

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN**

NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN.

Determinación de las características fisicoquímicas de las semillas de tres variedades de ajonjolí (*Sesamun indicum* L.) y elaboración de una bebida casera.

TÍTULO A OBTENER: Ingeniero Agroindustrial

AUTORES.

| Nombres, apellidos | Institución y dirección | Teléfono y E - Mail | Firma |
|----------------------------------|---|---|--------------|
| Miguel Antonio Cuchilla Sánchez | Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Ciudad Universitaria, Final 25 Av. Norte, Apdo. 747 y 773. | 7733-0144 Mikecuchilla@gmail.com | |
| Ramfis Emmanuel López Olivo | Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Ciudad Universitaria, Final 25 Av. Norte, Apdo. 747 y 773. | 7019-4216 ramfislpz.95@gmail.com | |
| Efraín Antonio Rodríguez Urrutia | Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural, Ciudad Universitaria, Final 25 Av. Norte, Apdo. 747 y 773 | 7318-0554 efrain.rodriguez@ues.edu.sv | |
| Daniel de Jesús Palacios | Universidad de El Salvador Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Recursos Naturales, Ciudad Universitaria, Final 25 Av. Norte, Apdo. 747 y 773 | 7864-3651 daniel.palacios@ues.edu.sv | |
| Juan Milton Flores Tensos | Universidad de El Salvador Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Química Agrícola, Ciudad Universitaria, Final 25 Av. Norte, Apdo. 747 y 773 | 7887-5266 juan.flores3@ues.edu.sv | |

Visto bueno:

Coordinador General de Procesos de Graduación del Departamento:

Ing. M. Sc. Juan Milton Flores Tensos

Firma:

Director General de Procesos de Graduación de la Facultad:

Ing. Enrique Alonso Alas García

Firma:

Jefe del Departamento de Química Agrícola:

Ing. Ludwing Vladimir Leyton Barrientos

Firma:

Sello:

Ciudad Universitaria, Junio 2022

Determinación de las características fisicoquímicas de las semillas de tres variedades de ajonjolí (*Sesamun indicum* L.) y elaboración de una bebida casera.

CUCHILLA-SANCHEZ MA¹, LOPEZ-OLIVO RA¹, FLORES-TENSOS JM¹, RODRIGEZ-URRUTIA EA², PALACIOS HERNANDEZ DJ³.

RESUMEN.

El estudio consistió en la evaluación físico-química del grano de tres variedades de ajonjolí (*Sesamun indicum*): SPA 222-R (SIS), Cubano (SIC) y Barrilito (SIBR), con el objetivo de elaborar una bebida casera a partir de estas, analizando variables como: composición nutricional, vida de anaquel y calidad sensorial, utilizando para el análisis estadístico un diseño completamente aleatorio con efectos fijos, cuya unidad experimental fue de tres niveles, realizando cinco repeticiones por variedad, utilizando 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 existió o no diferencias entre las variedades. Los resultados demostraron que las variedades 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 fueron: SPA 222-R y Cubano con valores en proteína de 1.04% y 1.03%; para los resultados de minerales como el calcio se obtuvo 81.12 mg/ L y 57.62 mg/ L; hierro con 5.38 mg/ L y 4.38 mg/ L, respectivamente. 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%. El análisis sensorial se realizó a través una prueba afectiva de aceptación, elaborando un test hedónico estructurado de nueve puntos, utilizando para el estudio panelistas no entrenados, obteniendo una nota global de 7 para todas las bebidas, situándolas en el rango aceptación, sin haber diferencia significativa entre estas.

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

¹ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Química Agrícola, Estudiante tesista y Docente Director

² Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural, Docente Director

³ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Recursos naturales y Medio ambiente, Docente Director

Determination of physicochemical characteristics to the seed from three varieties of sesame (*Sesamun indicum* L.) and preparation of a home drink.

