

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano,
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria**



Proyecto Especial de Graduación

**Desarrollo de una Barra Nutricional a Base de Torta Desgrasada de Ajonjolí
(*Sesamum indicum* L.) como Fuente de Minerales.**

Estudiante

David Manuel González Gonzabay

Asesores

Adriana Hernández Santana, Dr.Sc.

Sandra Karina Espinoza, M. Sc.

Honduras, noviembre 2023

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

| | |
|--|----|
| Índice de Cuadros..... | 5 |
| Índice de Figuras | 7 |
| Índice de Anexos | 8 |
| Resumen | 9 |
| Abstract..... | 10 |
| Introducción..... | 11 |
| Materiales y Métodos | 14 |
| Ubicación del Estudio..... | 14 |
| Materiales y Equipos..... | 14 |
| Etapa 1 | 14 |
| Etapa 2 | 14 |
| Etapa 3 | 14 |
| Etapa 4 | 15 |
| Etapa 1 | 15 |
| Obtención Torta Desgrasada de Ajonjolí | 15 |
| Análisis Microbiológicos a la Torta Desgrasada de Ajonjolí..... | 15 |
| Etapa 2 | 18 |
| Pruebas y Formulaciones Preliminares..... | 18 |
| Análisis Sensorial de Barras de Torta Desgrasada de Ajonjolí | 22 |
| Diseño Experimental y Análisis Estadístico | 23 |
| Etapa 3 | 23 |
| Análisis Físicoquímicos..... | 23 |
| Diseño Experimental y Análisis Estadístico | 24 |
| Etiqueta Nutricional | 24 |
| Análisis Económico..... | 24 |

| | |
|---|----|
| Etapa 4 | 25 |
| Reformulación del Tratamiento de Mayor Aceptación y Análisis Sensorial Afectivo..... | 25 |
| Diseño Estadístico Para la Reformulación..... | 25 |
| Resultados y Discusión..... | 26 |
| Etapa 1 | 26 |
| Análisis Microbiológicos de la Torta Desgrasada..... | 26 |
| Primer Preliminar | 27 |
| Segundo Preliminar..... | 28 |
| Tercer Preliminar | 28 |
| Etapa 2 | 29 |
| Análisis Sensorial de Aceptación y Preferencia | 29 |
| Cuadro 9 Resultados del análisis sensorial para los atributos: apariencia, textura y color de barras de torta desgrasada de ajonjolí. | 31 |
| Análisis Físicoquímicos..... | 34 |
| Análisis Económico..... | 39 |
| Reformulación del Mejor Tratamiento | 41 |
| Conclusiones | 45 |
| Recomendaciones..... | 46 |
| Referencias..... | 47 |
| Anexos..... | 50 |

Índice de Cuadros

| | |
|--|----|
| Cuadro 1 Parámetros microbiológicos para Salmonella spp y E.coli, en torta desgrasada. | 16 |
| Cuadro 2 Criterios microbiológicos por IFT microbiological criterio, sección M, categoría: Dried Heat Processed Foods, para la barra de torta desgrasa de ajonjolí (Sesamum indicum). | 16 |
| Cuadro 3 Formulación base de barra de torta desgrasada de ajonjolí en porciones de 30 g, primer preliminar..... | 19 |
| Cuadro 4 Formulación de barra torta desgrasada de ajonjolí en porciones de 40 g, del segundo preliminar..... | 19 |
| Cuadro 5..... | 20 |
| Cuadro 6 Conteo de Mesófilos aerobios, Enterobacterias, Hongos y Levaduras en torta desgrasada de ajonjolí por criterios del IFT | 26 |
| Cuadro 7 Conteo de Salmonella spp y E. coli, en torta desgrasada de ajonjolí, bajo los criterios del RTCA..... | 27 |
| Cuadro 8 Formulación final para análisis sensorial..... | 28 |
| Cuadro 9 Resultados del análisis sensorial para los atributos: apariencia, textura y color de barras de torta desgrasada de ajonjolí. | 31 |
| Cuadro 10 Resultados del análisis sensorial para los atributos: sabor, dulzura y aceptación de barras de torta desgrasada de ajonjolí. | 32 |
| Cuadro 11 Análisis de correlación de cada atributo de la barra de torta desgrasada de ajonjolí y los tratamientos con la aceptación general. | 33 |
| Cuadro 12 Organización de resultados de la prueba de categoría de preferencia usando prueba de Basker y Kremer..... | 33 |
| Cuadro 13 Resultados análisis de textura de barra de torta desgrasada de ajonjolí. | 34 |
| Cuadro 14 Resultados de análisis de proteína cruda de la barra de torta desgrasada de ajonjolí. | 35 |
| Cuadro 15 Resultados de análisis de calcio de barra de torta desgrasada de ajonjolí por porción (55g). | 36 |

| | |
|---|----|
| Cuadro 16 Resultado del análisis de perfil de ácidos grasos de la barra de torta desgrasada de ajonjolí. | 37 |
| Cuadro 17 Costos variables de formulación para la elaboración de una barra con 33% torta desgrasada de ajonjolí en presentaciones de 55 g. | 40 |
| Cuadro 18 Costos variables de formulación para la elaboración de una barra con 0% torta desgrasada de ajonjolí en presentaciones de 55 g. | 40 |
| Cuadro 19 Reformulación del tratamiento T2 con 33% de torta desgrasada de ajonjolí. | 41 |
| Cuadro 20 Resultados estadísticos del tratamiento T2 y T2-R con 33% de torta desgrasada de ajonjolí. | 42 |
| Cuadro 21 Tabla de aportes nutricionales y %VD del tratamiento T2 y T2-R, con 33% de torta desgrasada de ajonjolí. | 44 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 Flujo de proceso para la elaboración de barras..... | 22 |
| Figura 2 Etiqueta nutricional de la barra testigo con 0% de torta desgrasada de ajonjolí..... | 38 |
| Figura 3 Etiqueta nutricional del tratamiento T2 33% barra de torta desgrasada de ajonjolí..... | 39 |
| Figura 4 Comparación de características sensoriales del tratamiento T2 y T2-R con 33% de torta desgrasada..... | 43 |

Índice de Anexos

| | |
|---|----|
| Anexo A Evaluación sensorial | 50 |
| Anexo B Curva de textura del tratamiento T2-R1..... | 51 |
| Anexo C Curva de textura del tratamiento T2-R..... | 52 |

Resumen

Los productos lácteos son de las principales fuentes de calcio para nuestro organismo, sin embargo, podemos identificar otras fuentes de calcio en las semillas, que generan un coproducto llamado tortas desgrasadas, al extraer sus aceites. El objetivo principal de este proyecto fue desarrollar una barra a base de torta desgrasada de ajonjolí (*Sesamun indicum L.*), aprovechando este coproducto para contribuir al déficit de este mineral. Se desarrollaron los tratamientos de las barras, (T1 con 29%, T2 con 33% y T3 con 36% de torta desgrasada, respectivamente) y un testigo sin torta desgrasada. El diseño experimental utilizado fue un diseño de bloques completos al azar (BCA), seguido de una evaluación sensorial con panelistas no entrenados mayores a 30 años que seleccionaron el tratamiento T2 (33% torta desgrasada) como el más aceptado. El etiquetado nutricional del tratamiento T2 aporta 222.5 mg de calcio en porción de 55 g, que representa el 15% de la ingesta diaria recomendada, que de acuerdo con el RTCA 67.04.60.10, puede declararse fuente de calcio. En el perfil de ácidos grasos en la barra del T2, participan el ácido oleico y palmítico en mayor proporción. Los análisis fisicoquímicos destacaron un contenido mayor de 3.07% en proteína a favor del tratamiento T2 en comparación del testigo. En el análisis de calcio se obtuvo el mismo comportamiento, resultando en una proporción mayor de 700% a favor del tratamiento T2 en comparación del tratamiento testigo. Los costos variables de formulación tanto para el tratamiento testigo como para el T2 fueron \$0.38 centavos de dólar.

Palabras claves: ácidos fíticos, coproducto, oxalatos, perfil de ácidos de grasos, sésamo, torta de extracción.

Abstract

Dairy products are the main sources of calcium for our body. However, we can identify other sources of calcium in seeds, which generate a coproduct called defatted cakes, by extracting their oils. The main objective of this project was to develop a bar based on sesame (*Sesamun indicum L.*) defatted cake, taking advantage of this coproduct to contribute to the deficit of this mineral. The bar treatments (T1 with 29%, T2 with 33% and T3 with 36% defatted cake, respectively) and a control without defatted cake were developed. The experimental design used was a randomized complete block design (BCA), followed by a sensory evaluation with untrained panelists over 30 years of age who selected the T2 treatment as the most acceptable. The nutritional labeling of treatment T2 provides 222.5 mg of calcium in 55g portion. This represents 15% of the recommended daily intake, which according to RTCA 67.04.60.10, can be declared as a source of calcium. In the fatty acid profile in the T2 bar, oleic and palmitic acid participate in greater proportion. The physicochemical analysis showed a higher protein content of 3.07% in favor of the T2 treatment compared to the control. The same behavior was obtained in the calcium analysis, resulting in a 700% higher ratio in favor of the T2 treatment compared to the control treatment. The variable formulation costs for both the control treatment and T2 were \$0.38 cents.

Key words: co-product, extraction cake, fatty acid profile, oxalates, phytic acids.

Introducción

La semilla de sésamo (*Sesamum indicum* L.), también conocida como ajonjolí, es una semilla oleaginosa originaria de la India y de África, pertenecientes a la familia de *Pedaliácea*, cuenta con las siguientes especies: *Sesamum indicum* L, *Sesamun orientale* L, *Sesamun raditum* L (Davite et al.). Es una planta anual erecta, que puede alcanzar hasta 1.5 metros de altura con flores que aparecen durante el mes de junio. Las semillas de sésamo están contenidas en una cápsula que alberga alrededor de 15 a 20 semillas de forma ovalada aplanada, las cuales tienen un color negro, blanco o amarillo y tienen un alto contenido de aceite (Carballido, 2019). Durante los últimos quince años, la producción mundial de ajonjolí se ha mantenido en un rango de 2,156 a 3,092 millones de toneladas. A partir del año 2000, se logró un incremento anual del 9% en la producción (Nicaraocoop, 2022, p. 2). El aceite de las semillas de sésamo se extrae para su uso en la industria alimentaria, y las tortas desgrasadas son un coproducto de la extracción que se utiliza en la alimentación del ganado bovino en un aproximado de 269.000 toneladas. Estas tortas contienen minerales con poca grasas y humedad (Sagarpa, 2017).

El mercado de las barras de cereales alcanzó un valor de USD 870 millones en el año 2021, por lo que se pronostica un crecimiento anual del 8.35% entre el 2023-2028 (EMR, 2022). Las barras de cereales se elaboran utilizando diferentes tipos de granos, y pueden contener frutos secos, agentes ligantes y leguminosas. Estas barras son nutritivas y energéticas, y están destinadas a proporcionar beneficios para la salud (Marquez y Pretell, 2018, p. 3), existen diferentes tipos de barras en el mercado, que varían en sabor y en contenido nutricional. Algunas barras se centran en proporcionar más proteínas o fibra, mientras que otras tienen un enfoque diferente como en el sabor (Cappella, 2016). Aunque las barras de cereales pueden suplir las deficiencias de aminoácidos azufrados, cabe señalar que las elaboradas con leguminosas no son capaces de hacerlo. Sin embargo, estas barras pueden ayudar al desarrollo del colágeno y otros componentes proteicos (Zenteno Pacheco, 2014, p. 2).

El calcio es un mineral que se almacena principalmente en los huesos y dientes, y es esencial para su estructura y rigidez ósea. Además, contribuye al movimiento de la sangre a través de los vasos sanguíneos, permitiendo el movimiento muscular y ayuda a los nervios a transmitir mensajes de manera efectiva desde el cerebro a las distintas partes del cuerpo. Se sabe que las personas deben consumir alrededor de 800 mg de calcio al día para cubrir el valor diario recomendado (National Institutes of Health [NIH], 2021, p. 1).

