

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



Proyecto Especial de Graduación

**Evaluación del perfil nutricional de cinco cultivos oleaginosos, sus
tortas desgrasadas y propuestas de uso en productos para consumo
humano**

Estudiantes

Dana Maricel Alvarado Zambrano

Marcelo Iñaki Guerrero Montalván

Asesores

Luis Fernando Maldonado Mejía, Ph.D.

Adriana Hernández Santana, D.Sc.

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Directora Departamento Agroindustria Alimentaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	6
Índice de Figuras	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos	13
Ubicación del Estudio.....	13
Enfoque.....	13
Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	14
Procedimiento de Muestreo de la Materia Prima	14
Preparación de Muestras y Cronograma de Análisis y Procedimientos	14
Análisis Proximal Completo	14
Evaluación de las Tortas Desgrasadas Posterior a un Procesamiento de Extrusión en Frío.....	15
Determinación del Perfil de Ácidos Grasos de los Aceites de los Cinco Granos Oleaginosos	15
Descripción de los Métodos e Instrumentos del Análisis Proximal Completo	16
Humedad (AOAC 950.46B).....	16
Cenizas (AOAC 923.03).....	16
Materia Orgánica	17
Proteína Cruda	17
Grasa Cruda (AOAC 2003.06).....	19
Extractos Libre de Nitrógeno (21 CFR 101.9(c)(6)).	20
Calorimetría (DIN 51900-3).....	20

Descripción de la Metodología e Instrumentos Para la Determinación del Perfil de Ácidos Grasos ...	21
Perfil de Ácidos Grasos por Cromatografía de Gases (AOCS Ce 2b-11/ AOCS Ce 1j-07)	21
Descripción de la Metodología e Instrumentos Para la Evaluación de las Tortas Desgrasadas	22
Extrusión en Frío	22
Humedad (AOAC 950.46B) y Grasa Cruda (AOAC 2003.06).....	22
Determinación del Perfil Nutricional de las Tortas Desgrasadas	23
Descripción de la Metodología Para la Propuesta de Dos Productos Agroindustriales	23
Elaboración de Formulación	23
Elaboración del Flujo de Proceso	23
Desarrollo de Etiquetas Nutricionales	23
Resultados y Discusión.....	25
Evaluación de la Composición Proximal Completa de Cinco Cultivos Oleaginosos.....	25
Humedad.....	25
Cenizas	25
Materia Orgánica	26
Grasa Cruda.....	26
Proteína Cruda	27
Extracto Libre de Nitrógeno.....	28
Calorimetría	28
Determinación del Perfil de Ácidos Grasos de los Aceites de los Cinco Granos Oleaginosos	30
Perfil de Ácidos Grasos de los Granos.....	30
Evaluación del Cambio Nutricional de Cinco Tortas Desgrasadas Posterior a un Procesamiento de	
Extrusión en Frío	32
Recálculo del Perfil Nutricional	32

Humedad.....	32
Grasa Cruda.....	34
Propuesta de Usos Alimentarios de las Tortas Desgrasadas para Consumo Humano	34
Horchata Instantánea en Polvo.....	35
Confección Estilo “Halva” Descripción de la Propuesta del Producto	39
Conclusiones	43
Recomendaciones.....	44
Referencias.....	45

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Métodos utilizados para la evaluación de la composición química de los cinco granos oleaginosos.	15
Cuadro 2 Métodos utilizados para la extrusión de los cinco granos oleaginosos y la evaluación de humedad y grasa posterior al procesamiento de extrusión.	15
Cuadro 3 Medias del contenido de humedad, ceniza, materia orgánica, proteína, fibra dietética, extracto libre de nitrógeno y calorimetría en 100 gramos por muestra de cada cultivo oleaginoso. .	29
Cuadro 4 Resultados del análisis de perfil de ácidos grasos del aceite de los cinco granos oleaginosos en 100 gramos de aceite.	31
Cuadro 5 Medias del recálculo del contenido de humedad, ceniza, proteína, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno en 100 gramos por muestra de cada torta desgrasada.	33
Cuadro 6 Diferencia de medias de humedad y grasa de los cultivos oleaginosos después de la extracción en frío por cada 100 gramos de muestra.	33
Cuadro 7 Formulación para la propuesta de una bebida instantánea a base de tortas desgrasadas.	37
Cuadro 8 Formulación para la propuesta de una confección estilo “halva” a base de tortas desgrasadas.	40

