas evaluadas fue la variedad Cubano.

Cuadro 27. Vida de anaquel de la bebida de ajonjolí bajo diferentes temperaturas.

Indicadores		Tiempo de almacenamiento en refrigeración en días											
		SIS (SPA 222-R)				SIC (Cubano)				SIBR (Barrilito)			
		0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
pH	4° C	6.78	6.56	6.17	5.89	6.71	6.62	6.3	6.11	6.59	6.38	6.17	5.91
	Ambiente	6.78	6.27	5.48	-	6.71	6.25	5.77	-	6.59	6.31	5.89	-
Acidez	4° C	0.39	0.43	0.54	0.63	0.4	0.43	0.55	0.6	0.44	0.48	0.57	0.63
	Ambiente	0.39	0.49	0.67	0.81	0.4	0.48	0.63	0.79	0.44	0.49	0.63	0.8
Aceptación	4° C	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No
	Ambiente	Si	Si	No	No	Si	Si	No	No	Si	Si	No	No

5.7. Evaluación y análisis sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial de las bebidas de ajonjolí que fueron valoradas por 30 panelistas inexpertos (público consumidor) durante el periodo de abril - mayo de 2021, siendo ellos los que determinaron que, la característica sensorial que mejor describió a las bebidas fue el sabor con una mediana de 8, seguido por el color con 7, olor con 6 y el menor puntaje que se obtuvo fue la textura de la bebida con 5 (cuadro 28).

Cuadro 28. Resultados en medianas del análisis sensorial a las bebidas de ajonjolí.

Bebida	Color	Olor	Sabor	Textura
SPA 222-R	7.61	6.35	8.06	5.45
Cubano	7.67	6.35	8.06	5.38
Barrilito	7.74	6.19	8.12	5.41

Los valores obtenidos mediante el análisis para datos no paramétricos Kruskal Wallis demostraron que estadísticamente los tratamientos en estudio están produciendo los mismos efectos en las variables color, olor, sabor y textura del grano de ajonjolí, y no presentan diferencias significativas a un nivel de confianza del 95% con un valor-p < 0.05 (cuadro 29).

Cuadro 29. Análisis estadísticos de Kruskal Wallis al análisis sensorial de la bebida de ajonjolí.

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
Color	SPA 222-R	31	7.61	1.17	8	0.11	0.94
	Cubano	31	7.68	0.83	8		
	Barrilito	31	7.74	0.93	8		
Olor	SPA 222-R	31	6.35	1.03	6	0.58	0.73
	Cubano	31	6.35	0.95	6		
	Barrilito	31	6.19	1.01	6		
Sabor	SPA 222-R	31	8.06	0.89	8	0.04	0.97
	Cubano	31	8.06	0.93	8		
	Barrilito	31	8.13	0.85	8		
Textura	SPA 222-R	31	5.45	0.57	5	0.14	0.91
	Cubano	31	5.39	0.72	5		
	Barrilito	31	5.42	0.5	5		

6. Conclusiones

El mayor contenido de proteína (20.22%), calcio (1156.84 mg/ 100 g), magnesio (242.07 mg/ 100 g) y fósforo (861.13 mg/ 100 g) en el grano de ajonjolí se obtuvo con la variedad Cubano, estos datos lo hacen idóneo para la elaboración de productos alimenticios como la bebida.

El mayor contenido de grasa (44.93%), hierro (7.19 mg/ 100 g) y zinc (5.23 mg/ 100 g) en el grano de ajonjolí se obtuvo con la variedad Barrilito.

Las variedades de ajonjolí evaluadas en esta investigación son aptas para ser usadas preferiblemente para la producción de productos confitados y no para producción de aceite.

Los resultados del análisis de proteína demostraron que todos los materiales son una rica fuente de este nutriente, siendo ideales para la elaboración de una bebida con un buen aporte nutricional.

La bebida de ajonjolí de la variedad Cubano es una rica fuente de hierro (0.53 mg) mayor que la leche de vaca (0.03 mg) y la bebida de soya (0.34 mg) según el INCAP (2012).

El contenido de calcio (8.11 mg) y de zinc (0.05 mg) en la bebida de ajonjolí de las tres variedades evaluadas es bajo, en relación con el contenido de calcio en la leche de vaca (133 mg) y en la bebida de soya (19 mg); y al contenido de zinc en la leche de vaca (0.40 mg/100 g) que reporta el INCAP (2012), pero es un aporte importante entre las bebidas de origen vegetal.

La bebida de ajonjolí que mejor preservó sus características fisicoquímicas y sensoriales después de 25 días de vida de anaquel almacenado en refrigeración a 4° C fue la elaborada con la variedad Cubano con valor de pH superior a 6 y una acidez inferior a 0.5%.

La vida de anaquel de las bebidas de ajonjolí evaluadas y almacenadas a temperatura ambiente es de cinco días, estableciendo como parámetros de rechazo un pH de 5.0 y una acidez de 0.7%.

Mediante la evaluación sensorial de la bebida de ajonjolí se determinó que las tres variedades no generaron diferencia, obteniendo una evaluación situada dentro de un rango positivo de aceptación por los consumidores.

La variedad de ajonjolí que mejores resultados obtuvo para este estudio es la Cubano, con un mayor contenido nutricional tanto en grano como en bebida, una mejor estabilidad en su vida de anaquel y una buena aceptación sensorial.

7. Recomendaciones

Seguir evaluando en campo las variedades de ajonjolí estudiadas en esta investigación con el fin de estabilizar y mejorar sus características morfológicas y productivas.