La hipocalcemia (también conocida como la enfermedad por deficiencia de calcio) puede tener graves consecuencias para la estructura ósea, causando alteraciones en los músculos, huesos y dientes, así como en la salud mental. A largo plazo, la hipocalcemia también puede provocar osteoporosis, lo que a su vez provoca que los huesos se vuelvan más porosos, frágiles y débiles (Barhum, 2020).

A medida que el cuerpo humano se desarrolla, se incrementan los requerimientos de calcio, por lo que es necesario consumir alimentos que sean buenas fuentes de calcio para satisfacer esas necesidades. Los niveles de absorción de calcio son mayores entre los 20 a 25 años debido al desarrollo puberal, que es el período de mayor crecimiento del esqueleto en longitud y existe un mayor incremento en la densidad mineral ósea. A partir de los 30 años, el cuerpo experimenta un pico de caída en la absorción de calcio, lo que aumenta el riesgo de problemas de osteoporosis (Martínez de Victoria, 2016).

La leche, el queso y el yogur son fuentes importantes de calcio, contiene alrededor de 120 mg/100g con una absorción del 32%, pero no son accesibles para grupos como las personas veganas, o personas que no incluyen alimentos lácteos en sus dietas. En cambio, otros alimentos de origen vegetal como el brócoli, las espinacas y las semillas pueden reemplazar estas de fuentes de calcio. Sin embargo, el contenido de calcio en las semillas de origen vegetal puede ser menos biodisponible debido a su contenido de ácido fítico y oxalatos, que actúan como anti nutrientes en los alimentos vegetales (Pilar Barrera et al., 2012, p. 4). Estos compuestos pueden unirse al calcio en el tracto

digestivo y eliminarlo del sistema en lugar de permitir su absorción (Baudes Fuster et al., 2017, p. 22). El contenido de calcio en el ajonjolí es mucho mayor que el de los lácteos, con un porcentaje de calcio dializado del 1% correspondiente a un promedio de calcio disponible de 967.70 mg (Damián Bastidas y Mujica Albán, 2022).

En el estudio en cuestión, se desarrolló una barra de torta desgrasada a partir de semillas de ajonjolí (*Sesamun indicum L.*) como una alternativa de fuente de calcio de origen vegetal. El objetivo de este producto es ayudar a la revalorización de los coproductos además de contribuir al control de la deficiencia de calcio y brindar una opción alimentaria a aquellas personas que, por diversas razones, no pueden acceder al calcio presente en los productos lácteos, por lo tanto, se establecieron los siguientes objetivos:

Determinar la barra de torta desgrasada de ajonjolí (*Sesamum indicum L.*) con la mayor aceptación sensorial.

Evaluar el aporte nutricional de la barra de torta desgrasada de ajonjolí con mayor aceptación.

Determinar los costos variables de formulación de la barra de torta desgrasada de ajonjolí con mayor aceptación.

Materiales y Métodos

Ubicación del Estudio

Este estudio se desarrolló en las instalaciones de la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), laboratorio de análisis sensorial, el laboratorio de Análisis de Alimentos Zamoranos (LAAZ), laboratorio de nutrición humana y laboratorio de Microbiología de Alimentos (LAMZ), ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, en el Valle del Yeguaire, Departamento de Francisco Morazán, 32 Km. Honduras.

Materiales y Equipos

Para la elaboración de la barra a partir de torta desgrasada de ajonjolí amarillo (*Sesamum indicum L.*), se utilizaron los siguientes ingredientes: torta desgrasada de ajonjolí, hojuelas de avena integral Querer, miel Zamorano, almendras (marca Badia), semillas de Chía (marca Badia), uvas pasas (marca Del Bosque), bicarbonato de sodio (marca Del Matillo), extracto de vainilla (marca Asteo).

La investigación se desarrolló en cuatro etapas, misma que se describirán a continuación:

Etapa 1

Obtención de torta desgrasada de ajonjolí.

Análisis microbiológico.

Etapa 2

Pruebas preliminares y formulaciones.

Elaboración de barras de torta desgrasada de ajonjolí.

Análisis sensorial de barras de torta desgrasada de ajonjolí.

Etapa 3

Análisis fisicoquímicos.

Desarrollo de etiqueta nutricional.

Análisis de económico de costos variables de formulación

Etapa 4

Reformulación del tratamiento con mayor aceptación y análisis sensorial afectivo.

Etapa 1

Obtención Torta Desgrasada de Ajonjolí

En el proceso de obtención de la torta desgrasada de ajonjolí amarillo, se utilizó el extrusor de alimentos modelo CRZ019, el cual alcanza temperaturas mayores a los 88 °C.

El procedimiento inicial fue llenar la tolva con la semilla de ajonjolí (*Sesamun indicum* L), en donde se obtuvo un 73% de torta desgrasada y un 27% de aceite. Es importante destacar que el 73% de torta desgrasada aún contenía entre 2 a 3% de aceite en su interior que no pudo ser extraído mediante la máquina utilizada.

La torta desgrasada de ajonjolí previo a cada análisis microbiológico tuvo un proceso de esterilización en autoclave a 165 °C por 15 minutos.

Análisis Microbiológicos a la Torta Desgrasada de Ajonjolí

Los análisis microbiológicos se realizaron en la torta desgrasada de ajonjolí, ya que es el único ingrediente del producto que tuvo que ser procesado y altamente manipulado. Se realizaron análisis de *Escherichia coli* y *Salmonella spp*, bajo la normativa del Reglamento Técnico Centroamericano 67.04.50:08 (RTCA). Además, se evaluaron organismos deterioradores, mesófilos aerobios, enterobacterias, hongos y levaduras, según el documento IFT Microbiological criteria, de la sección M, categoría: Dried Heat Processed Foods 1977.

Se utilizó la técnica de vaciado en placa por duplicado, en donde cada análisis contó con cinco placas Petri cada una, más el duplicado, se obtuvo un total de 10 placas Petri por análisis.

El Cuadro 1, señala los parámetros a cumplir para *Salmonella spp* y *E. coli*, conociendo el rango máximo permitido en el producto según el RTCA 67.04.50:08.

Cuadro 1

Parámetros microbiológicos para Salmonella spp y E.coli, en torta desgrasada.

| Parámetro | Plan de muestreo | | | | Límite | |
|----------------------------|------------------|-------|---|---|----------|------|
| | Tipo de riesgo | Clase | n | c | m | M |
| <i>E. coli</i> | C | 2 | 5 | 0 | Ausencia | ---- |
| <i>Salmonella spp/25 g</i> | C | 2 | 5 | 0 | Ausencia | ---- |

Nota. Adaptado de Criterios Microbiológicos del RTCA, Reglamento Técnico Centroamericano (67.04.50:08), subgrupo de alimento de semillas y nueces. c: tipo de riesgo microbiólogo que comprende que por su naturaleza, composición, proceso, manipulación y población a la que va dirigida, tiene una baja probabilidad de causar daño a la salud, n: indica el número de unidades de muestras a ser analizadas, c: número máximo de unidades de muestra, m: criterio microbiológico por debajo del cual el alimento no representa riesgo, M: indica el valor del parámetro microbiológico máximo permitido en el alimento, spp: subespecie de un género de microorganismos.

El Cuadro 2, señala los parámetros a cumplir para *Salmonella* spp, mesófilos aerobios, enterobacterias, hongos y levaduras, y cuál es rango máximo permitido en el producto de acuerdo con el IFT 1977.

Cuadro 2

Criterios microbiológicos por IFT microbiological criterio, sección M, categoría: Dried Heat Processed Foods, para la barra de torta desgrasa de ajonjolí (Sesamum indicum).

| Parámetros Microbiológicos | | |
|----------------------------|------------------|-------------------------------|
| Análisis | M | M |
| Mesófilos aerobios (APC) | <10 ³ | Variable depende del producto |
| Enterobacterias | <10 | 10 ³ |
| Levaduras | <10 ² | 10 ⁵ |
| Hongos | <10 ² | 10 ⁴ |

Nota. ND: No detectado, UFC: Unidad Formadora de colonia, g: Gramos, m: Criterio microbiológico por debajo del cual el alimento no presenta un riesgo para la salud, M: Criterio microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo a la salud, spp: subespecies de un género de microorganismos.

Salmonella spp.

Se pesaron 25 g de muestra de torta desgrasada de ajonjolí y se agregaron 225 mL de agua peptonada buferada. Luego, se homogenizó en el equipo Stomacher y se dejó reposar durante 20 minutos para que sedimentara. Se tomaron 0.1 mL de la muestra y se inoculó en dos tubos de ensayo con 10 mL de Rappaport y Tetraclonato, los cuales se incubaron a 37 °C durante 24 horas. Después de la inoculación, se homogeneizó el tubo de ensayo y se extrajo con ayuda de un asa microbiológica utilizando la técnica de Fisher, para luego sembrarlo en tres placas Petri con agar Xilosa Lisina, agar

Sulfito Bismuto y agar Entérico Hektoen, las cuales se incubaron a 37 °C durante 24 horas. Se procedió a realizar prueba confirmatoria con agares inclinados de agar lisina, agar triple azúcar y caldo urea, y se realizó una purificación de la placa con agar xilosa lisina utilizando un medio selectivo para obtener colonias puras incubando todos los agares a 37 °C durante 24 horas.

Escherichia Coli.

Se pesaron 10 g de muestra de torta desgrasada de ajonjolí y se mezclaron con 90 mL de agua peptonada. A continuación, se homogenizó la mezcla utilizando un equipo stomacher y se dejó reposar durante aproximadamente 20 minutos, permitiendo que se separe el líquido del material sólido sedimentado. Este paso facilitó la obtención de una muestra representativa de la torta desgrasada. Posteriormente, se extrajo 1 mL de la solución madre y se transfirió a tubos de ensayo que contenían medio Agar Bilis Rojo Violeta (ABRV). Esta extracción representa una dilución de 10^1 . De la dilución anterior 10^1 , se extrajo nuevamente 1 mL y se transfirió a los tubos de ensayo correspondientes, obteniendo así una dilución de 10^2 . Este proceso se repitió para obtener las cinco diluciones por duplicado, llegando a una dilución final de 10^5 . Finalmente, todos los tubos de ensayo, incluyendo las diferentes diluciones, se incubaron a 35 °C durante 24 horas.

Mesófilos Aerobios.

Se pesaron 10 g de muestra de torta desgrasada de ajonjolí y se agregaron 90 mL de agua peptonada. Utilizando el equipo Stomacher, se homogenizó la muestra para facilitar su extracción y luego se dejó reposar durante 20 minutos para permitir que los sólidos se sedimentaran. Se prepararon 5 diluciones duplicadas utilizando el método de dilución en serie, abarcando desde una dilución de 10^1 hasta una dilución de 10^5 . De cada una de las diluciones, se extrajo 1 mL y se colocó en cajas Petri. Posteriormente, se vertió el medio Agar Cuenta Estándar (ACE) previamente preparado en las cajas Petri. Para garantizar una distribución uniforme del inóculo, se agitó suavemente cada caja de Petri con movimientos circulares, de arriba hacia abajo y en sentido contrario. Luego, todas las cajas Petri se incubaron a 35 °C durante 48 horas.

Enterobacterias.

Se pesaron 10 g de la muestra torta desgrasada de ajonjolí y se agregaron 90 mL de agua peptonada con ayuda del equipo Stomacher se homogenizó la muestra para su extracción, dejando reposar durante 20 minutos para que se sedimentara los sólidos, se utilizó el Agar Bilis Rojo Violeta Glucosa (ABRVG), previamente a esto se prepararon cinco diluciones por el método de duplicado cada uno (10^1 a 10^5). De cada una de las diluciones se extrajo 1 mL, y se colocó en las cajas Petri para luego verter el medio ya elaborado, se agitó suavemente con movimientos circulares, de arriba hacia abajo y en sentido contrario, con el fin de que él inóculo este totalmente distribuido, se incubó a 35 °C por 24 horas.