ABSTRACT

A physical-chemical analysis was carried out on the grain of three varieties of sesame (*Sesamun indicum*): SPA 222-R (SIS), Cubano (SIC) and Barrilito (SIBR), with the purpose to elaborate a drink from these, determining the nutritional composition, shelf life and sensory quality, under a completely random design with fixed effects, whose experimental unit was three levels, performing five repetitions per variety, using an analysis of variance (ANVA) for normal data and for non-parametric data Kruskal Wallis was applied, with a significance level of 95% to identify whether or not are differences between the varieties. These results showed that the varieties with the best fat results were: Cubano with 44.82% and Barrilito with 44.93%; and in protein the Cuban variety with 20.22%. For the beverage, the varieties with the best results were: SPA 222-R and Cubano with protein values of 1.04% and 1.03%; calcium of 81.12 mg/ L and 57.62 mg/ L; iron with 5.38 mg/ L and 4.38 mg/ L, respectively. While the sesame drink that preserves their physicochemical and sensory characteristics after 25 days stored in refrigeration at 4° C was the one made with the Cubano variety with a pH value higher than 6 and an acidity lower than 0.5%. While in the sensory analysis, an affective acceptance test was carried out, with a structured hedonic test of nine points, using non-disordered panelists for the study, obtaining a global score of 7, located in the acceptance range.

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

1. Introducción

El ajonjolí es una planta que pertenece al grupo de las oleaginosas, que no solo produce aceite y grasas comestibles, sino también proteínas, vitaminas y minerales (Cruz 2003).

Su uso principal de las semillas de ajonjolí es para la obtención de aceite comestible de gran calidad por su excelente balance entre ácidos grasos, además de la presencia de importantes antioxidantes. Este grano puede ser consumido de forma directa al natural, tostada o descortezada (Laurentin s.f.).

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 (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. A partir de la década de los 70's experimentó su mayor auge, manteniendo grandes volúmenes de producción a tal punto que llegó a convertirse en el producto agrícola no tradicional de mayor exportación (FUNDE 1997).

Actualmente no se cuenta con información suficiente sobre la calidad genética de las variedades de ajonjolí que se posee en El Salvador; debido a que se le dejó de dar seguimiento, paso a ser un cultivo de segunda y 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 del control de calidad en la industria de alimentos, para la investigación en la evaluación del

contenido nutricional de los alimentos y el desarrollo de nuevos productos, por lo que hoy en día es cultivada por pequeños agricultores.

Esta investigación se realizó en el laboratorio del Departamento de Química Agrícola en el periodo de diciembre 2020 a noviembre del 2021, 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. Materiales y métodos

2.1. Ubicación

El estudio se realizó en el laboratorio de investigaciones del departamento 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 (EEP-UES) ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, elaborando una bebida a base de los granos de estas variedades, identificando su composición nutricional, vida de anaquel y calidad sensorial, en el periodo de diciembre 2020 a noviembre de 2021.

2.2. Metodología de campo

Las variedades de ajonjolí que se utilizaron en esta investigación fueron seleccionadas de un total de diez variedades cosechadas en las parcelas de la EEP-UES por presentar mejor rendimiento por parcela, estas fueron: Barrilito, cubano y SP222-R.

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%.

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).

2.3. Metodología de laboratorio

2.3.1. Análisis al grano de ajonjolí

Las muestras se colocaron dentro de desecadores para luego condicionarla 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.

Cuadro.1 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 | |
| Minerales | | |
| calcio | Espectrometría AA | Shimadzu s.f. |
| magnesio | Espectrometría AA | |
| fósforo | Espectrometría a visible | |
| hierro | Espectrometría a AA | |
| zinc | Espectrometría a AA | |

2.3.2. Análisis a la bebida de ajonjolí

Para determinar el contenido nutricional de las bebidas de ajonjolí, estas fueron llevadas al laboratorio donde se almaceno en refrigeración a 3° a 4° C hasta que se realizaron los siguientes análisis:

Cuadro 2. 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 | |
| zinc | Espectrometría AA | |

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 3. 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 |

2.4. Procesamiento de la bebida de ajonjolí

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:

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).

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).

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.

2.4.1. Metodología del análisis sensorial

En la evaluación sensorial de la bebida se utilizó 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 1 la clasificación más baja (me disgusta extremadamente) y el 9 como la clasificación más alta (me gusta extremadamente) evaluando: color, olor, sabor y textura (cuadro A-1).

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

2.5. Metodología estadística

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

En 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 cuando el **P-valor** fuera igual o mayor a 0.05 siendo el resultado que no existió diferencia significativa entre los tratamientos, caso contrario, era rechazada la hipótesis nula cuando el P-valor fuera menor a 0.05, siendo que si existió una diferencia entre los tratamientos, aceptando la hipótesis alterna.