Con base en el contenido de proteína, grasa, calcio, magnesio, fósforo, hierro y zinc, se recomienda utilizar las variedades Cubano y Barrilito como las mejores para su producción y comercialización.

Las tres variedades de ajonjolí evaluadas en esta investigación pueden ser utilizadas para la elaboración de productos confitados, panadería y bebida, y muy poco para la obtención de aceite.

Continuar realizando estudios para evaluar el contenido de minerales en variedades de ajonjolí porque estas fueron las variables que más variantes tuvieron en los resultados.

Para la producción de una bebida a base de ajonjolí las variedades SPA 222-R y Cubano fueron las que obtuvieron los valores más altos en contenido de proteína, calcio y hierro, por lo que son recomendables para ser procesadas.

Las bebidas de ajonjolí producidas resultaron tener poca vida de anaquel a temperatura ambiente, por lo que se recomienda mantener el producto bajo refrigeración y deben ser consumidas antes de cinco días después de abierto.

Realizar análisis microbiológicos al grano de ajonjolí y a la bebida producida.

Al tener una buena aceptación sensorial, se recomienda utilizar las tres variedades de ajonjolí para ser utilizadas para la elaboración de bebidas.

8. Bibliografía

- Alyemeni, M; Basahy, A; Sher, H. 2011. Physico-chemical analysis and mineral composition of some sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) grown in the Gizan area of Saudi Arabia (en línea). Journal of Medicinal Plants Research Vol. 5(2). Consultado 4 jun. 2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/265823271_Physico-chemical_analysis_and_mineral_composition_of_some_sesame_seeds_Sesamum_indicum_L_grown_in_the_Gizan_area_of_Saudi_Arabia
- ANFABRA (Asociación de Bebidas Refrescantes, España). 2018. Historia de los refrescos (en línea). Consultado 16 Mzo. 2020. Disponible en: <https://www.refrescantes.es/historia/>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry, United States of America). 1970. Official Analytical Chemists. 11 th. Ed. Whashington D. C. Published By. The Association Oficial Chemists. 5-12 p.
- Badui Dergal, S. 2020. Química de los alimentos (en línea). Consultado 23 Mzo. 2021. Disponible en: <http://www.pearsonenespanol.com/mexico/tienda-online/quimica-de-los-alimentos-6ed-badui-book>
- Balanzar Rodas, J. 2015. Elaboración de cinco nuevos productos a base de ajonjolí (*Sesamum Indicum*) (en línea). Tesis Lic. Gastr. Chiapas, Mexico, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Consultado 1 may. 2019. Disponible en <https://repositorio.unicach.mx/bitstream/20.500.12114/566/1/GAS%20641.6%20B35E%202015.pdf>
- Barda, N. s.f. Análisis sensorial de los alimentos (en línea). Rio negro, Argentina. Entrevista por María Julieta Calí. Consulado 7 dic. 2020. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-anlisis_sensorial_de_los_alimentos_fruticultura.pdf

- Baroni, MV; Calandri, E; Di Paola Naranjo, R; Martínez, M; Moiraghi, M. 2016. Análisis físicoquímicos y sensoriales de los alimentos: trabajos completos (en línea). VI Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba, Argentina. Consultado 8 Dic. 2020. Disponible en: https://www.academia.edu/31359153/Libro_Actas2016_CICYTAC
- Bembibre, C. 2011. Definición ABC: Definición de Bebida (en línea). Consultado 22 mzo. 2020. Disponible en: <https://www.definicionabc.com/general/bebida.php>
- Bhatnagar, A. 2009. Nutraceuticals in Sesame Seeds and Oil — A Review (En línea). Beverage and Food World. 36. P 19-23. Consultado 2 oct. 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317561173_Nutraceuticals_in_Sesame_Seeds_and_Oil_-_A_Review
- Canales Canales, AC; Córdova Elizondo, AE. 2017. Cadena global de la producción Agroindustrial de la semilla de Marañón en el municipio de Tecoluca y su contribución al desarrollo económico local, periodo 2009-2015 (en línea). Tesis Lic. Ec. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. Consultado 26 may. 2020. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14862/1/Trabajo%20de%20Graduaci%C3%B3n%20Final%20Cadena%20Global%20de%20la%20Semilla%20de%20Mara%C3%B1on%20en%20el%20Municipio%20de%20Tecoluca.pdf>
- Carías, P. 2013. Las autoridades ponen en la mira la bebida reina de los salvadoreños: la gaseosa (en línea). El Faro, San Salvador, El Salvador; 13 febr. Consultado 24 mzo. 2020. Disponible en: https://elfaro.net/es/201302/noticias/10960/Las-autoridades-ponen-en-la-mira-la-bebida-reina-de-los-salvadore%C3%B1os-la-gaseosa.htm?st-full_text=0
- Catania, C; Avagnina, S. 2007. El análisis sensorial (en línea). Rio negro, Argentina. Consultado 27 Dic. 2020. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-29_el_analisis_sensorial.pdf

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, El Salvador). 1980. El cultivo del ajonjolí. La Libertad, El Salvador. 42 p.