Hongos y Levaduras

Se tomaron 10 g de la muestra de torta desgrasada de ajonjolí y se agregaron 90 mL de agua peptonada. Utilizando el equipo Stomacher, se homogeneizó la muestra para facilitar la extracción, y luego se dejó reposar durante 20 minutos para permitir la sedimentación de los sólidos. Se utilizó Agar Rosa de Bengala y Cloranfenicol (ARBC) como medio de cultivo. Previamente, se prepararon cinco diluciones duplicadas utilizando el método de dilución en serie, abarcando desde una dilución de 10^1 hasta una dilución de 10^5 . De cada una de las diluciones, se extrajo 1 mL y se colocó en cajas Petri. Posteriormente, se vertió el medio ARBC. Para asegurar una distribución uniforme del inóculo, se agitaron suavemente las cajas de Petri con movimientos circulares, de arriba hacia abajo y en sentido contrario. Esto garantizó una distribución homogénea del inóculo en el medio de cultivo. Luego, las cajas Petri se incubaron a una temperatura de 25-30 °C durante 3 a 5 días.

Etapas 2***Pruebas y Formulaciones Preliminares***

Se llevaron a cabo tres pruebas preliminares con el objetivo primordial de establecer las proporciones adecuadas de cada ingrediente tanto para el testigo como para los distintos tratamientos, tal como se señala en el cuadro 3, 4, y 5, con un aumento en el peso la barra de un rango

de 10 a 15 g a medida que cambiaba la prueba preliminar para poder encontrar el grosor adecuado, debido a que la torta desgrasada no posee un alto poder de expansión.

Se utilizó como referencia la Tabla de composición de alimentos de Centroamérica y Panamá (INCAP) en colaboración con la Organización Panamericana de la Salud (OPS), tercera edición del año 2018.

Además de establecer las proporciones de ingredientes, se realizó la estandarización de los parámetros de temperatura y tiempo de cocción. A través de la experimentación y el análisis de los resultados obtenidos, se buscó determinar la mejor combinación de Temperatura y tiempo que garantizara la calidad y consistencia deseada en las barras. Se utilizaron como puntos de referencia las barras comerciales de Nature Valley y Quaker.

Cuadro 3

Formulación base de barra de torta desgrasada de ajonjolí en porciones de 30 g, primer preliminar.

Nota. testigo: tratamiento con 0% de torta desgrasada, T1: tratamiento con 50% de torta de ajonjolí, T2: 55% de torta desgrasada, T3:

| Ingredientes | Testigo (%) | T1 (%) | T2 (%) | T3 (%) |
|------------------------------|-------------|--------|--------|--------|
| Torta desgrasada de ajonjolí | 0 | 50 | 55 | 60 |
| Avena integral | 80 | 35 | 30 | 25 |
| Miel Zamorano | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Semillas de chía | 9 | 4 | 4 | 4 |
| Almendra | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Uvas pasas | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Bicarbonato de sodio | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| Extracto de vainilla | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 |

tratamiento con 60% de torta desgrasada de ajonjolí.

Cuadro 4

Formulación de barra torta desgrasada de ajonjolí en porciones de 40 g, del segundo preliminar.

| Ingredientes | Testigo (%) | T1 (%) | T2 (%) | T3 (%) |
|------------------------------|-------------|--------|--------|--------|
| Torta desgrasada de ajonjolí | 0 | 40 | 45 | 50 |
| Avena integral | 78 | 39 | 34 | 29 |
| Miel Zamorano | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Semillas de chía | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Almendra | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Uvas pasas | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Bicarbonato de sodio | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| Extracto de vainilla | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 |

Nota. testigo: tratamiento con 0% de torta desgrasada, T1: tratamiento con 40% de torta de ajonjolí, T2: 45% de torta desgrasada, T3: tratamiento con 50% de torta desgrasada de ajonjolí.

Cuadro 5

Tercera formulación de la barra torta desgrasada de ajonjolí en porciones de 55g con base a pruebas preliminares.

| Ingredientes | Testigo (%) | T1 (%) | T2 (%) | T3 (%) |
|------------------------------|-------------|------------|------------|------------|
| Torta desgrasada de ajonjolí | 0 | 29 | 33 | 36 |
| Avena integral | 55 | 25 | 22 | 18 |
| Miel Zamorano | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Semillas de chía | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Almendra | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Uvas pasas | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Bicarbonato de sodio | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Extracto de vainilla | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 |

Nota. testigo: tratamiento con 0% de torta desgrasada, T1: tratamiento con 29% de torta de ajonjolí, T2: 33% de torta desgrasada, T3: tratamiento con 36% de torta desgrasada de ajonjolí.

Proceso de Elaboración de las Barras.

A continuación, se detallan las etapas del proceso que se llevó a cabo para la elaboración de las barras como ilustra la Figura 1:

Pre calentamiento del Horno.

El horno se precalentó durante 10 minutos a una temperatura de 150 °C para asegurar que esté adecuadamente caliente antes de comenzar el proceso de cocción.

Pesado de Materia Prima.

Se realizó el pesado de las materias primas líquidas (miel y esencia de vainilla) y sólida (torta desgrasada, uvas pasas, almendras, semilla de Chía, avena y bicarbonato de sodio) según las cantidades requeridas en las formulaciones.

Mezclado de Ambas Materias.

Se llevó a cabo la mezcla de la materia prima líquida y sólida en un recipiente, con el fin de que obtener una mezcla homogénea y uniforme de los todos los ingredientes.

Moldeado.

Una vez que la mezcla estaba lista, se procedió al moldeado del producto. Esto implica darle la forma deseada a la masa en los moldes de barras con unas dimensiones de 10 cm de largo y 4 cm de ancho y 1 cm de altura, para su posterior cocción.

Horneado.

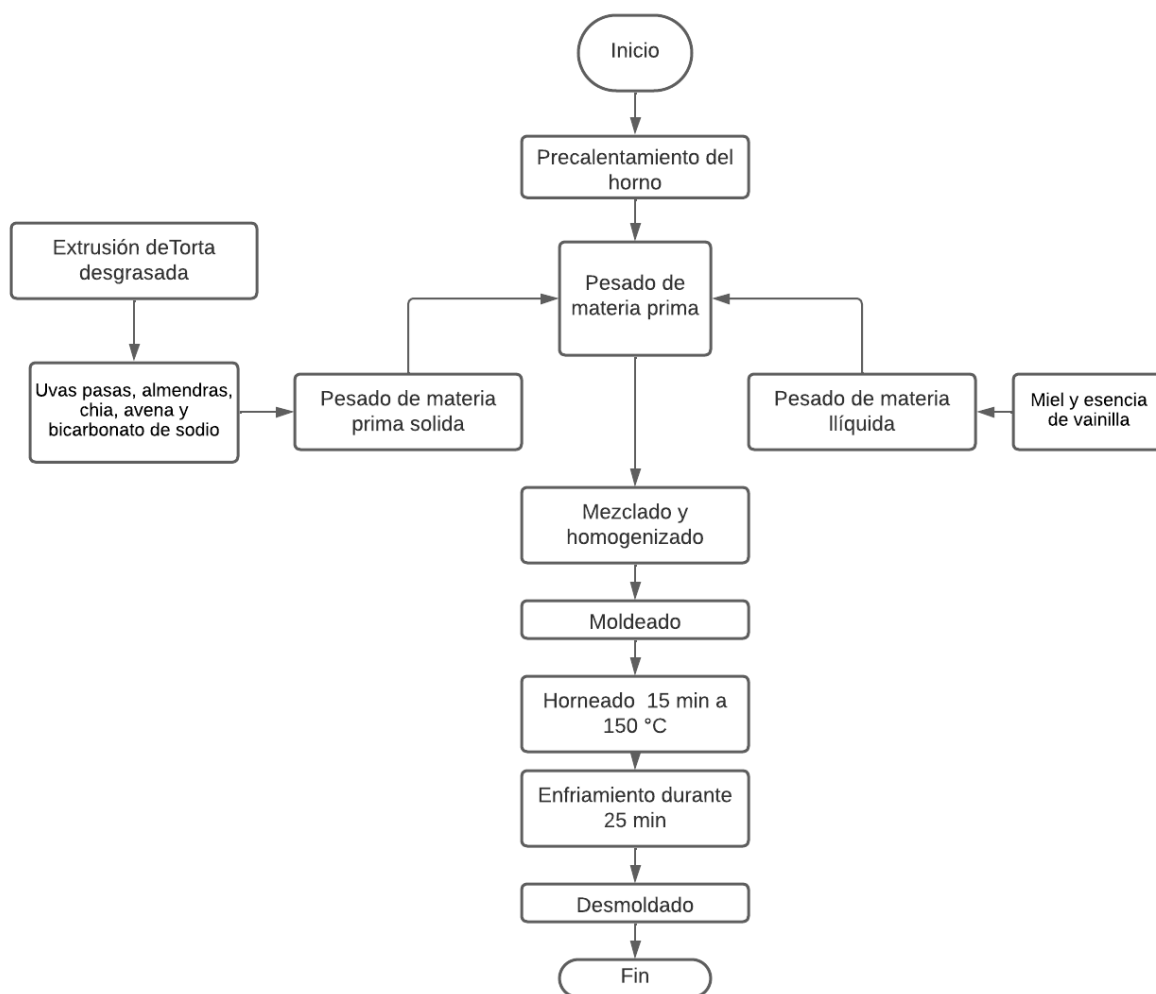
Los productos moldeados se introdujeron en el horno turbo lino a gas precalentado a 150 °C y se hornean durante 15 minutos para lograr la cocción completa.

Enfriado.

Una vez finalizado el horneado, se retiraron los productos del horno y se dejaron enfriar de 25 a 30 minutos a temperatura ambiente. Esto permitió que los productos se endurecieran y adquirieran la textura final.

Figura 1

Flujo de proceso para la elaboración de barras.



Análisis Sensorial de Barras de Torta Desgrasada de Ajonjolí

Para el análisis afectivo de aceptación, participaron 74 panelistas no entrenados, de las edades de 30 años en adelante, se valoraron los atributos sensoriales de apariencia, color, olor, sabor, textura, dulzura y aceptación general. Se usó una escala hedónica de 9 puntos; siendo 1 el valor que indique “Me disgusta extremadamente”, 2 “me disgusta mucho”, 3 “Me disgusta moderadamente”, 4 “Me disgusta poco”, 5 “No me gusta ni me disgusta”, 6 “Me gusta poco”, 7 “me gusta moderadamente”, 8 “Me gusta mucho” y finalmente 9 “Me gusta extremadamente”.

En la prueba afectiva de preferencia por ordenamiento, se pidió a los panelistas que ordenaran las muestras de acuerdo con su preferencia, utilizando números como guía. Se asignó el número 1 a la muestra mayor preferida y el número 4 a la muestra de menor preferencia.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Para las pruebas de aceptación se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), en el cual se evaluaron cuatro tratamientos, incluyendo un tratamiento testigo. Se obtuvieron un total de 12 unidades experimentales para llevar a cabo el análisis sensorial. Los datos recopilados fueron analizados utilizando el programa SAS versión 9.4

Para los análisis estadísticos, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de 95%. Además, se utilizó la prueba de separación de medias de Duncan para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos.

Para las pruebas de preferencia se utilizó la prueba no paramétrica de Basker y Kramer.

Etapas 3

Análisis Físicoquímicos

Se realizó un análisis físicoquímico al tratamiento de mayor aceptación por parte de los panelistas y del testigo, en el cual se evaluó:

Textura.

Se utilizó el medidor de textura Brookfield CT3. Se midió dureza (N) y trabajo (N.m). Para las barras se utilizó la sonda de corte TA-SBA con el método TA-52.

Contenido de Calcio

Se empleó el método oficial AOAC 985.35, utilizando espectrometría de absorción atómica.