Índice de Figuras

Figura 1 Flujo de proceso para elaboración de base para horchata (FAO et al. SF).	38
Figura 2 Etiqueta de la Horchata Instantánea en Polvo.....	39
Figura 3 Flujo de proceso de la propuesta de la halva.....	40
Figura 4 Etiqueta nutricional del postre estilo Halva.....	42

Resumen

Los cultivos oleaginosos son de interés industrial por sus características nutricionales, principalmente su contenido lipídico y proteico. Los aceites y tortas desgrasadas obtenidas de estos cultivos tienen usos diversos, sin embargo, el potencial de las tortas desgrasadas es opacado por su uso extensivo en la industria de concentrado animal. El objetivo del estudio fue evaluar la composición proximal de cuatro granos oleaginosos comerciales: ajonjolí (*Sesamum indicum*), girasol (*Helianthus annuus*), maní (*Arachis hypogea*) y soya (*Glycine max*). Adicionalmente, un grano endémico de América Central: jícaro (*Crescintera alata*). Se determinó el perfil de ácidos grasos del aceite de dichos granos. Se evaluó el cambio de humedad y grasa de estos cultivos luego de pasar por un proceso de extrusión en frío. A partir de las tortas desgrasadas se propusieron dos soluciones agroindustriales para consumo humano. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar y un análisis de varianza, con una separación de medias Duncan, para determinar diferencias estadísticas entre las características nutricionales. Se utilizó un análisis de diferencia de medias a través de una prueba t pareada para determinar el cambio de humedad y grasa de las materias primas extruidas. Los resultados demostraron diferencias significativas en las características nutricionales de los tratamientos; se encontró que los contenidos de proteínas fueron mayores al 20%. La composición de ácidos grasos de los aceites fueron en su mayoría ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados. Los granos extruidos disminuyeron en su contenido de grasas y aumentaron en su contenido porcentual de los demás nutrientes. Las propuestas fueron una horchata instantánea en polvo y un postre estilo "Halva". Las propuestas se desarrollaron a través de la elaboración de una formulación, flujo de proceso y etiqueta nutricional bajo los reglamentos del "Food and Drug Administration" y el "Reglamento Técnico Centro Americano, anexos E y F".

Palabras clave: análisis proximal, coproductos, extracción de aceites, perfil de ácidos grasos.

Abstract

Oil crops are of industrial interest due to their nutritional characteristics, mainly their lipid and protein content. The oils and defatted cakes obtained from these grains have diverse uses; however, the potential of defatted cakes is overshadowed by their extensive use in animal feed industry. The objective of the study was to evaluate the proximal composition of four commercial oilseed grains: sesame (*Sesamum indicum*), sunflower (*Helianthus annuus*), peanut (*Arachis hypogea*) and soybean (*Glycine max*). Additionally, an endemic grain from Central America: "jícaro" (*Crescintera alata*). The fatty acid profile of the oil from these grains was determined. The change in moisture and fat of these crops was evaluated after going through a cold extrusion process. From the defatted cakes, two agro-industrial solutions for human consumption were proposed. A Completely Randomized Design and an analysis of variance, with a Duncan separation of means, were used to determine statistical differences between nutritional characteristics. Mean difference analysis through a paired t-test was used to determine the change in moisture and fat of the extruded raw materials. The results showed significant differences in the nutritional characteristics of the treatments; it was found that the protein content was greater than 20%. The fatty acid composition of the oils were mostly monounsaturated and polyunsaturated fatty acids. The extruded grains decreased in their fat content and increased in their percentage content of the other nutrients. The proposals were an instant powdered horchata and a "Halva" style dessert. These proposals were developed through the development of a formulation, process flow and nutritional label under the regulations of the "Food and Drug Administration" and the "Central American Technical Regulations, Annex E and F".

Keywords: Co-products, fatty acid profile, oil extraction, proximal analysis.

Introducción

Los cultivos oleaginosos son de importancia remarcada en la economía agrícola debido a la riqueza nutricional de sus granos y su contenido de aceites, proteínas, minerales, vitaminas y fibra dietética (Nehra et al. 2021). El factor que diferencia estos granos con otros es su alto contenido lipídico y energético. Esto se debe, a que en sistemas de producción a nivel internacional, estos cultivos han sido diseñados para aumentar su rendimiento por su valor para producción de aceites, ya que tienen diversas aplicaciones (Mukhlesur y Michalak de Jiménez 2016).