Cervantes Solórzano, MA. 2012. Evaluación de los niveles de proteína y aceite en las semillas de ajonjolí (*Sesamun indicum*) nacional de los cultivos criollos (R-198, Estándar y Trébol), en su estado natural versus ajonjolí descortezado (en línea). Tesis Ing. Alm. Suchitepequez, Guatemala, USAC. Consultado 3 feb. 2021. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/22/22_0176.pdf

Chacón Pérez, JJ. 2007. Evaluación agronómica de 14 cultivares de ajonjolí (*Sesamum indicum* L) con fines de selección de materiales promisorios en las cruces (en línea). Tesis Ing. Agr. Universidad San Carlos, Guatemala. La libertad, Petén. Consultado 1 Ag. 2021. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0034.pdf

Chavarría, M. 2010. Determinación del tiempo de vida útil de la leche de soya mediante un estudio de tiempo real. Tesis Tecnólogo en Alimentos. Guayaquil, EC. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. 53 p.

Chiriboga Espín, MG. 2013. Evaluación de la efectividad nutricional de la pasta de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) como sustituto de la pasta de soya en el crecimiento de codornices (*Coturnix coturnix*) (en línea). Tesis Ing. Agr. Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador. Consultado 19 ag. 2021. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2785/1/108877.pdf>

Codex Alimentarius. 1995. Referencias bibliográficas: Norma general para los aditivos alimentarios (en línea). CODEX STAN 192-1995. Roma, Italia. 45 p. Consultado 22 mzo. 2020. Disponible en: http://www.fao.org/qsfaonline/docs/CXS_192s.pdf

Cruz Hernández, E. 2003. La importancia del cultivo de Ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) en México (en línea). Tesis Ing. Ag. Coahuila, México, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Consultado 24 jul. 2019. Disponible en [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1261/LA%20IMP%20ORTANCIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20AJONJOLI%20\(sesamum%20indicuml.%20EN%20MEXICO.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1261/LA%20IMP%20ORTANCIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20AJONJOLI%20(sesamum%20indicuml.%20EN%20MEXICO.pdf?sequence=1)

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italia). S.f. Fichas técnicas, Procesado de cereales. (en línea). Consultado 21 may. 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-au166s.pdf>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italia). 2002. Nutrición humana en el mundo en desarrollo (en línea). Nueva York. Estados Unidos. Consultado 26 mzo. 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/3/w0073s/w0073s00.htm#Contents>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italia). 2015. Macro nutrientes y micronutrientes (en línea). Consultado 11 Dic. 2020. Disponible en: http://www.fao.org/elearning/Course/NFSLBC/es/story_content/external_files/Macronutrientes%20y%20micronutrientes.pdf

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italia). 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación (en línea). Consultado 28 jul. 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ab492s/AB492S06.htm>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italia). 1993. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural (en línea). Santiago, Chile. Consultado 29 jul. 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/3/X5027S/x5027S00.htm#Contents>

Folsade, M; Makanjuola, O. 2012. Effect of sesame seed addition on the chemical and sensory qualities of sorghum based kunun- zaki drink, Osun-Nigeria (en línea). African Journal of Food Science and Technology (ISSN: 2141-5455) Vol. 3(9). 204-212 p. Consultado 12 jul. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/287217706_Effect_of_sesame_seed_addition_on_the_chemical_and_sensory_qualities_of_sorghum_based_kunun-zaki_drink

FUNDE (Fundación Nacional para el Desarrollo, El Salvador). 1997. Diagnóstico del sector agropecuario, San Salvador, El Salvador (en línea). Consultado 1 oct. 2019. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=IBtcBz6NWU4>

FUNDE (Fundación Nacional para el Desarrollo, El Salvador). 2005. El Salvador: granos básicos en el Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos (en línea). Consultado 8 jul. 2020. Disponible en <http://www.repo.funde.org/426/1/APD-93-I.pdf>

FUNICA (Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua). 2007. Análisis de la Cadena Subsectorial del Ajonjolí (en línea). Managua, Nicaragua. Consultado 13 may. 2021. Disponible en: <http://www.funica.org.ni/docs/Analisis-ajonjoli.pdf>

Gaitán, D; Olivares, M; Arredondo, M; Pizarro, F. 2006. Biodisponibilidad de hierro en humanos (en línea). Santiago, Chile. *Rev. chil. nutr.*, vol.33, n.2 pp.142-148. Consultado el 5 mzo. 2021 Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182006000200003

García Ahued, A. 2020. Análisis sensorial de alimentos (en línea). Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Hidalgo, México. Consultado el 8 Dic. 2020. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n3/m1.html#r1>

García Bello, D. 2013. Es la bebida de soja un buen sustitutivo de la leche (en línea). Galicia, España Consultado 17 Dic. 2020. Disponible en <http://dimetilsulfuro.es/2013/09/06/soja-sustitutivo-leche/>.

García-Saavedra, NM. 2017. Bebidas Vegetales (en línea). Trabajo de grado Lic. Qm. Madrid, España. Universidad Complutense de Madrid. Consultado 25 mzo. 2020. Disponible en: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/NATALIA%20MORALEJA%20GARCIA-SAAVEDRA.pdf>

González Urrutia, R. 2005. Biodisponibilidad del hierro (en línea). Madrid, España. Revista Costarricense de Salud Pública, 14(26), 6-12. Consultado 2 oct. 2020. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292005000100003

Gudiel, VM. 1975. Manual agrícola SUPERB. 6ª ed. Guatemala. 393 p.