Proteína Cruda.

El contenido de proteína cruda se determinó usando el método Kjeldhal (AOAC 2001.11), que consta de tres fases: digestión, destilación y titulación. Se calculó con la siguiente ecuación:

$$\%N = \text{HCL} * \frac{T_c}{M} * \frac{14 \text{ g}}{\text{mol}} * 100 \quad [1]$$

$$\% \text{ Proteína} = \%N * 6.25$$

Donde:

Tc= Volumen de ácido corregido, L

N= Normalidad del ácido clorhídrico estandarizado, N

M= Peso de la muestra, g

Perfil de Ácidos Grasos cis y Trans.

Se utilizó el cromatógrafo de gases Agilent 7890 con detector FID y automuestreador para determinar el perfil de ácidos grasos cis y trans. Los métodos ISO 5509, AOCS Ce 2b 11 y AOCS Ce 1j-07 se emplearon para obtener resultados confiables sobre los ácidos grasos presentes en las muestras.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

En los análisis fisicoquímicos se utilizó una comparación de muestras independientes Test-T en donde se evaluaron cada análisis por método de duplicado. Los datos recopilados fueron analizados utilizando el programa SAS versión 9.6.

Etiqueta Nutricional

La etiqueta nutricional fue generada utilizando el programa Food Processor™, disponible en el laboratorio de nutrición humana, la etiqueta corresponde al tratamiento testigo con 0% y al tratamiento T2 con 33% de torta desgrasada, tales como se ilustran en la figura 3 y 4.

Se procedió a ingresar al programa Food Processor™, en donde se formuló la receta para el etiquetado, para ello se tuvo que buscar cada ingrediente en su base de datos y establecerlo de acorde las medidas correspondientes con cada ingrediente, para finalmente obtener la etiqueta nutricional con los nutrientes específicos.

Análisis Económico

Se llevó a cabo un análisis de costos variables de formulación a escala piloto para la barra que obtuvo la mayor aceptación por parte de los panelistas, en donde se consideró los costos de cada ingrediente previamente cotizados en el Market Zamorano, a excepción de la semilla de ajonjolí cuyo valor fue cotizado en el mercado de Tegucigalpa.

Etapa 4

Reformulación del Tratamiento de Mayor Aceptación y Análisis Sensorial Afectivo

Al tratamiento de mayor aceptación y tomando como referencia los comentarios de los panelistas, se le hizo una reformulación en los ingredientes y de técnicas de preparación con el fin de mejorar su potencial en base a las características sensoriales del producto, teniendo en cuenta que las modificaciones no afecten sus propiedades nutricionales.

Para el análisis sensorial se contó con la participación de 20 panelistas no entrenados, en edades de 30 años en adelante, en donde se valoraron las características de apariencia, color, olor, sabor, textura, dulzura y aceptación general. Se usó una escala hedónica de 9 puntos; siendo 1 el valor que indique “Me disgusta extremadamente”, 2 “me disgusta mucho”, 3 “Me disgusta moderadamente”, 4 “Me disgusta poco”, 5 “No me gusta ni me disgusta”, 6 “Me gusta poco”, 7 “me gusta moderadamente”, 8 “Me gusta mucho” y finalmente 9 “Me gusta extremadamente”.

Diseño Estadístico Para la Reformulación

Para el análisis de los datos del análisis sensorial de aceptación de la reformulación, se utilizó una T students. El objetivo era analizar los puntos en la escala hedónica, teniendo en cuenta las medias de cada característica.

Los resultados se presentaron en gráficos de araña que permitieron visualizar y comparar de manera efectiva las diferencias entre el tratamiento original y el reformulado en términos de las características evaluadas en la escala hedónica.

Resultados y Discusión

Etapa 1

Análisis Microbiológicos de la Torta Desgrasada

Los análisis de mesófilos aerobios (Cuadro 6) se encuentran dentro de los rangos aceptables, con un recuento de 5,000 UFC/g en la dilución 10^3 . En el recuento de enterobacterias se determinó la ausencia de este microorganismo. En los análisis de hongos y levaduras, obtuvimos unos resultados de 10 ufc/g en la dilución 10^1 , pero estos recuentos no fueron significativos para general algún problema a la salud. Los resultados cumplen con los criterios microbiológicos establecidos por el IFT para la torta desgrasada de ajonjolí, estos resultados son esperados debido a que se esterilizó la muestra previa a su análisis, tal como menciona Baigorri Guerra (2015), que la aplicación esterilización se hace con el fin de eliminar microorganismos patógenos y deterioradores.

Cuadro 6

Conteo de Mesófilos aerobios, Enterobacterias, Hongos y Levaduras en torta desgrasada de ajonjolí por criterios del IFT

| Análisis | Parámetros Microbiológicos | | Recuentos obtenidos |
|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| | m | M | |
| Mesófilos aerobios (APC) | $<10^3$ | Variable depende del producto | 5000 UFC/g |
| Enterobacterias | <10 | 10^3 | Ausencia |
| Levaduras | $<10^2$ | 10^5 | 10 UFC/g |
| Hongos | $<10^2$ | 10^4 | 10 UFC/g |

Nota. ND: No detectado, UFC: Unidad Formadora de colonia, g: Gramos, m: Criterio microbiológico por debajo del cual el alimento no presenta un riesgo para la salud, M: Criterio microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo a la salud.

En el caso de *E. coli*, las diluciones 10^1 a 10^5 no presentaron fermentación de lactosa, lo que indica la ausencia de este microorganismo, estos resultados fueron iguales a los reportados por Rubio Granero et al. (2019), lo cual señala que al esterilizar con temperaturas mayores a los 55 °C, se encuentra el punto térmico mortal de *Escherichia coli*. Para *Salmonella spp.*, se observó ausencia en los medios de cultivo lisina, triple azúcar y caldo urea, y no se observaron características típicas de *Salmonella*, como coloraciones positivas de tendencias a color rojo, además se obtuvo una producción de gas que no es típico de *Salmonella spp.*

El cuadro 7 muestra los resultados de la materia prima torta desgrasada de ajonjolí, donde se obtuvieron resultados negativos para *Salmonella spp* y *Escherichia coli*.

Cuadro 7

Conteo de Salmonella spp y E. coli, en torta desgrasada de ajonjolí, bajo los criterios del RTCA.

| Parámetro | Plan de muestreo | | | Límite | | |
|----------------------------|------------------|-------|---|--------|----------|------|
| | Tipo de riesgo | Clase | n | c | m | M |
| <i>E. coli</i> | C | 2 | 5 | 0 | Ausencia | ---- |
| <i>Salmonella spp/25 g</i> | C | 2 | 5 | 0 | Ausencia | ---- |

Nota. ND: No detectado, UFC: Unidad Formadora de colonia, g: Gramos, n: número de unidades de muestras a ser analizadas, c: número máximo de muestras, m: Criterio microbiológico por debajo del cual el alimento no presenta un riesgo para la salud, M: Criterio microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo a la salud.

Primer Preliminar

Se evaluaron distintas proporciones de torta desgrasada de ajonjolí en los tratamientos de 0%, 50%, 55% y 60%, con un aumento incremental del 5% en cada tratamiento. No obstante, todos los tratamientos resultaron insuficientes para lograr la textura deseada debido a la limitada cantidad de miel presente (solamente el 10% del contenido total de la barra). Esta carencia provocó una cohesión deficiente de la barra y su consecuente incapacidad de desmoldeado sin fracturas. Las barras obtenidas presentaron un peso final de 30 g, mostrando dimensiones inferiores en comparación con las variantes comerciales, atribuible a la limitada expansión inherente de la torta desgrasada de ajonjolí.

factores de tiempo y temperatura en el horno también resultaron relevantes. Se trabajó con una temperatura de 165 °C durante 25 a 30 minutos, seguido de un reposo de 15 a 20 minutos para enfriar las barras. Sin embargo, se constató que estos factores sobre cocinaban los ingredientes de la barra, y la torta desgrasada adquiría un sabor amargo, se observó que utilizar más del 50% de este ingrediente en cada tratamiento afectaba el sabor, volviéndolo amargo y fuerte, lo cual no era agradable al paladar, aunque los sabores que poseen son característico a maní o nueces cuando se sobre cocinan como indica Delgado et al. (2018).

Segundo Preliminar

Se aumentaron 10 g al peso de la barra, resultando un peso neto de 40 g por barra, pero se redujo en un 10% la concentración de la torta desgrasada. Los tratamientos incluyeron una muestra testigo con 0% de concentración, seguida de incrementos graduales de 5%, alcanzando concentraciones del 40%, 45% y 50%. Además, se incrementó gradualmente un 5% la cantidad de miel, lo que resultó en un sabor poco dulce que se notaba de manera progresiva a comparación del primer preliminar, aunque era opacado por la torta desgrasada, generando un sabor neutro.

Al igual que en los resultados obtenidos en la primera prueba preliminar, se observaron resultados similares en cuanto a la textura, que continuaba siendo poco esponjosa. Sin embargo, se logró desmoldar sin que se rompiera, aunque la textura aún no era firme. En cuanto al tiempo de cocción, se redujo la temperatura en 5 °C y el tiempo se disminuyó en 5 minutos, pasando de 25 a 20 minutos. A pesar de estos ajustes, todavía se percibía una ligera sobrecocción.

Tercer Preliminar

Se incrementó el peso final de la barra a 55 g (Cuadro 8), se redujo la cantidad de torta desgrasada de ajonjolí en un 11 a 15% y se aumentó la proporción de miel en un 15% y otros ingredientes a un 2%. Además, se ajustó el tiempo y la temperatura de cocción a 150 °C durante 15 minutos, manteniendo el reposo de 15 minutos, ya que esta configuración no sobre cocinaba las barras y mejoraba significativamente su textura y sabor.

Cuadro 8

Formulación final para análisis sensorial

Nota. testigo: tratamiento con 0% de torta desgrasada, T1: tratamiento con 29% de torta de ajonjolí, T2: 33% de torta desgrasada, T3:

| Ingredientes | Testigo (%) | T1 (%) | T2 (%) | T3 (%) |
|------------------------------|-------------|--------|--------|--------|
| Torta desgrasada de ajonjolí | 0 | 29 | 33 | 36 |
| Avena integral | 55 | 25 | 22 | 18 |
| Miel Zamorano | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Semillas de chía | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Almendra | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Uvas pasas | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Bicarbonato de sodio | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Extracto de vainilla | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 |

tratamiento con 36% de torta desgrasada de ajonjolí.

Etapa 2

Análisis Sensorial de Aceptación y Preferencia

Los resultados mostrados en el Cuadro 9 y Cuadro 10 representan las medias de cada atributo en una escala hedónica de 9 puntos. Se observó que el tratamiento T2 con 33% de torta desgrasada de ajonjolí fue el más aceptado y preferido, es importante destacar que se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los diferentes tratamientos.

Apariencia y Color.

La apariencia y el color son atributos importantes evaluados por los panelistas, ya que generan la primera impresión visual del producto y pueden influir en su aceptación general, incluso antes de probarlo (Flores Vera, 2015). Durante el estudio, se observaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (Cuadro 9). El tratamiento T1, T2 y T3 no fueron diferentes entre ellos calificados como “Me gusta moderadamente”, pero sí con el tratamiento testigo evaluado como “Me gusta poco”. Estos resultados pueden deberse, a que en el tratamiento testigo se visualizaba los ingredientes debido al color naranja que presentaba, lo que pudo influir en la aceptación por los panelistas. En los tratamientos (T1, T2 y T3) la adición de torta desgrasada en diferentes concentraciones de (29, 33 y 36%) , generó un color marrón, que no influyó en la aceptación de los atributos de apariencia y color, este comportamiento concuerda con lo reportado por Medina Herrera (2006) en barras de frijol y granola, en la cual las barras de frijol, sin importar la concentración que tuviesen, fueron evaluadas de manera equitativa porque todas presentaban la isma tonalidad de color, en comparación con la variedad de granola que se destacaba por su coloración amarilla.