3. Resultados y discusión

3.1. Análisis bromatológico al grano de ajonjolí

Del análisis bromatológico al grano de ajonjolí se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 4. Resultados de los análisis bromatológicos realizadas a las tres variedades.

| Componente nutricional (%) | Variedad | | |
|----------------------------|----------|-------|-------|
| | SIS | SIC | SIBR |
| Grasa | 34.13 | 44.82 | 44.93 |
| Proteína | 22.54 | 23.84 | 21.25 |
| Ceniza | 6.23 | 6.36 | 5.28 |
| Fibra cruda | 24.05 | 21.39 | 23.50 |
| Agua | 6.88 | 7.22 | 7.31 |
| Carbohidratos | 16.47 | 7.21 | 8.27 |

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%.

Cervantes (2012) recomienda que para producción de aceite crudo se exige un mínimo de 50% a 52% y para confitería 48%, por lo que ninguna de las variedades podría ser aptas para la extracción de aceite.

Estos valores fueron analizados mediante el análisis de varianza (ANVA) con un nivel de confianza del 95%, obteniendo que si existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para cada variable en estudio debido a que el P-valor es menor al 0.05 (cuadro A-2).

La prueba de Tukey demostró que la variedad SPA 222-R es la que produjo esas variaciones con respecto a la Cubano y Barrilito (cuadro A-3).

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 se obtuvo con la variedad Barrilito con 18.02%.

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.

La prueba de Tukey se demostró que existió diferencia significativa entre los tratamientos (cuadro A-3).

Con respecto al contenido de ceniza, la variedad Cubano fue mayor con 6.36%, seguido por la variedad SPA 222-R con 6.23% y el menor se obtuvo con la variedad Barrilito con 5.28%.

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

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 A-3).

3.2. Análisis de minerales al grano de ajonjolí

Del análisis de minerales realizados al grano de ajonjolí se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 5. Resultados de los análisis de minerales de las tres variedades.

| Componente nutricional (mg/100 g) | Variedad | | |
|-----------------------------------|----------|---------|---------|
| | SIS | SIC | SIBR |
| calcio | 888.14 | 1156.84 | 1001.40 |
| hierro | 5.45 | 6.54 | 7.19 |
| zinc | 4.52 | 4.89 | 5.23 |
| magnesio | 202.3 | 242.07 | 227.67 |
| fósforo | 814.02 | 861.13 | 772.38 |

El mayor contenido de calcio en 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 con la variedad SPA 222-R con 888.14 mg/100 g.

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 se obtuvo con la variedad SPA 222-R con 5.45 mg/ 100 g.

En el contenido de zinc la que mejores resultados obtuvo fue 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.

El mayor contenido de magnesio se obtuvo con la variedad Cubano con 242.07 mg/ 100g, seguido por la variedad Barrilito con 227.67 mg/ 100g y por último la variedad SPA 222-R con 203.03 mg/ 100g.

Los valores obtenidos mediante el análisis para datos no paramétricos de Kruskal Wallis demostraron que estadísticamente las variedades en estudio no presentan diferencias (cuadro A-4).

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.

Los valores obtenidos mediante el análisis de Kruskal Wallis indicaron 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 A-5).

3.3. Análisis bromatológicos a la bebida de ajonjolí

Del análisis bromatológico realizado a la bebida de ajonjolí se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 6. Resultados de los análisis bromatológicos de las bebidas de ajonjolí.

| Componente nutricional (%) | Variedad | | |
|----------------------------|----------|------|------|
| | SIS | SIC | SIBR |
| Proteína | 1.04 | 1.03 | 0.68 |
| Ceniza | 0.01 | 0.27 | 0.09 |

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

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.

Los valores obtenidos mediante ANVA demostraron que si existen diferencias estadísticas significativas entre las variedades para la variable proteína (cuadro A-6).

Mediante la prueba de Tukey se determinó que la variedad que está produciendo esta diferencia es la Barrilito con respecto a las variedades Cubano y SPA 222-R (cuadro A-7).

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

El análisis no paramétrico de Kruskal Wallis para la variable ceniza demostró (cuadro A-6), que existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos resultando en que la variedad Cubano y Barrilito son diferentes entre sí, mientras la variedad SPA 222-R es igual a esas dos variedades (cuadro A-8).