- Hernán Rodríguez, P. s.f. Torta de ajonjolí y su valor nutritivo (en línea). Consultado 7 ag. 2021. Disponible en: https://1library.co/document/q5m28ogy-torta-de-ajonjoli-y-su-valor-nutritivo.html?utm_source=seo_title_list
- Hernández-Monzón, A; Madernás-Sánchez, D; Pérez-Argüelles, R; Trujillo-Pérez, G; González-Góngora, I; Díaz-Abreu, J. 2018. Desarrollo de una bebida elaborada con harina de arroz y ajonjolí (*Sesamum Indicum*) y fermentada con cultivos probióticos (en línea). Tecnología Química, vol.39 n.1, 89-104 p. Consultado el 7 may. 2020. Disponible en:http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S222461852019000100089&lng=es&tlng=es.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2004. Cadena Agroindustrial- Ajonjolí. Managua, Nicaragua (en línea). Consultado 26 may. 2020. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0010e/B0010e.pdf>
- INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Guatemala) / OPS (Organización Panamericana de la Salud, Estados Unidos). 2012. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica (en línea). Consultado 26 may. 2020. Disponible en: <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/tablacalimentos.pdf>
- JICA (Agencia de Cooperación Internacional de Japón, Nicaragua); CEI (Centro de Exportaciones e Importaciones, Nicaragua). 2013. Estudio de mercado de Japón para semilla de ajonjolí nicaragüense, Managua, Nicaragua (en línea). Consultado 13 sep. 2019. Disponible en https://www.jica.go.jp/nicaragua/espanol/office/others/c8h0vm000001q4bc-att/21_estudio_01.pdf?fbclid=IwAR15MQPPri2mNFdiLv4N3sUmCdcxhC5vEBy78UAFa_YTUtmdcD5moBlqc1E
- Laurentin, H. s.f. El cultivo del ajonjolí: consideraciones generales y agronómicas (en línea). Consultado 31 oct. 2019. Disponible en <http://universidadagricola.com/el-cultivo-del-ajonjoli-consideraciones-generales-y-agronomicas/>

- Liria Domínguez, MR. 2008. Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos (en línea). Consultado Sept. 2021. Disponible en: <https://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2008/02/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de-alimentos.pdf>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador). 2018. Anuario de estadísticas agropecuarias, San Salvador-El Salvador (en línea). Consultado del 17 nov. 2019. Disponible en <http://www.mag.gob.sv/direccion-general-de-economia-agropecuaria/estadisticas-agropecuarias/anuarios-de-estadisticas-agropecuarias/>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador); CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, El Salvador). 2008. El estado de los recursos fitogenéticos, segundo informe nacional sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación (en línea). La Libertad, El Salvador. Consultado 28 feb. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/3/i1500e/El%20Salvador.pdf>
- Marrugo, YA.; Fuentes, L; Montero, PM; Acevedo, D. 2012. Evaluación bromatológica de semillas de ajonjolí (*Sesamun Indicum*) empacadas en bolsas silobag, Medellín - Colombia (en línea). Vitae, vol. 19, núm. 1, enero-abril, 2012, pp. S156-S158. Consultado 29 en. 2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914073.pdf>
- Medina Vireti, CE; Saltos Guzmán, GH. 2017. Plan de Negocios para la Producción y Comercialización de Leche de Ajonjolí en la ciudad de Guayaquil (en línea). Tesis Ing. Comr. Guayaquil, Ecuador, Universidad de Guayaquil. Consultado 29 mzo. 2020. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20701/1/Tesis%20Leche%20de%20Ajonjoli.pdf>

Myint, D; Gilani, S; Kawase, M; Watanabe, K. 2020. Sustainable Sesame (*Sesamum indicum* L.) Production through Improved Technology: An Overview of Production, Challenges, and Opportunities in Myanmar (en línea). Sustainability. 12. 3515. 10.3390/su12093515. Consultado 10 Dic. 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/340990422_Sustainable_Sesame_Sesamum_indicum_L_Production_through_Improved_Technology_An_Overview_of_Producti_on_Challenges_and_Opportunities_in_Myanmar

Nicaraoop RI (Empresa Cooperativa de Servicios Agropecuarios Nicarao R.L, Nicaragua). s.f. Ajonjolí, Managua-Nicaragua (en línea). Revista de comercio exterior, Consultado 27 abr. 2019. Disponible en <https://www.bcn.gob.ni/publicaciones/periodicidad/historico/sinopsis/5.pdf>

Nutri facts. S.f. Magnesio (en línea). Página web. Consultado el 10 Dic. 2021. Disponible en: <https://www.nutri-facts.org/content/dam/nutrifacts/pdf/nutrients-pdf-es/Magnesio.pdf>

NMX (Norma Mexicana) 1994. Referencias bibliográficas. Productos no industrializados para uso humano. Oleaginosas ajonjolí (*Sesamum Indicus* L.). Especificaciones y métodos de prueba (En línea). NMX-FF-071-1994. Ciudad de México, México. 3 p. Consultadp 11 Oct. 2020. Disponible en: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-071-1994.PDF>

NSO (Norma Salvadoreña Obligatoria, El Salvador). 2006. Referencias bibliográficas: Mezcla para preparar bebida de horchata. Especificaciones (en línea). NSO 67.45.01:06. San Salvador, El Salvador. 6 p. Disponible en http://www.puntofocal.gov.ar/notific_otros_miembros/slv82_t.pdf

NSO (Norma Salvadoreña Obligatoria, El Salvador). 2002. Referencias bibliográficas: Productos alimenticios. Bebidas no carbonatadas sin alcohol. Especificaciones (en línea). NSO 67.18.01:01. San Salvador, El Salvador. 1 p. Disponible en: https://www.defensoria.gob.sv/images/stories/varios/NORMAS/BEBIDAS/nso67.18.01_01NO%20CARBONATADAS%20SIN%20ALCOHOL.pdf