Textura.

No se encontraron diferencias significativas en cuanto a este atributo entre los tratamientos T1 y T2 calificados como “Me gusta moderadamente”. Sin embargo, ambos tratamientos T1 y T2 difirieron estadísticamente del tratamiento testigo y del T3 evaluado como “Me gusta poco”. Estas diferencias se deben a que el tratamiento T3 contenía el mayor porcentaje de torta desgrasada (36%) que le permitían ser más firmes y menos susceptibles a desbaratar al igual que el testigo que se

elaboró con avena integral, por tales motivos entre estos dos tratamientos no se encontraron diferencias estadísticas. Este resultado concuerda con lo mencionado por Meade et al. (2019) en sus estudios sobre el perfil de textura de barras energéticas, en donde se destaca que la base y la proporción del ingrediente de cada barra afectan proporcionalmente a su textura final, por lo tanto, al tener mayor concentración de torta en el tratamiento T3 y avena integral en el testigo estas variables difieren del tratamiento T1 y T2 que usa una concentración menor de torta desgrasada y menor concentración de avena integral.

Sabor.

Se encontraron diferencias significativas en la aceptación del sabor entre los diferentes tratamientos (cuadro 10). El tratamiento T2, que contenía un 33% de torta desgrasada de ajonjolí, recibió la mejor calificación como "Me gusta moderadamente". Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T1 y el tratamiento T3, ya que ambos fueron evaluados como "Me gusta poco".

Sin embargo, todos los tratamientos con torta desgrasada T1, T2 y T3 difirieron significativamente del tratamiento testigo, que no contenía torta desgrasada de ajonjolí y fue calificado como el peor en este aspecto, siendo descrito como "No me gusta ni me disgusta", esto se debe a que el edulcorante (miel) que aportaba sabor a la barra era absorbida rápidamente por la avena integral, lo que hacía que no existiera una distribución homogénea haciendo que pedazos de la barra queden un poco simple de sabor. Es relevante mencionar que los panelistas incluyeron comentarios sobre el sabor del T2, señalando que era ligeramente amargo, pero este sabor lo atribuyeron a que es una característica típica de las barras nutricionales, el sabor residual del amargor se debe a la presencia de ácidos oxálicos en la cubierta de la semilla, como lo señalaron Queiroga et al. (2018).

Dulzura.

Existió diferencias significativas en la aceptación de dulzura entre el testigo y los tratamientos con torta desgrasada (cuadro 10). Los tratamientos T1 y T3 con torta desgrasada de ajonjolí, obtuvieron la misma calificación y no fueron diferentes entre ellas, catalogándola como "Me gusta

poco", pero sí fueron diferentes al tratamiento testigo, con 0% de torta desgrasada de ajonjolí, que fue evaluado como "No me gusta ni me disgusta", esto se debe que, aunque la proporción de miel 25% fue igual para el tratamiento testigo, T1, T2 y T3, el ingrediente base opacó la dulzura. En el caso del testigo la avena integral absorbía rápido la miel en su estructura por lo que quedaba un poco insípida, y en ocasiones el panelista comentaba "Está muy simple y seca", mientras tanto el dulzor de la miel si influyó en la concentración de torta desgrasada, el T2 fue el mejor evaluado esto pudo deberse a que su composición de 33% de torta desgrasada halló un equilibrio entre el amargor y el dulzor de la miel provocando se permitiendo que se pronunciará un poco más el sabor dulce.

Aceptación General.

En general, el tratamiento T2 fue el más destacado en cada característica, y estadísticamente fue diferente del T1 y T3; el testigo fue el menos aceptado en todos los atributos y fue evaluado como "No me gusta ni me disgusta".

Cuadro 9

Resultados del análisis sensorial para los atributos: apariencia, textura y color de barras de torta desgrasada de ajonjolí.

| | Apariencia | Color | Textura |
|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Tratamientos | Media ± D.E. | Media ± D.E. | Media ± D.E. |
| Testigo | 6.49 ± 1.55 b | 5.60 ± 1.20 b | 6.11 ± 1.36 b |
| T1 | 6.76 ± 1.30 a | 6.78 ± 1.01 a | 6.74 ± 1.24 a |
| T2 | 7.09 ± 1.21 a | 7.21 ± 1.00 a | 6.90 ± 1.41 a |
| T3 | 6.86 ± 1.20 a | 6.72 ± 1.27 a | 6.31 ± 1.35 b |
| C.V.% | 17.87 | 25.87 | 15.83 |

Nota. Las letras a, b y c, en la misma columna, indican las diferencias estadísticas significativas de cada tratamiento ($P \leq 0.05$). D.E.: desviación Estándar. C.V.%: coeficiente de variación. Testigo: 0% de torta desgrasada de ajonjolí, T1: 29% de torta desgrasada de ajonjolí, T2: 33% de torta desgrasada de ajonjolí, T3: 36% de torta desgrasada de ajonjolí. Escala hedónica: 1 "me disgusta extremadamente", 2 "me disgusta mucho", 3 "me disgusta moderadamente", 4 "me disgusta poco", 5 "no me gusta ni me disgusta", 6 "me gusta poco", 7 "me gusta moderadamente", 8 "me gusta mucho" y 9 "me gusta extremadamente".

Cuadro 10

Resultados del análisis sensorial para los atributos: sabor, dulzura y aceptación de barras de torta desgrasada de ajonjolí.

| Tratamientos | Sabor | Dulzura | Aceptación |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Media \pm D.E. | Media \pm D.E. | Media \pm D.E. |
| Testigo | 5.36 \pm 1.85 c | 5.29 \pm 1.71 c | 5.60 \pm 1.51 c |
| T1 | 6.47 \pm 1.30 b | 6.28 \pm 1.58 b | 6.78 \pm 1.04 b |
| T2 | 7.09 \pm 1.47 a | 6.66 \pm 1.56 a | 7.21 \pm 1.27 a |
| T3 | 6.51 \pm 1.00 b | 6.21 \pm 1.49 b | 6.72 \pm 1.06 b |
| CV% | 18.25 | 17.97 | 16.55 |

Nota. Las letras a, b y c, en la misma columna, indican las diferencias estadísticas significativas de cada tratamiento ($P \leq 0.05$). D.E.: desviación Estándar. CV%: coeficiente de variación. Testigo: 0% de torta desgrasada de ajonjolí, T1: 29% de torta desgrasada de ajonjolí, T2: 33% de torta desgrasada de ajonjolí, T3: 36% de torta desgrasada de ajonjolí. Escala hedónica: 1 “me disgusta extremadamente”, 2 “me disgusta mucho”, 3 “me disgusta moderadamente”, 4 “me disgusta poco”, 5 “no me gusta ni me disgusta”, 6 “me gusta poco”, 7 “me gusta moderadamente”, 8 “me gusta mucho” y 9 “me gusta extremadamente”.

Análisis de Correlación de Atributos de Análisis Sensorial de Barra de Torta Desgrasada de Ajonjolí

En el Cuadro 11 se observa que hubo correlación entre todos los atributos con la aceptación general ($P \leq 0.05$), excepto en el atributo de apariencia y color para el tratamiento testigo. En el tratamiento testigo los atributos de textura y dulzura presentaron una correlación positiva media (0.5 - 0.79), mientras que el atributo de sabor presentó una correlación positiva baja (< 0.5). El tratamiento T1 con 29% de torta desgrasada de ajonjolí, los atributos textura y sabor mostraron una correlación positiva media (0.5 - 0.79), mientras que los atributos apariencia, color y dulzura mostraron una correlación positiva baja (< 0.5). para el tratamiento T2 con 33% de torta desgrasada de ajonjolí, los atributos de apariencia y color mostraron una correlación positiva baja (< 0.5), a excepción del atributo textura, sabor y dulzura con correlación positiva media (0.5 - 0.79). Finalmente, el tratamiento T3 con 36% de torta desgrasada de ajonjolí mostró una correlación positiva baja (< 0.5), en los atributos de color, textura, sabor y dulzura, a comparación del atributo apariencia con correlación positiva media (0.5 - 0.79).

Cuadro 11

Análisis de correlación de cada atributo de la barra de torta desgrasada de ajonjolí y los tratamientos con la aceptación general.

| Coeficiente de Pearson en Correlación, N=74 | | | | | |
|---|------------|---------|---------|---------|---------|
| Aceptación general | Apariencia | Color | Textura | Sabor | Dulzura |
| Testigo | 0.00461 | 0.01248 | 0.62337 | 0.32005 | 0.66304 |
| Probabilidad | 0.9691 | 0.9166 | <.0001 | 0.0058 | <.0001 |
| T1 | 0.47113 | 0.42719 | 0.53604 | 0.53167 | 0.49658 |
| Probabilidad | <.0001 | 0.0001 | <.0001 | <.0001 | <.0001 |
| T2 | 0.49391 | 0.39023 | 0.58749 | 0.56965 | 0.6733 |
| Probabilidad | <.0001 | 0.0006 | <.0001 | <.0001 | <.0001 |
| T3 | 0.5086 | 0.26435 | 0.42998 | 0.45857 | 0.49475 |
| Probabilidad | <.0001 | 0.0228 | 0.0001 | <.0001 | <.0001 |

Nota. Testigo: 0% de torta desgrasada de ajonjolí, T1: 29% de torta desgrasada de ajonjolí, T2: 33% de torta desgrasada de ajonjolí, T3:

36% de torta desgrasada de ajonjolí.

Pruebas de Preferencia

La prueba sensorial de preferencia por ordenamiento nos permite conocer el tratamiento preferido por los panelistas. El valor crítico obtenido fue de 39.2, lo cual fue obtenida con relación al número de panelistas y tratamientos. El Cuadro 12 indica que el Tratamiento 2 con 33% de torta desgrasada de ajonjolí obtuvo mayor preferencia a comparación del testigo y el tratamiento 1 y 3. El tratamiento testigo y los Tratamientos 1 y 3 no fueron diferentes estadísticamente en cuanto a preferencia.

Cuadro 12

Organización de resultados de la prueba de categoría de preferencia usando prueba de Basker y

Kremer.

| Formulación | Suma de categoría | Testigo | T1 | T2 | T3 |
|-------------|-------------------|---------|-----|-----|-----|
| | | 224 | 191 | 125 | 200 |
| Testigo | 224 | 0 | 33 | 99 | 24 |
| T1 | 191 | -33 | 0 | 66 | -9 |
| T2 | 125 | -99 | -66 | 0 | -75 |
| T3 | 200 | -24 | 9 | 75 | 0 |

Nota. testigo: tratamiento con 0% de torta desgrasada, T1: tratamiento con 29% de torta de ajonjolí, T2: 33% de torta desgrasada, T3: tratamiento con 36% de torta desgrasada de ajonjolí.

Análisis Fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos se realizaron para el tratamiento testigo con 0% de torta desgrasada y el tratamiento T2 con 33% de torta desgrasada.

Textura

El Cuadro 13 muestra resultados para las variables dureza y trabajo, cuyas medias tiene diferencias entre el tratamiento testigo y el tratamiento T2, que se atribuyen a que, en el caso del tratamiento testigo, la composición mayormente compuesta por avena integral (55%), lo que resultó en una textura más firme y rígida. Como resultado, el equipo no pudo determinar un valor específico, indicando únicamente que la presión ejercida superaba los 50 N (Newton), y el equipo no tenía la capacidad de ejercer más fuerza sobre la barra. En contraste, en la barra T2, se lograron obtener mediciones de textura, ya que esta presentaba una consistencia más suave y menos rígida. Este comportamiento se alinea con lo mencionado por Rodríguez et al. (2018) en las descripciones de las características de tortas desgrasadas, especialmente en el caso de la torta de maní inca (*Plukenetia volubilis* L.), que tiende a poseer una textura blanda, además Bravo Rodríguez y Ortega Rojas (2017) mencionan que las tortas desgrasadas en general suelen tener una textura expandida permitiéndolo ser homogénea lo que facilita su suavidad y corte, por tales motivo se obtuvo un resultado de una fuerza de 41.18 (N).