El procesamiento principal que se le da a los granos oleaginosos es la extracción de aceites, debido a que de este procesamiento se deriva el mayor valor de estos cultivos. Sin embargo, esto no significa que los coproductos no tengan un valor identificable en la cadena de suministros agrícola. De hecho, el alto contenido de proteínas, minerales, vitaminas y fibra dietética hace que la torta desgrasada sea de mucho valor. No obstante, se identifica una subutilización de las tortas desgrasadas, ya que su principal uso es la elaboración de alimentos balanceados para animales (Mckeon et al. 2016). No se conoce la razón de este fenómeno, pero existe la posibilidad de que un enfoque especializado en la extracción de aceites sea el causante de la subutilización de este producto. Por otro lado, es posible que simplemente no se ha visto un interés en el pasado por procesar estos coproductos con el objetivo de ofrecer soluciones agroalimentarias para consumo humano. Por lo que en el pasado ha sido rentable utilizar estos coproductos para soluciones pecuarias. Aunque se desconoce la razón de la subutilización de estas materias primas, las situaciones mundiales han traído nuevas tendencias y actitudes de consumo. Existen oportunidades para propuestas de nuevos productos agroindustriales con un enfoque en consumo humano.

La epidemia global de la obesidad es un problema que en 2016 afectó el 6 - 8% de la población de niños, del 3 - 11% de la población de hombres y del 6 - 15% de la población de mujeres a nivel mundial (Jaacks et al. 2019). Esta enfermedad asociada con un alto índice de masa corporal es un principal factor de riesgo en términos de muerte y años de vida reducidos (Stanaway JD. et al. 2018).

Dietas altas en densidad energética y baja densidad nutricional, tales como la dieta “occidental”, están altamente correlacionadas con ganancia de peso y pérdida de la flora intestinal, los cuales son factores que influyen en el estado de obesidad y desarrollo de enfermedades no transmisibles (Turnbaugh et al. 2008). Generalmente, estas dietas son altas en grasas saturadas e insaturadas y carbohidratos simples. Según Drewnowski (2018), el índice de Alimentos Ricos en Nutrientes (NRF, por sus siglas en inglés) declara una distinción en nutrientes que deberían ser recomendados (nutrientes calificantes) y los que deberían ser evitados (nutrientes no calificantes). En este caso, los nutrientes calificantes son la proteína, fibra, calcio, hierro, potasio, magnesio, vitaminas A, C y E. Los nutrientes descalificantes son los lípidos, las azúcares agregadas y el sodio. El exceso de oferta de alimentos altos en estos nutrientes descalificantes ha generado un interés por productos saludables altos en nutrientes calificantes.

Actualmente, hay una tendencia creciente de personas que buscan evitar productos cárnicos y lácteos. Sanchez-Sabate y Sabaté (2019), comentan que hay una creciente preocupación por el consumo de estos productos debido al impacto ambiental que generan estos sistemas de producción, principalmente en emisión de gases de efecto invernadero. Esto ha ocasionado actitudes de los consumidores enfocadas en evitar productos cárnicos y aquellos derivados de las producciones pecuarias y optar por opciones veganas o vegetarianas. Paralelamente, el creciente interés por los productos basados en plantas radica en el beneficio nutritivo que ofrecen estos. Incluso, la pandemia de COVID-19 ha generado un incremento en el consumo de dietas basadas en plantas, muy posiblemente por los beneficios inmunológicos que estas dietas pueden llegar a ofrecer. Asimismo, esto puede estar asociado con la efectividad de costo que tienen estas dietas comparadas con aquellas altas en consumo de carnes y productos lácteos (Loh et al. 2021).

Se identifica una necesidad de producir alimentos que tienen menor impacto ambiental y mayores en nutrientes que contribuyan a la salud del ser humano. De estas situaciones mundiales surgen oportunidades para el procesamiento de granos oleaginosos para consumo humano. Se

considera, según el contexto, que los procesos de extrusión de aceites de los cultivos oleaginosos son una tecnología de mucha importancia por su habilidad para reducir el contenido lipídico y como efecto el contenido de energía. Si los cultivos oleaginosos siguen siendo utilizados para derivar aceite, entonces las soluciones para consumo humano que se le pueden dar a las tortas desgrasadas son innovadoras.

Para identificar el potencial valor comercial que tiene cada uno de estos cultivos oleaginosos es necesario llevar a cabo un estudio de la composición nutricional. El análisis proximal y el análisis de perfil de ácidos grasos son herramientas que tienen una gran utilidad para la determinación de la composición química de los alimentos. Considerando lo descrito anteriormente, se establecieron los siguientes objetivos:

Caracterizar la composición proximal de los granos de cinco granos oleaginosos.

Determinar el perfil de ácidos grasos de cada uno de los cinco granos oleaginosos.

Determinar el cambio nutricional de cinco diferentes granos oleaginosos después de un proceso de extrusión en frío.