- OEA (Organización de los Estados Americanos, Estados Unidos). 1974. El Salvador- Zonificación Agrícola Fase I (en línea). Consultado 24 may. 2020. Disponible en: <https://www.oas.org/USDE/publications/Unit/oea34s/ch029.htm#.6%20oleaginosas>
- Oliva Martinez , D; Ayala Gonzalez , L; Ly, J; Domínguez, LJ; González, I; Moreno, Y. 2016. Potencialidades de la torta de ajonjolí (*Sesamun indica* L) para la producción de cerdos en ceba. V Congreso Internacional de Producción Animal Tropical 2015 (La Habana, Cuba) Memoria. La Habana, Cuba, ICA. Consultado 7 feb. 2021. Disponible en: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/potencialidades-torta-ajonjoli-sesamun-t33146.htm>
- Olivas-Gastélum, R; Nevárez-Moorillón, GV; Gastélum-Franco, MG. 2009. Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos (en línea). Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua* 3(1): 1-7. Consultado 12 dic. 2020, Disponible en: <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/735>
- OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza); OPS (Organización Panamericana de la Salud, Ecuador). 2018. Clasificación de los alimentos y sus implicaciones en la salud (En línea). Quito, Ecuador. Consultado 9 Dic. 2020. Disponible en: https://www.paho.org/ecu/index.php?option=com_content&view=article&id=1135:clasificacion-alimentos-sus-implicaciones-salud&Itemid=360
- OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 2020. Nutrientes (En línea). Ginebra, Suiza. Consultado 9 Dic. 2020. Disponible en: <https://www.who.int/elena/nutrient/es/>
- Osaili, TM; Al-Nabulsi, A. 2016. Inactivation of stressed *Escherichia coli* O157:H7 in tahini (sesame seeds paste) by gamma irradiation (en línea). *Food Control*, 69, 221-226. Consultado 15 Dic. 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2016.05.009>
- Panemfacere (Pagina web). 2018. La ceniza en alimentos (en línea). Consultado 26 Jun. 2021. Disponible en: <https://panemfacere.blogspot.com/2018/09/la-ceniza-en-los-alimentos.html>

Pineda Magaña, GJ. Rivera Sánchez, ED. 2016. Determinación del análisis bromatológico proximal y minerales en pupusas a base de *Zea mays* (maíz), comercializadas dentro y en los alrededores del campus central de la Universidad de El Salvador (en línea). Tesis Lic. QF. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. Consultado 1 feb. 2020, Disponible en <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/12932/1/16103692.pdf>

PRODAR (Programa de Desarrollo de la Agroindustria Rural de América Latina y el Caribe, Costa Rica). s.f. Fichas técnicas (en línea). Coronado, Costa Rica. Consultado 1 mar. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ae620s.pdf>

Quasem, JM; Mazahreh, AS; Abu-Alruz, K. 2009. Development of Vegetable Based Milk from Decorticated Sesame (*Sesamum Indicum*) Amman-Jordan (en línea). American Journal of Applied Sciences 6 (5): 888-896. Consultado 15 jul. 2020. Disponible en <https://thescipub.com/pdf/10.3844/ajassp.2009.888.896.pdf>

Robles, R. 1991. Producción de oleaginosas y textiles. 3ª ed. Ciudad de Monterrey. México. 29, 14 p.

Rodríguez Rubio, E. 2020. Análisis sensorial, imprescindible para determinar la calidad de los alimentos (en línea). Consultado 13 Dic. 2020. Disponible en: <https://blogs.imf-formacion.com/blog/corporativo/industria-alimentaria/analisis-sensorial-calidad-alimentos/>

Romero Peñola, J; Rivera Moctezuma, D. 2010. El ajonjolí, su tecnología y problemática en la región suroeste de tierra caliente (en línea). Chapingo, México. Consultado 24 de ene. de 2020. Disponible en: <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rga-1703.pdf>

- Rubio, C; González Weller, D; Martín-Izquierdo, RE.; Revert, C; Rodríguez, I; Hardisson, A. 2007. El zinc: oligoelemento esencial (en línea). Nutr. Hosp. Madrid, España. v. 22, n. 1, p. 101-107. Consultado el 10 Dic. 2021. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112007000100012&lng=es
- Saldaña Banderas, JL; Quintero Sánchez, R. 2009. Guía para la producción orgánica del ajonjolí (en línea). Puebla, México. Consultado 24 ene. del 2019. Disponible en https://issuu.com/luiszb/docs/jamaica_ajonjoli
- Sánchez Machuca, AB. 2016. Elaboración de un yogur semi-sólido saborizado naturalmente con una bebida étnica salvadoreña (horchata de morro), sus análisis sensorial, bromatológico y microbiológico (en línea). Tesis ing. Alm. La Libertad, El Salvador. Universidad Dr. José Matías Delgado. Consultado 26 mzo. 2020. Disponible en <https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/04/ALI/002509-ADTESSE.pdf>
- SCANCO. 2021. Alergenos: sésamo/ajonjolí (en línea). Página web. San José, Costa Rica. Consultado el 10 Dic. 2021. Disponible en: <https://scancotec.com/blog/alergenos-sesamo-ajonjoli/>
- Sharaby, N. y Butovchenko A. 2019. Cultivation technology of sesame seeds and its production in the world and in Egypt (en línea). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 403 012093. Consultado 15 Oct. 2020. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/403/1/012093/pdf>
- Sibrían Gutiérrez, M. 2004. Elaboración de una mantequilla alimenticia a partir de la semilla descortezada de ajonjolí (en línea). Tesis Lic. QF. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. Consultado 1 may. 2019, Disponible en <https://es.scribd.com/document/361153996/Elaboracion-de-Mantequilla-Del-Aceite-de-Ajonjoli>