Cuadro 13

Resultados análisis de textura de barra de torta desgrasada de ajonjolí.

| Tratamientos | Dureza (N) Media ± D.E. | Trabajo (N.m) Media ± D.E. |
|--------------|----------------------------|-------------------------------|
| Testigo | >50 | >50 |
| T2 | 41.18 ± 1.23 | 0.26 ± 0.04 |
| CV% | 2.98 | 12.86 |

Nota. D.E.: desviación Estándar. C.V.%: coeficiente de variación. Testigo: 0% de torta desgrasada de ajonjolí, T2: 33% de torta desgrasada de ajonjolí. N: Newton. N.m: Newton por metro.

Proteína.

Se observó un contenido de proteína significativo tanto en el testigo como en el tratamiento T2, como se detalla en el Cuadro 14. Con relación al testigo, la cantidad de proteína derivada de la

avena integral fue menor que la registrada en el tratamiento T2, que muestra diferencia significativa. Esta discrepancia puede atribuirse a las afirmaciones de Guerra y Alvarado (2022), quienes indican que el contenido de proteína en las semillas de sésamo aumenta cuando se les extrae la grasa, ellos obtuvieron un valor de 20 g de proteína total en torta desgrasada en su investigación. Los resultados obtenidos respaldan esta correlación, ya que al utilizar un 33% de torta desgrasada es un equivalente de 6 g/100 g. Similarmente, en el tratamiento T2 se obtuvieron 5 gramos totales de proteína, similares a los resultados de dicha investigación.

Cuadro 14

Resultados de análisis de proteína cruda de la barra de torta desgrasada de ajonjolí.

| Tratamientos | Proteína (%) ± D.E. |
|--------------|--------------------------|
| Testigo | 5.40 ± 0.10 ^b |
| T2 | 8.47 ± 0.13 ^a |
| P | <.0001 |
| CV% | 1.58 |

Nota. Las letras a, b y c, en la misma columna, indican las diferencias estadísticas significativas de cada tratamiento ($P \leq 0.05$). D.E.: Desviación estándar. C.V.%: coeficiente de variación. P: probabilidad. Testigo: 0% de torta desgrasada de ajonjolí, T2: 33% de torta desgrasada de ajonjolí.

Contenido de Calcio.

El Cuadro 15 exhibe una diferencia significativa en el contenido de calcio entre el tratamiento testigo, que no contiene torta desgrasada de ajonjolí (0%) con 25.5 mg por una porción de 55g, y el tratamiento T2 con 33% de torta desgrasada con un promedio de 222.5 mg por una porción de 55g. En el caso del tratamiento testigo sin torta desgrasada de ajonjolí, el calcio se proviene principalmente de la avena integral, que representa el 55% de la composición total. Se observa un promedio de 25.5 mg/55 g de calcio correspondiente al tratamiento testigo, estos resultados son muy parecido a lo que señala la tabla de composición de alimentos INCAP (2018), en donde indica que la avena aporta 54 mg/100 g, en este caso como solo se utilizó el 55% de esta su aporte sería aproximadamente de 29.7 mg/55 g, como podemos observar solo se muestra una diferencia de 4.2 mg de calcio comparándolo con la literatura.

En el tratamiento T2, que contiene un 33% de torta desgrasada de ajonjolí, el calcio proviene de la torta desgrasada como ingrediente principal, cabe recalcar que el ajonjolí aporta 967 mg de calcio por cada 100 g de semilla de ajonjolí (*Sesamun indicum* L.). Se obtuvo un promedio de 222.5 mg/55 g de calcio, mayor al tratamiento testigo con 0% de torta desgrasada, siendo efectivo el uso de torta desgrasada para poder incrementar los mg de calcio, considerando que el cuerpo humano debe consumir un promedio de 800 mg por de calcio por día según lo señalado (National Institutes of Health [NIH], 2021, p. 1).

Cuadro 15

Resultados de análisis de calcio de barra de torta desgrasada de ajonjolí por porción (55g).

| Tratamientos | Calcio (mg/55 g) Media \pm D.E. |
|--------------|--------------------------------------|
| Testigo | 25.5 \pm 0.11 ^b |
| T2 | 222.5 \pm 1.24 ^a |
| P | <.0001 |
| CV% | 1.12 |

Nota. Las letras a, b y c, en la misma columna, indican las diferencias estadísticas significativas de cada tratamiento ($P \leq 0.05$). D.E.: Desviación estándar. C.V.%: coeficiente de variación. Testigo: 0% de torta desgrasada de ajonjolí, T2: 33% de torta desgrasada de ajonjolí.

Perfil de Ácidos Grasos.

El Cuadro 16 presenta la composición de ácidos grasos tanto en el tratamiento testigo como en el tratamiento T2, en el cual se añadió un 33% de torta de ajonjolí. Ambos tratamientos exhiben un perfil similar de grasas saturadas, en donde estadísticamente no existen diferencias significativas como señala el mismo cuadro, se pudo encontrar principalmente ácido hexadecanoico (palmítico) con un 11.55% para el tratamiento testigo y un 8.44% para el tratamiento T2, mientras que para grasa monoinsaturada de ácido octadecenoico (oleico), en donde ambos tratamientos es el de mayor predominancia con un 50.19% para el tratamiento testigo y 47.72% para el tratamiento T2, seguidos del ácido octadecadienoico (Alfa Linoleico) como grasa poliinsaturada con un 33.24% para el tratamiento testigo y un 38.44% para el tratamiento T2.

Estos ácidos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados coinciden con los resultados de Ruiz Mora , quienes indicaron que los principales ácidos y de mayor abundancia de las semillas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) en su composición lipídica son el ácido oleico, palmítico y esteárico,

además estos ácidos grasos son habituales en las semillas y en avena, y en este contexto, al emplear semillas de chía, avena y torta de ajonjolí desgrasada, como base para la formación de la barra, concuerdan con los obtenidos por Alvites Misajel (2017), en donde también destacó estos ácidos en su perfil de nutrientes tanto en chía (*Salvia hispánica*) como para sésamo (*Sesamum indicum L.*).

Cuadro 16

Resultado del análisis de perfil de ácidos grasos de la barra de torta desgrasada de ajonjolí.

| Ácidos grasos | Testigo Media (%) | T2 Media (%) |
|---|-------------------|--------------|
| Total grasa saturada | 16.03 | 13.73 |
| Ácido dodecanoico (Láurico) | 0.74 | 0.29 |
| Ácido tetradecanoico (Mirístico) | 0.48 | 0.44 |
| Ácido Hexadecanoico (Palmítico) | 11.55 | 8.44 |
| Ácido octadecanoico (Esteárico) | 3.25 | 4.56 |
| Total grasa monoinsaturada | 50.74 | 47.82 |
| Ácido hexadecenoico (Pamitoleico) | 0.55 | 0.48 |
| Ácido octadecenoico (Oleico) | 50.19 | 47.34 |
| Total grasa poliinsaturada | 33.24 | 38.44 |
| Ácido octadecadienoico (Alfa linoleico) | 33.24 | 38.44 |
| Total | 100 | 100 |
| Probabilidad | | 0.9999 |
| | | ND |

Nota. ND: no hay diferencia. Testigo: barra con 0% de torta desgrasada, T2: barra con 33% de torta desgrasada de ajonjolí.

Etiqueta Nutricional.

La etiqueta del testigo, que contiene 0% de torta desgrasada de ajonjolí en una porción de 55 g, aporta 210 calorías, según lo indica la figura 2. Presenta dos nutrientes de alta importancia: fibra y hierro. La primera proviene de la avena integral cuyo grano tiene un alto contenido de fibra dietética, señalado por Aparicio Vizúete y Ortega Anta (2016) este producto contiene un mínimo de 1.5 g por cada 100 kcal, lo que lo califica como fuente o enriquecido en fibra según las directrices del estándar RTCA 67.04.60.10. En relación con el hierro, el producto proporciona el 10% del valor diario recomendado, cumpliendo así con los requisitos establecidos por el estándar RTCA 67.04.60.10 para ser considerado fuente de este mineral, esto se debe a que contiene no menos del 15% del valor diario, o no menos del 5% de dicho valor por cada 100 kcal.

El contenido nutricional evidenciado en la etiqueta de la figura 3 muestra que el producto con 33% de torta desgrasada de ajonjolí aporta 15% del valor diario recomendado del calcio, equivalente a 225.5 mg por porción, este nutriente proviene de la torta desgrasada, esto indica que es una fuente

de calcio, de acuerdo con los criterios establecidos por el RTCA 67.04.60.10, debido que para que los minerales y vitaminas se consideren fuentes, deben aportar no menos del 15% del valor diario. En el caso del hierro, el producto proporciona el 15% del valor diario recomendado de este mineral, el cual lo evaluamos bajo el mismo criterio y se define como fuente de hierro.

Es importante resaltar que el contenido de fibra dietética es de 6 g, representando el 21% del valor diario, lo que también indica que este producto es una fuente de fibra. De acuerdo con los criterios del RTCA 67.04.60.19, para que un producto se considere fuente de fibra, debe proporcionar no menos de 3 g por cada 100 g o 1.5 g por cada 100 kcal por porción, en este caso, el producto cumple con los parámetros establecidos.

Figura 2

Etiqueta nutricional de la barra testigo con 0% de torta desgrasada de ajonjolí.

| Nutrition Facts | |
|---|--------------|
| servings per container | |
| Serving size | (55g) |
| Amount per serving | |
| Calories | 210 |
| % Daily Value* | |
| Total Fat 4.5g | 6% |
| Saturated Fat 0.5g | 3% |
| Trans Fat 0g | |
| Cholesterol 0mg | 0% |
| Sodium 310mg | 13% |
| Total Carbohydrate 37g | 13% |
| Dietary Fiber 5g | 18% |
| Total Sugars 13g | |
| Includes 11g Added Sugars | 22% |
| Protein 5g | |
| Vitamin D 0mcg | 0% |
| Calcium 40mg | 4% |
| Iron 2mg | 10% |
| Potassium 154mg | 4% |
| *The % Daily Value tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice. | |

Figura 3

Etiqueta nutricional del tratamiento T2 33% barra de torta desgrasada de ajonjolí.

| Nutrition Facts | |
|---|--------------|
| servings per container | |
| Serving size | (55g) |
| Amount per serving | |
| Calories | 240 |
| % Daily Value* | |
| Total Fat 9g | 12% |
| Saturated Fat 1.5g | 8% |
| Trans Fat 0g | |
| Cholesterol 0mg | 0% |
| Sodium 280mg | 12% |
| Total Carbohydrate 29g | 11% |
| Dietary Fiber 6g | 21% |
| Total Sugars 13g | |
| Includes 11g Added Sugars | 22% |
| Protein 6g | |
| Vitamin D 0mcg | 0% |
| Calcium 222mg | 15% |
| Iron 3mg | 15% |
| Potassium 173mg | 4% |
| *The % Daily Value tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice. | |

Análisis Económico

Se determinaron los costos variables de formulación asociados a la elaboración de la barra de torta desgrasada de ajonjolí del tratamiento T2, que contiene un 33% de torta, tal como señala el Cuadro 17, y para la barra del tratamiento testigo con 0% de torta desgrasada de ajonjolí como señala el Cuadro 18.

El costo de producción de una barra de torta desgrasada de ajonjolí al 33% es de L. 9.52, equivalente aproximadamente a 0.38 centavos de dólar, en donde la miel Zamorano es el ingrediente con mayor costo, seguido de la avena integral, mientras tanto el ajonjolí, almendras y uvas pasas representan los costos más bajos en la formulación, el mismo caso se presentó para los costos de formulación del tratamiento testigo con 0% de torta desgrasada de ajonjolí, en donde tiene igual

precio de 0.38 centavos de dólar, por lo que este ingrediente de avena integral hizo que se igualaran los costos de formulación pese a no utilizar ajonjolí. Al contrarrestar este precio con los valores establecidos por Escoto Sabillón (2014) de sus costos variables de formulación de unas barras de chocolate con 40% de azúcar fue de \$2.20 USD en presentaciones de 50 g, se puede concluir que el precio de la barra de torta desgrasada de ajonjolí tanto con 0% como 33% son aceptable y menor costo de formulación. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los costos fijos pueden aumentar el costo de producción.