3.4. Análisis de minerales a la bebida de ajonjolí

Del análisis de minerales realizado a la bebida de ajonjolí se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 7. Resultados de los análisis de minerales a las bebidas de ajonjolí.

| Componente nutricional (mg/ 100g) | Variedad | | |
|-----------------------------------|----------|-------|-------|
| | SIS | SIC | SIBR |
| calcio | 5.76 | 8.11 | 2.23 |
| hierro | 0.43 | 0.53 | 0.27 |
| zinc | <0.05 | <0.05 | <0.05 |

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 obtuvo con la variedad Barrilito con 2.23 mg/ 100 g; mientras que el mayor contenido de hierro 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 la variedad Barrilito con 0.27 mg/ 100 g.

Los valores obtenidos mediante el ANVA demostraron que si existen diferencias estadísticas significativas para la variable calcio y hierro entre los tratamientos (cuadro A-9).

Mediante la prueba de Tukey se demostró que todos los tratamientos son diferentes entre sí para la variable calcio y hierro (cuadro A-10).

El contenido de zinc en la bebida de ajonjolí para las tres variedades evaluadas no fue detectado en las muestras, debido a que fue menor a 0.05 mg/ 100 g.

3.5. Vida de anaquel

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

De las bebidas de ajonjolí evaluadas 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, en producto sellado (cuadro A-11).

Las bebidas evaluadas a temperatura ambiente se mantuvieron estables 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 (cuadro A-12).

Las bebidas de ajonjolí bajo refrigeración a 4° C mantuvieron 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 (cuadro A-12).

3.5.1. Evaluación y análisis sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial fueron valorados por 30 panelistas inexpertos (público consumidor) durante el periodo de abril - mayo de 2021, siendo la característica 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 8. Resultados en medianas del análisis sensorial a las bebidas de ajonjolí.

| Bebida | Color | Olor | Sabor | Textura |
|--------|-------|------|-------|---------|
| SIS | 7.61 | 6.35 | 8.06 | 5.45 |
| SIC | 7.67 | 6.35 | 8.06 | 5.38 |
| SIBR | 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 estuvieron produciendo los mismos efectos en las variables color, olor, sabor y textura del grano de ajonjolí, y no presentaron diferencias significativas a un nivel de confianza del 95% con un valor-p < 0.05 (cuadro A-13).

4. Conclusiones

El mayor contenido de proteína, calcio, magnesio y fósforo en el grano de ajonjolí se obtuvo con la variedad Cubano.

De acuerdo con el contenido de grasa, menor al 50%, 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 vida de anaquel de las bebidas de ajonjolí evaluadas y almacenadas a temperatura ambiente es de cinco días como máximo, estableciendo como parámetros de rechazo un pH de 5.0 y una acidez de 0.7%.

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.

5. 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 de minerales en variedades de ajonjolí por ser las variables con más variaciones en los resultados.

Para la producción de una bebida a base de ajonjolí se recomiendan las variedades SPA 222-R y Cubano fueron las que obtuvieron los valores más altos en contenido de proteína, calcio y hierro.

Se recomienda mantener el producto bajo refrigeración y ser consumidas antes de cinco días después de abierto.

Realizar análisis microbiológicos a la bebida producida.

Se recomienda utilizar las tres variedades de ajonjolí para la elaboración de bebidas.

6. Bibliografía

- . **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
- 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%20IMPORTANCIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20AJONJOLI%20\(sesamum%20indicuml.\)%20EN%20MEXICO.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1261/LA%20IMPORTANCIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20AJONJOLI%20(sesamum%20indicuml.)%20EN%20MEXICO.pdf?sequence=1)
- 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>
- 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/>
- 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>
- 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>
- 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/infromacion-sobre-alimentos-de-soya-y-nutricion-humana/>

7. Anexos

A-1. Evaluación para el análisis sensorial.

| 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 | | |

A-2. 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 | | | |

A-3. 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 ($p > 0.05$).

A-4. 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 | | |

A-5. 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 |

A-6. 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 | | |

A-7. 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 ($p > 0.05$).

A-8. 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 ($p > 0.05$).

A-9. 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 | - | - | - | - | - | - |

A-10. 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 |

A-11. 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 |

A-12. 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 |

A-13. 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 | | |