SINAVIMO (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas). s.f. *Sesamum indicum* (en línea). Buenos Aires, Argentina. Consultado 28 feb. 2020. Disponible en <https://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/sesamum-indicum>

St. Jude Children's Research Hospital (2004). Alimentos ricos en fósforo (en línea). Tenesse, Estados Unidos. Consultado el 10 Dic. 2021. Disponible en: https://www.stjude.org/content/dam/es_LA/shared/www/do-you-know-spanish/nutrition-phosphorous-spa.pdf

Swisscontact (Fundación Suiza para la Cooperación Técnica, Honduras). 2014. Análisis rápido de la cadena de valor de Ajonjolí en el Golfo de Fonseca, Honduras (en línea). Choluteca, Honduras. Consultado el 3 Ago. 2020. Disponible en http://www.agronegocioshonduras.org/wp-content/uploads/2015/02/analisis_Ajonjoli_Golfo_Fonseca1.pdf

Tejada Rico. MA. 2018. Estudio sobre grano de ajonjolí (*Sesame indicum* sp.) y su procesamiento en la actualidad (en línea). Tesis Ing. AL. Girardot, Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Consultado 2 Oct. 2020. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/24282/matejadar.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Torres Funes, HY; Zaldaña de Escobar, MR. 2017. Determinación de la vida de anaquel de horchata de morro elaborada artesanalmente y evaluación del tipo de empaque para su conservación (en línea). Tesis Ing. Al. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. Consultado 23 jul. 2021. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13501/1/Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20vida%20de%20Anaquel%20de%20Horchata%20de%20Morro%20elaborada%20artesanalmente%20y%20evaluaci%C3%B3n%20del%20tipo%20de%20empaque%20para%20su%20conservaci%C3%B3n.pdf>

Universidad Zamorano. 2001. Manual del cultivo de ajonjolí (en línea). Francisco Morazán, Honduras. Consultado 16 mar. 2019. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/0BzrLcZgwgCAUTkl2Q0ZmbDVQYWw/view>.

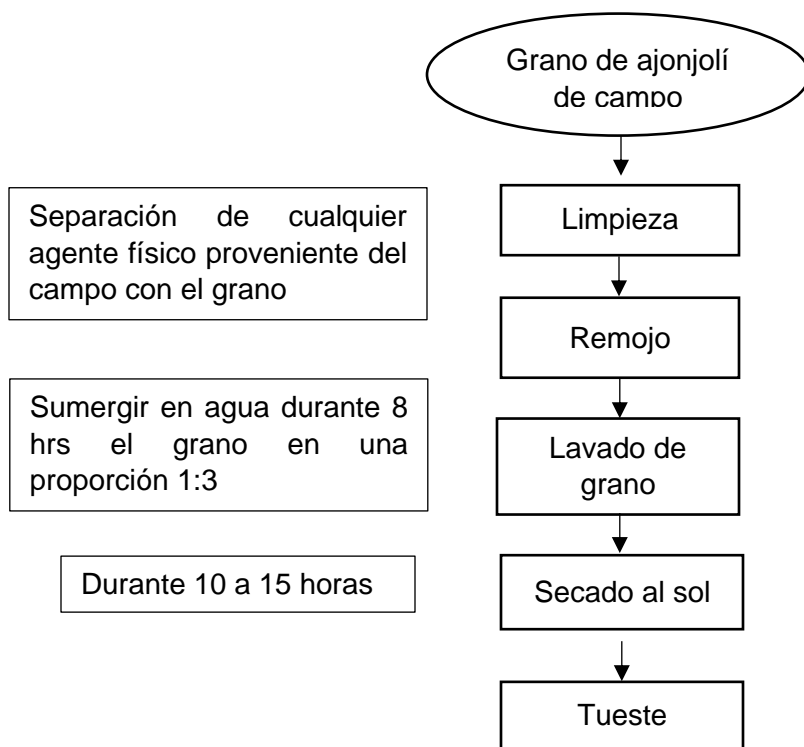
Universidad Zamorano. s.f. Manual MIP en ajonjolí (en línea). Francisco Morazán, Honduras. Consultado 26 mar. 2019. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4095/3/02.pdf>

USSEC (U.S. Soybean Export Council, Estados Unidos). 2015. Elaboración de bebida tipo lácteo y productos derivados a partir del frijol de soya (en línea). Consultado 26 May. 2020. Disponible en <http://americas.ussec.org/tech-info/informacion-sobre-alimentos-de-soya-y-nutricion-humana/>.