Cuadro 17

Costos variables de formulación para la elaboración de una barra con 33% torta desgrasada de ajonjolí en presentaciones de 55 g.

| Costos Variables | Costos (L) | Cantidad (Lb) | Costo de formulación (L) | Costo de fomulación (\$) |
|-----------------------------|------------|---------------|--------------------------|--------------------------|
| Ajonjolí (torta desgrasada) | L45 | 0.039 | L1.76 | 0.07 |
| Avena Integral | L43.38 | 0.026 | L1.12 | 0.05 |
| Miel Zamorano | L144.90 | 0.031 | L4.49 | 0.18 |
| Semillas de chía | L220.15 | 0.007 | L1.54 | 0.06 |
| Almendra | L43.74 | 0.007 | L0.31 | 0.01 |
| Uvas Pasas | L30.42 | 0.007 | L0.21 | 0.01 |
| Bicarbonato de Sodio | L28.50 | 0.002 | L0.06 | - |
| Extracto de Vainilla | L12.90 | 0.002 | L0.03 | - |
| Costo Total | | | L9.52 | \$0.38 |

Nota. Se considero la tasa de cambio de Lps. 24.63 el dólar, obtenida del Banco Central de Honduras. L: *lempira hondureño*. \$: *dólar estadounidense*.

Cuadro 18

Costos variables de formulación para la elaboración de una barra con 0% torta desgrasada de ajonjolí en presentaciones de 55 g.

| Costos Variables | Costos (L) | Cantidad (Lb) | Costo de formulación (L) | Costo de formulación (\$) |
|----------------------|------------|---------------|--------------------------|---------------------------|
| Avena Integral | L43.38 | 0.066 | L2.86 | 0.11 |
| Miel Zamorano | L144.90 | 0.031 | L4.49 | 0.18 |
| Semillas de chía | L220.15 | 0.007 | L1.54 | 0.06 |
| Almendra | L43.74 | 0.007 | L0.31 | 0.01 |
| Uvas Pasas | L30.42 | 0.007 | L0.21 | 0.01 |
| Bicarbonato de Sodio | L28.50 | 0.002 | L0.06 | - |
| Extracto de Vainilla | L12.90 | 0.002 | L0.03 | - |
| Costo Total | | | L9.50 | \$0.38 |

Nota. Se considero la tasa de cambio de Lps. 24.63 el dólar, obtenida del Banco Central de Honduras. L: *lempira hondureño*. \$: *dólar estadounidense*.

Reformulación del Mejor Tratamiento

En el Cuadro 19 se pueden observar los cambios realizados en la formulación, donde se redujo el contenido de avena integral en un 7% para permitir un aumento del 4% en la cantidad de miel. Esto se hizo con el objetivo de agregar un poco más de dulzura a la barra.

Cuadro 19

Reformulación del tratamiento T2 con 33% de torta desgrasada de ajonjolí.

| Ingredientes | T2 (%) | T2-R (%) |
|------------------------------|------------|------------|
| Torta desgrasada de ajonjolí | 33 | 33 |
| Avena Integral | 22 | 15 |
| Miel Zamorano | 25 | 29 |
| Semillas de chía | 5 | 5 |
| Almendra | 5 | 7 |
| Uvas Pasas | 5 | 7 |
| Bicarbonato de Sodio | 2 | 2 |
| Extracto de Vainilla | 2 | 2 |
| Total | 100 | 100 |

Nota: T2: Tratamiento con 33% de torta desgrasada. T2-R: Tratamiento con 33% de torta desgrasada reformulado con 7% menos de avena integral, 5% más de miel y 2% más de almendra y uvas pasas.

De acuerdo con la Figura 4, se pudo observar que los atributos de apariencia, color y sabor, para ambos tratamientos, obtuvieron una media de 7 en la escala hedónica, lo que indica un nivel de gusto moderado. Sin embargo, se observaron diferencias en los atributos de textura, dulzura y aceptación general, en donde aumentó 1 punto en la escala hedónica, esto indica una evaluación de “Me gusta mucho”.

El Cuadro 20 refleja esta diferencia del aumento de 1 punto en la escala hedónica de dichos atributos, en donde señala que hubo diferencias significativas a favor del tratamiento reformulado T2-R, por lo que significa que la reformulación cumple con su función de mejorar la propiedad del producto, así como señala Autonell et al. (2010), que la reformulación se desarrolla con el objetivo de para mejorar las características y atributos.

Cuadro 20

Resultados estadísticos del tratamiento T2 y T2-R con 33% de torta desgrasada de ajonjolí.

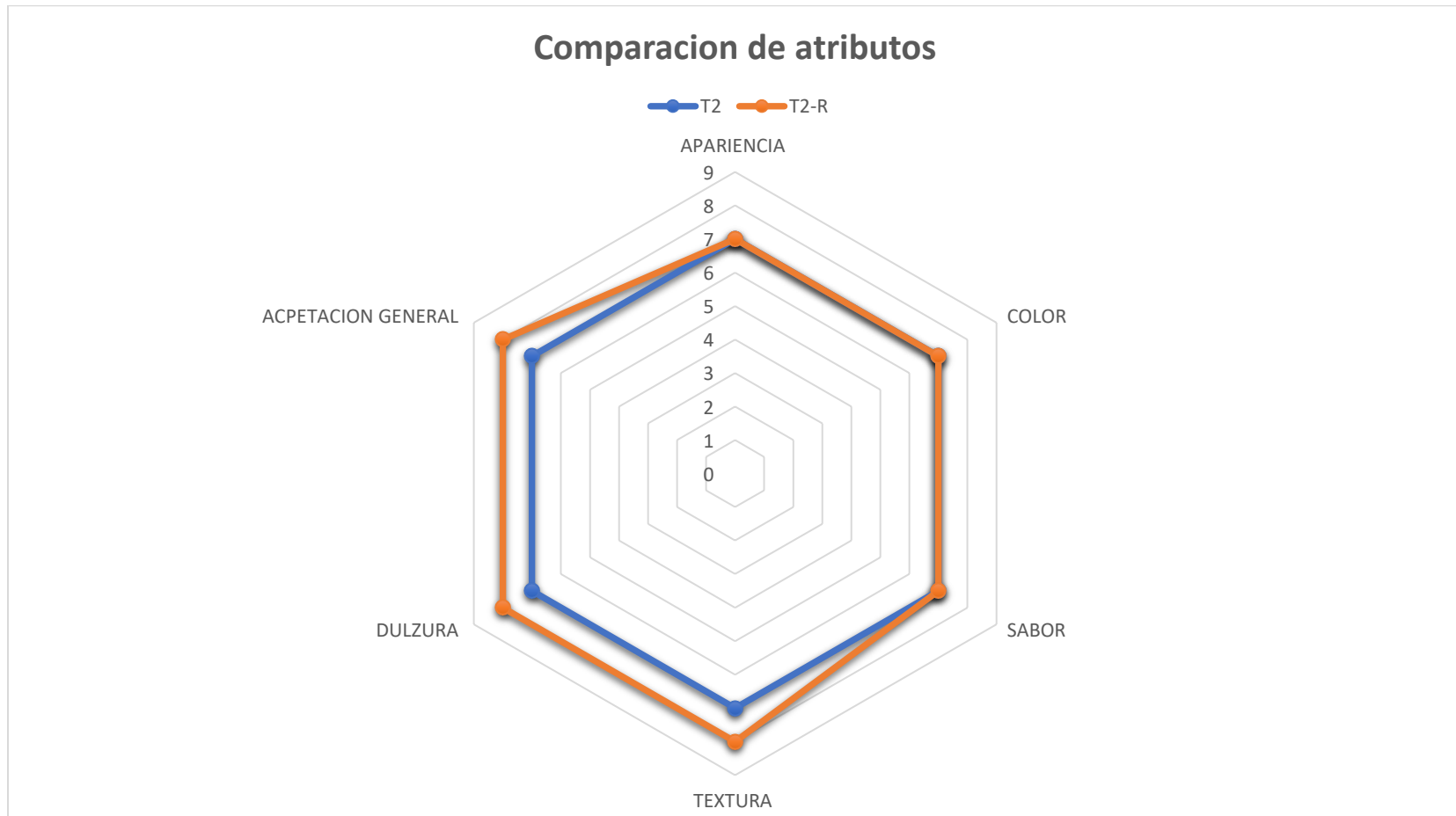
| Tratamiento | Apariencia Media | Color Media | Sabor Media | Textura Media | Dulzura Media | Aceptación Media |
|-------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------|
| T2 | 7.00 ± 1.36 ND | 7.10 ± 1.21 ND | 7.10 ± 1.70 ND | 6.70 ± 1.36 b | 6.55 ± 1.87 b | 6.65 ± 1.42 b |
| T2-R | 6.80 ± 0.96 ND | 6.80 ± 0.91 ND | 7.00 ± 0.83 ND | 7.55 ± 0.51 a | 7.75 ± 0.83 a | 7.52 ± 0.67 a |
| P | 0.4761 | 0.7728 | 0.3523 | 0.013 | 0.003 | 0.0058 |
| CV% | 17.78 | 17.05 | 15.9 | 13.8 | 15.58 | 15.82 |

Nota. Las letras a, b y c, en la misma columna, indican las diferencias estadísticas significativas de cada tratamiento ($P \leq 0.05$). ND: no hay

diferencia. D.E.: Desviación estándar. C.V.%: coeficiente de variación. T2: Tratamiento con 33% de torta desgrasada. T2-R: Tratamiento con 33% de tota desgrasada reformulado con 7% menos de avena integral, 5% más de miel y 2% más de almendra y uvas pasas.

Figura 4

Comparación de características sensoriales del tratamiento T2 y T2-R con 33% de torta desgrasada.



Nota. Cada punto indican las medias correspondientes a cada atributo en la escala hedónica, T2: Tratamiento con 33% de torta desgrasada. T2-R: Tratamiento con 33% de tota desgrasada reformulado con 7% menos de avena integral, 5% más de miel y 2% más de almendra y uvas pasas.

El Cuadro 21 muestra las diferencias numéricas en los aportes nutricionales obtenidos de los cálculos realizados con base en la porción de la barra y el porcentaje del valor diario (%VD) recomendado para cada nutriente, entre los tratamientos T2 y T2-R. Se observa una variación en el perfil de energía (kilocalorías) y proteína (gramos), siendo menor en el tratamiento T2 en comparación con el T2-R. A pesar de haber aumentado el contenido de miel en la formulación, este ingrediente no tuvo un impacto significativo en el aumento de las calorías totales, debido a que la disminución de avena contrarrestó este perfil, esto se debe a que la reducción del 7% en el contenido de avena, como se indica en el informe de Gómez Caurus et al. (2017), que señala que el perfil nutricional de la avena aporta el 65% de las kilocalorías provenientes de carbohidratos, fibra y proteínas. Por lo tanto, al reducir el contenido de kilocalorías y proteínas debido a la disminución de la avena integral, y al aumentar la miel, que también aporta kilocalorías, se logró un equilibrio que no afectó significativamente el aporte nutricional del calcio y hierro, que se mantuvieron en 27% del valor diario para el calcio y 26% del valor diario para el hierro respectivamente en ambos casos.