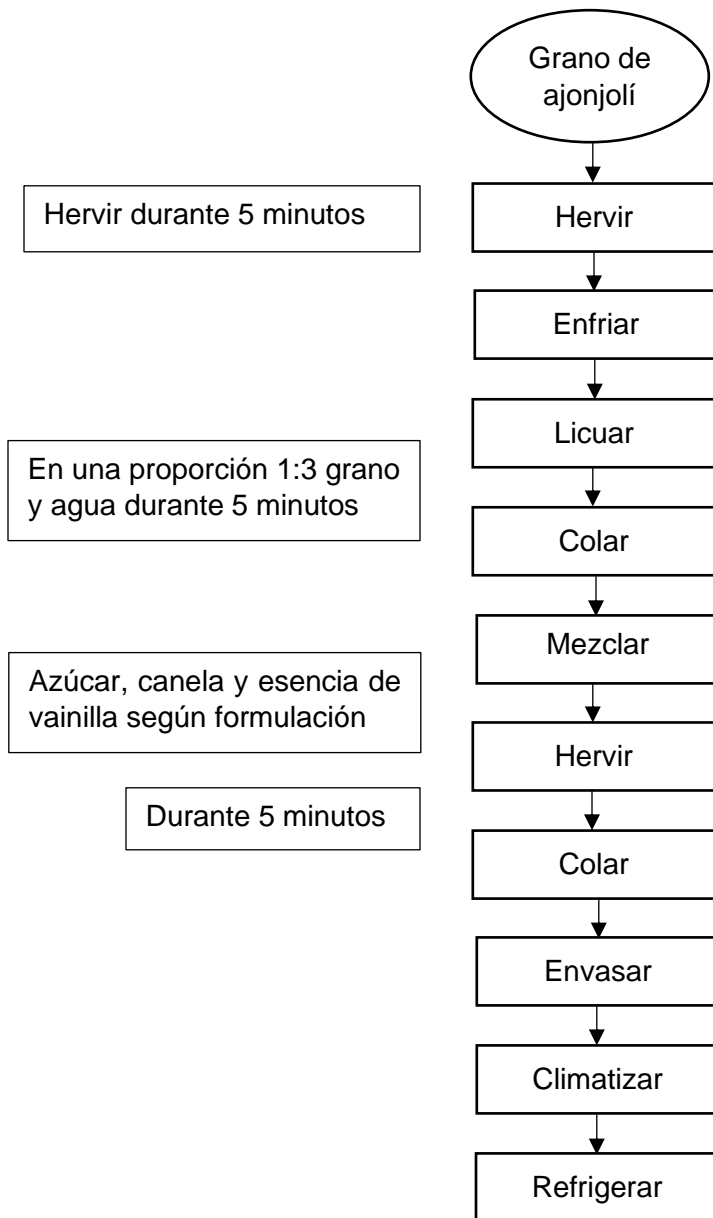
Zavala Giler, IF; Castillo Farfán, FA. 2007. Obtención del aceite virgen de la semilla de ajonjolí (en línea). Tesis Ing. Qm. Guayaquil, Ecuador, Universidad de Guayaquil. Consultado 5 Dic. 2020. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1647/1/1011.pdf>

9. Anexos

A-1. Preparación del grano



A-2. Preparación de la bebida de ajonjolí



A-3. Codificación de las muestras

Código (SPA-222 R)	Código (Cubano)	Código (Barrilito)
5876	545	5925
2634	6282	3852
6685	7778	8378
5453	4372	5644
8889	9389	4578
4989	6352	5722
3538	2395	8554
3365	7688	6886
3876	4689	3478
7555	8473	5667
6477	3573	6397
8348	2753	6844
2363	8822	5838
7687	7744	4885
2443	4299	5758
9757	6974	3984
3978	6945	5862
3535	2297	4754
9786	6876	7747
8937	5427	9782
4639	6548	9553
9336	9898	9228
5635	8576	3767
7675	6449	7222
8786	4744	9822
9524	8565	8324
4583	7369	8523
6863	7435	9937
3129	8874	7956
6518	4524	9592
5541	5459	5664

A-4. Factores de conversión para convertir nitrógeno a proteína entre diferentes alimentos

Ingredientes	Factores de conversión
CEREALES	-
Trigo, duro, medio o suave	-
Harina, harina integral	5.83
Macarrones, espagueti, pastas de trigo	5.70
Salvado	6.31
Arroz	5.95
Cebada	5.83
Avena	5.83
LEGUMINOSAS, NUECES Y SEMILLAS	-
Cacahuete	5.46
Soya, semillas, harina o productos	5.71
NUECES	-
Almendra	5.18
Coco (sin corteza)	5.30
Otras nueces	5.30
LECHE Y QUESO	-
Leche, todo tipo, fresca o seca	6.38
Queso, duro o suave	-
Suero de queso	-
ACEITE Y GRASAS	-
Margarina (vegetal o animal)	6.38
Mantequilla	-
OTROS ALIMENTOS *	6.25

Fuente: FAO (1989).

A-5. Diferentes temperaturas en aumento de 10° C y su correspondiente velocidad de deterioro.

Temperatura (°C)	Velocidad de deterioro
1	1
11	2
21	4
31	8
41	16
51	32
61	64

Fuente; Torres y Zaldaña (2017).

A-6. Contenido de proteína en bebida de ajonjolí con diferentes tratamientos de calor en su proceso.

sesame milk		
Pretreatments	Total solids (%)	Protein (%)
Control	9.90a	2.52a
Steaming 5 min	8.98b	2.32b
Boiling 5 min	8.74c	2.11c
Pressure cooking 5 min	8.54d	1.99d
Soaking overnight	8.81bc	2.29b
Soaking and steaming 5 min	7.98e	2.06dc
Soaking and boiling 5 min	7.82e	1.82e
Soaking and pressure cooking 5 min	7.5f	1.96e

Fuente: Quasem *et al.* (2009)

A-7. Características fisicoquímicas del grano de ajonjolí en diferentes regiones del mundo.