Cuadro 21

Tabla nutricional con %VD del tratamiento T2 y T2-R, con 33% de torta desgrasada de ajonjolí.

| | T2 | | T2-R | |
|-----------------------------------|--------------------|-----|--------------------|-----|
| | Aporte nutricional | %VD | Aporte nutricional | %VD |
| Energía (Kcal) | 234 | 12 | 233 | 12 |
| Grasas totales (g) | 12 | 19 | 13 | 19 |
| Ácidos grasos saturados (g) | 2 | 8 | 2 | 8 |
| Ácidos grasos monoinsaturados (g) | 5 | | 5 | |
| Ácidos grasos polinsaturados (g) | 5 | | 5 | |
| Colesterol (mg) | 0 | | 0 | |
| Sodio (mg) | 4 | | 4 | |
| Carbohidratos totales (g) | 28 | 9 | 28 | 9 |
| Proteína (g) | 7 | 13 | 6 | 12 |
| Hierro (mg) | 4 | 26 | 4 | 26 |
| Fibra (gr) | 5 | 20 | 5 | 20 |

Nota. T2: Tratamiento con 33% de torta desgrasada. T2-R: Tratamiento con 33% de torta desgrasada reformulado con 7% menos de avena integral,

5% más de miel y 2% más de almendra y uvas pasas.

Conclusiones

La barra con 33% de torta desgrasada de ajonjolí obtuvo mayor aceptación en base en sus características sensoriales.

La barra con 33% de torta desgrasada, según los criterios del RTCA corresponde a la categoría como fuente de calcio, hierro y fibra.

Los costos variables de formulación son iguales para producir una barra testigo con 0% de torta desgrasada de ajonjolí o una de torta desgrasada de ajonjolí al 33%.

Recomendaciones

Realizar investigaciones más amplias de tortas desgrasadas para su uso en barras nutritivas, para explorar las oportunidades de aprovechamiento de este tipo de coproductos, y así mismo contribuir a la sostenibilidad.

Evaluar el contenido de ácidos fíticos y oxalatos en la torta desgrasada de ajonjolí.

Medir los niveles de absorbanza de calcio disponible en la barra de torta desgrasada de ajonjolí.

Referencias

- Alvites Misajel, K. C. (2017). *Comparación del perfil de ácidos grasos del aceite de chía (Salvia hispánica L.) orgánica y convencional (variedades blanca y negra) cultivadas en el Perú, como una alternativa para aceites vegetales comestibles (1)* [Tesis]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. <http://hdl.handle.net/10757/621861>
- Aparicio Vizuete, A. y Ortega Anta, R. M. (2016). Efectos del consumo del beta-glucano de la avena sobre el colesterol sanguíneo: una revisión. *Revista Española De Nutrición Humana Y Dietética*, 20(2), 127–139. <https://doi.org/10.14306/renhyd.20.2.183>
- Autonell, M., Buades, M., Cabeza, E., Colom, T., Ferragut, E., Galmes, T., Moñino, M., Muntaner, S., Palou, P. y Vega, Y. (2010). *Proyecto food pro-fit: reformulación e innovación eSalud*. Conselleria de Salut i Consum i Escola d'Hoteleria de les Illes Balears.
- Baigorri Guerra, A. (2015). *Autoclaves en la industria conservera*. Instituto de Salud Pública y Laboral de Navarra.
- Barhum, L. (2020). Calcium deficiency disease (hypocalcemia): 7 symptoms and causes. *Community Hospital Internal Medicine Perspectives*, 11(1). <https://www.medicalnewstoday.com/articles/321865>
- Baudes Fuster, J. M., Sanchís Cortes, P., Perelló Bestard, J. y Grases Freixedas, F. (2017). Fosfatos de origen vegetal, fitato y calcificaciones patológicas en la enfermedad renal crónica [Plant phosphates, phytate and pathological calcifications in chronic kidney disease]. *Nefrología : Publicación Oficial De La Sociedad Española Nefrología*, 37(1), 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2016.07.001>
- Bravo Rodriguez, E. N. y Ortega Rojas, J. F. (2017). *Efecto de la granulometría y formulación en la calidad de un snack extruido a base de arroz (Oriza sativa L.), quinua (Chenopodium quinoa Wild.) y torta desgrasada de chía (Salvia hispanica L.)* [Tesis]. Universidad Nacional del Santa, Perú.
- Cappella, A. N. (2016). *Desarrollo de barra de cereal con ingredientes regionales, saludable nutricionalmente*. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias, Argentina.
- Carballido, E. (2019). *Características del sésamo o ajonjolí*. Botanical. <https://www.botanical-online.com/plantas-medicinales/sesamo-caracteristicas>
- Damián Bastidas, N. L. y Mujica Albán, E. C. (2022). Comparación de la bioaccesibilidad de calcio en leche de vaca, semillas de ajonjolí (Sesamum indicum) y almendras, (Prunus amygdalus). *Anales De La Facultad De Medicina*, 81(4).
- Davite, C. L., Erroz, M. P. y Lassaga Nieto, A. V. *Alimento vegetal a base de semillas de Sésamo como sustituto del queso de pasta blanda en sus características organolépticas y contenido de calcio*. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Delgado, A. E., García, R. G. y Aperador, W. A. (2018). *Estudio del Poder Lubrificante del Aceite de Ajonjolí con Adición de Nanopartículas de Cobre (6)* [], Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Girardot]. CrossRef.
- EMR. (2022). *Mercado Latinoamericano de Barras de Cereal, Tamaño, Cuota 2023-2028*. EMR. <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-latinoamericano-de-barras-de-cereal>

- Escoto Sabillón, M. M. (2014). *Desarrollo de una barra de chocolate oscuro evaluando dos edulcorantes en tres concentraciones* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Flores Vera, N. A. (2015). *Entrenamiento de un Panel d Evaluacion Sensorial, para el Departamento de Nutricion de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile* [Memoria]. Universidad de Chile, Chile.
- Gómez Caurus, A., Ceballos Walls, I., Ruiz Moreno, E., Rodriguez Alonso, P., Valero Gaspar, T., Ávila Torres, J. M. y Varela Moreiras, G. (2017). *Datos actuales sobre las propiedades nutricionales de la avena*. FEN.
- Guero y Alvarado. (2022). *Evaluación del perfil nutricional de cinco cultivos oleaginosos, sus tortas desgrasadas y propuestas de uso en productos para consumo*. Zamorano, Honduras.
- Marquez y Pretell (2018). Evaluación de características de calidad en barras de cereales con alto contenido de fibra y proteína. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 16(2), Artículo 2, 1–12.
- Martínez de Victoria, E. (2016). El calcio, esencial para la salud Calcium, essential for health. *Nutrición Hospitalaria*, 44(4). https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112016001000007
- Meade, A., Elizondo, N., Aguilar, L. y L. de León de la Fuente (2019). Prueba del perfil de textura en barra energética de nopal y variacion de cereales. *Académico Científica*.
- Medina Herrera, M. D. (2006). *Desarrollo de una barra nutricional a base de granola y frijol rojo (Phaseolus vulgaris)* [Proyecto Especial de Graduación]. Zamorano, Honduras.
- National Institutes of Health (2021). Datos sobre el calcio. *National Institutes of Health*, 1–4. <https://ods.od.nih.gov/>
- Nicaraoop (2022). Ajonjolí. *Comercio Exterior*, 1(1).
- Pilar Barrera, M., Lancheros, L. y Vargas, M. (2012). Consumo de calcio: evolución y situación actual. *Fac Med*, 60(1), Artículo 1, 1–12.
- Queiroga, Jaime Chavez, Perez Francisco y Amauri José. (2018). *Cultivo de ajonjolí para los campesinos de Choluteca y Valle* (1ª ed.). A Barriguda.
- Rodríguez, G., Avellaneda, S., Pardo, R., Villanueva, E. y Aguirre, E. (2018). Bread leaf enriched with extruded cake from sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Chemistry, rheology, texture and acceptability. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 199–208. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.04>
- Rubio Granero, C., García García, Á. y Cardona Serrate, F. (2019). *Técnicas básicas de microbiología y química*. Síntesis.
- Ruiz Mora, F. E. *Extracción, caracterización e índice de estabilidad del aceite de ajonjolí (Sesamum indicum L.) a diferentes condiciones de inhibición oxidativa*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador.

Sagarpa (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030: Olefinosas, Canola, Cártamo, Girasol, Soya Mexicanas, 1–26.

Zenteno Pacheco, S. (2014). Barras de cereales energéticas y enriquecidas con otras fuentes vegetales. *Revista De Investigación Universitaria*, 3(58-66), Artículo 2, 1–9.

Anexos

Anexo A

Evaluación sensorial

Fecha:

Nacionalidad:

Edad:

Sexo: F

M

A continuación, se le presentaran 4 muestras diferentes de barra, las cuales están codificadas, usted debe evaluar cada una de ellas correspondiendo el código, y dar una puntuación de gusto o disgusto, según la escala idónea del cuadro 1.

Por favor limpiar su paladar antes de y después de evaluar cada muestra.

Cuadro 1. Escala hedónica de 9 puntos.

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Me disgusta extremada mente | Me disgusta mucho | Me disgusta moderadamene | Me disgusta un poco | No me gusta ni me disgusta | Me gusta poco | Me gusta moderadamente | Me gusta mucho | Me disgusta extremadamente |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

| # de muestra | Aspectos por evaluar | | | | | |
|-----------------|----------------------|-------|-------|---------|---------|-------------------|
| | Apariencia | Color | Sabor | Textura | Dulzura | Acpetación genera |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Comentarios:

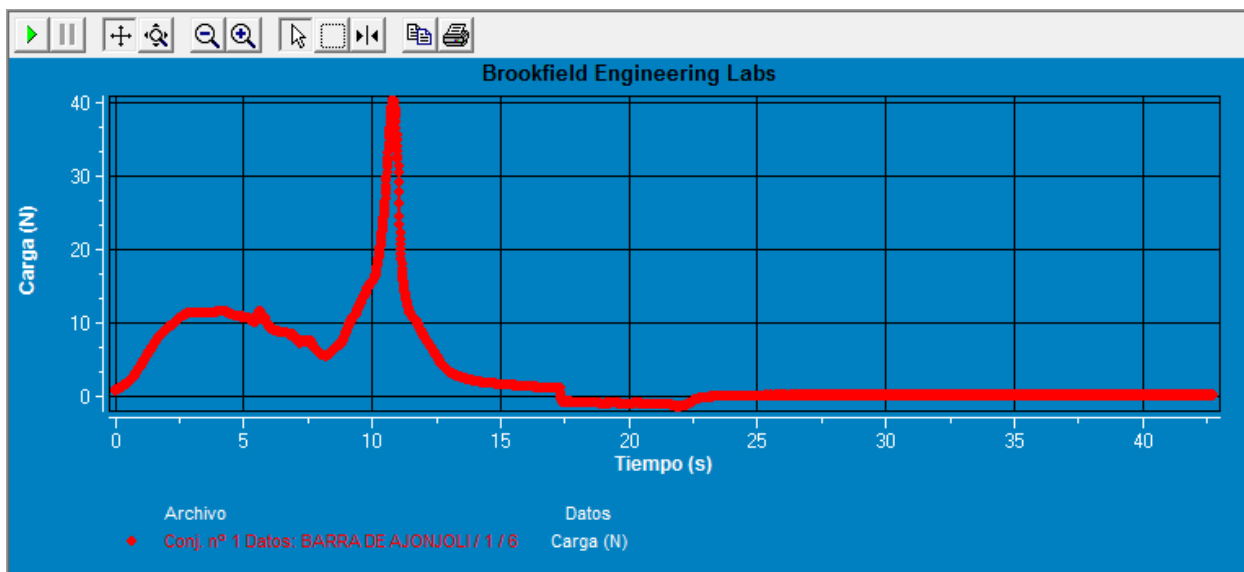
Prueba de preferencia por ordenamiento. Ordene las muestras de acuerdo con su preferencia, siendo 1 el número más preferido y 4 el número menos preferido.

| # de muestra | Orden de preferencia (1-4) |
|--------------|----------------------------|
| | |
| | |
| | |
| | |

Comentario:

Anexo B

Curva de textura del tratamiento T2-R1



Anexo C

Curva de textura del tratamiento T2-R