Mineral composition	Sesame dark Saudi cultivars	Sesame white Saudi cultivars	Lebanese ^a cultivars	Lebanese ^b cultivars	Indian ^c cultivars	Indian ^d cultivars	Japanese ^e brown	World ^f collection
Ash (%)	4.71	4.54	1.4	4.1	6.6	-	5.2	5.3
Sodium	78	72	-	-	-	-	2.0	60
Potassium	374	382	-	-	-	-	400	725
Calcium	1200	1228	228.3	1200	1232	1450	1200	1160
Magnesium	185	178	-	-	521	-	-	-
Iron	10.6	10.4	8.6	10.4	9.3	10.5	9.6	10.5
Zinc	3.8	3.6	-	-	-	-	-	-
Phosphorus	580	598	640	620	872	570	540	616

Fuente: Mohammed *et al.* (2010).

A-8. Efecto de la adición de ajonjolí en el contenido de minerales de Kunun-zaki.

Parameter	SAMPLES				
	Control	A	B	C	D
Calcium	11.00 ^a ±0.82	12.67 ^{a±} 0.92	17.67 ^b ±2.05	21.67 ^{bc} ±1.25	23.00 ^c ±0.82
Phosphorus	20.01 ^a ±0.94	21.33 ^b ±0.94	23.02 ^c ±0.94	24.00 ^c ±0.07	25.67 ^d ±0.47
Potassium	24.53 ^a ±0.33	25.10 ^b ±0.56	27.4 ^c ±0.05	28.03 ^d ±0.23	30.02 ^e ±0.47
Magnesium	25.40 ^a ±1.12	26.34 ^b ±0.97	27.12 ^c ±1.02	29.11 ^d ±0.77	31.23 ^e ±0.05
Iron	2.70 ^a ±0.14	3.00 ^{ab} ±0.08	3.50 ^b ±0.24	4.07 ^c ±0.09	4.20 ^c ±0.10

Fuente: Folasade and Oyenike (2012)

A-9. Ficha de evaluación para el análisis sensorial.

				Nombre Fecha
INSTRUCCIONES				
Frente a usted se presentan cuatro muestras de Manjar Blanco. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo con el puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.				
Nota: recuerde tomar agua y comer una galleta pequeña entre cada muestra				
Puntaje	categoría	Puntaje	categoría	
1	Me disgusta extremadamente	6	Me gusta levemente	
2	Me disgusta mucho	7	Me gusta moderadamente	
3	Me disgusta moderadamente	8	Me gusta mucho	
4	Me disgusta levemente	9	Me gusta extremadamente	
5	No me gusta ni me disgusta			
Código	Clasificación para cada atributo			
	Olor	Color	Sabor	Textura
Gracias por su colaboración				

A-10. Resultados de laboratorio del análisis del grano de ajonjolí



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión : Ciudad Universitaria, 02 de junio de 2021.

Tipos de Muestras: Ajonjolí.

Análisis solicitado: Bromatológico. Fe,Zn,Ca,Mg y P

Usuario: Ramfis López.

Muestra		UV	Espectrofotometría de Absorción Atómica				Gravimétrico		
ID interno	ID Usuario	ppm P	ppm Mg	ppm Ca	ppm Zn	ppm Fe	%Humedad Total	%Materia Seca	%Ceniza
MXI306	Spa222R	8140.22	2020.32	888.14	45.24	54.51	3.75	93.11	6.23
MXI307	Cubano	8611.32	2420.70	1156.84	48.94	65.38	3.91	92.77	6.36
MXI308	Barrilito	7723.80	2276.66	1001.40	52.27	71.88	3.99	92.68	5.28

Muestra		micro-Kjedahl	Soxhlet	AnKom	Diferencia
ID interno	ID Usuario	%Proteína Cruda	%Extracto Etéreo	%Fibra Cruda	%Carbohidratos
MXI306	Spa222R	19.12	34.13	24.05	16.47
MXI307	Cubano	20.22	44.82	21.39	7.21
MXI308	Barrilito	18.02	44.93	23.50	8.27

Para Minerales solamente se procedió a disolver las cenizas previas y a hacer lecturas Resultados en base seca

Analista: Lic. Guillermo Jacob Pineda Magaña

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"



Lic. Emerson Gustavo Martínez Hernández
Jefe del Departamento de Química Agrícola

A-11. Resultados de laboratorio del análisis de la bebida de ajonjolí-



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión : Ciudad Universitaria, 18 de mayo de 2021.

Tipos de Muestras: Ajonjolí.

Análisis solicitado: Ca,Na,k,Mg,Fe,Zn

Usuario: Ramfis Lopez.

Proyecto Ajonjolí.

RESULTADOS DE ANALISIS

Metodología

Muestra		%Humedad	%Ceniza	% Proteína Cruda	pH	ppm Ca	ppm Fe	ppm Zn	
ID interno	Id Usuario	Gravimétrico		micro-Kjedahl	Potenciométrico	AA			
MXP76	2021	Cubano/líquido	N/A	0.27	1.03	55.00	81.12	5.38	<0.05
MXP77	2021	Barrilito/líquido	N/A	0.09	0.68	5.50	22.36	2.75	<0.05
MXP78	2021	Spa/líquido	N/A	0.13	1.04	4.36	57.62	4.38	<0.05
MXP79	2021	Cubano/en hojuela	72.32	1.84	N/A	N/A	5466.23	25.00	5.82
MXP80	2021	Barrilito/en hojuela	67.93	1.61	N/A	N/A	3880.91	25.01	5.10
131	2021	Spa/en hojuela	74.43	1.61	N/A	N/A	5178.74	18.97	4.96

NOTA: Las muestras líquidas se trabajaron en base húmeda

Analista: Lic. Guillermo Jacob Pineda Magaña

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"

Lic. Emerson Gustavo Martinez Hernandez
Jefe del Departamento de Química Agrícola