Proponer dos usos alimentarios de las tortas desgrasadas para consumo humano.

Para el planteamiento de la hipótesis se escogieron cinco cultivos oleaginosos y se propuso que cada grano tiene una composición química distinta, es decir que los resultados de un análisis proximal van a ser estadísticamente diferentes. Simultáneamente, se planeó evaluar el contenido de humedad y grasa cruda, previo y posterior, a un proceso de extrusión de aceite para determinar si este tuvo un efecto en el contenido de humedad. La hipótesis nula de igualdad propone que los cinco cultivos oleaginosos tienen una composición química estadísticamente igual. Esta misma hipótesis propone que el proceso de extrusión no tuvo un efecto sobre el contenido de humedad y grasa, por lo que se buscó un resultado sin diferencia estadística.

Materiales y Métodos

Ubicación del Estudio

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis de Alimentos, Zamorano (LAAZ) del Departamento de Agroindustria Alimentaria, en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicada en el kilómetro 30 al Sureste de Tegucigalpa, en el departamento de Francisco Morazán, Honduras. El marco de tiempo fue de febrero hasta mayo del 2022.

Enfoque

El enfoque de la investigación consistió en estudiar la composición proximal química completa de cinco granos oleaginosos previo a un proceso de extrusión. Posterior a la extrusión de sus aceites se buscó determinar el efecto que tuvo sobre la cantidad de humedad y grasa, asimismo, el cambio de los otros componentes nutricionales. Un cambio composicional de la matriz alimenticia significa un cambio en su valor nutricional y comercial. Por lo que se propusieron dos productos alimentarios para consumo humano con las tortas desgrasadas como ingredientes base. La secuencia de la investigación consistió en cuatro pasos de estudio:

Paso 1

Evaluación de la composición proximal completa de cinco granos oleaginosos.

Paso 2

Evaluación del perfil de ácidos grasos de cinco granos oleaginosos.

Paso 3

Evaluación del contenido de humedad y grasa de cinco granos oleaginosos antes y después de un procesamiento de extrusión en frío.

Paso 4

Propuesta de dos productos alimentarios para consumo humano a base de las tortas de los cinco cultivos oleaginosos.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones. Cada tratamiento correspondió a uno de los granos: ajonjolí, girasol, jícara, maní y soya.

Para el análisis estadístico de las variables dependientes del estudio proximal completo se utilizó el programa “Statistical Analysis System” (SAS) versión 9.4®. El objetivo fue comparar las medias de los tratamientos, por lo que, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con una separación de medias Duncan para observar las diferencias estadísticas entre los resultados de los parámetros nutricionales de cada grano. Las desviaciones estándar de los resultados se realizaron en el programa Microsoft Excel. Adicionalmente, se realizó un análisis de diferencia de medias a través de una prueba t para muestras pareadas para determinar el cambio que tuvo el alimento con respecto a sus parámetros de humedad y grasa ($P < 0.05$).

Procedimiento de Muestreo de la Materia Prima

Las muestras que se utilizaron para llevar a cabo el estudio provinieron del área productiva de la división de producción de granos y semillas de la carrera de Ingeniería agronómica en la Escuela Agrícola Panamericana. Se definió que los cultivos agronómicos de mayor interés para el estudio fueron cinco granos oleaginosos: ajonjolí, girasol, jícara, maní y soya. Los granos seleccionados para el estudio fueron cuatro cultivos convencionales (soya, ajonjolí, maní y girasol) y un cultivo endémico (jícara) en Centro América. Se realizó una división de lotes al momento de la extracción de muestras para obtener tres repeticiones de cada uno de los tratamientos.

Preparación de Muestras y Cronograma de Análisis y Procedimientos

Análisis Proximal Completo

Para realizar los análisis proximales completos se prepararon las muestras en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) a partir de los cultivos anteriormente mencionados. Se utilizó un molino “FOSS CT 193 Cyclotec™” para reducir el tamaño granulométrico entre 0.7 y 1.0 milímetros. El maní, como excepción, pasó por un proceso de molienda en un procesador de alimentos

“Kitchen Aid BCG111ER”. La metodología se llevó a cabo de acuerdo con métodos oficiales establecidos por distintas sociedades científicas enlistadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Métodos utilizados para la evaluación de la composición química de los cinco granos oleaginosos.

Método de referencia	Procedimiento/ análisis	Unidad
AOAC 945.15/950.46B	Humedad	g/100 g
AOAC 923.03	Cenizas	g/100 g
21 CFR 101.9(c)(6)	Materia Orgánica	g/100 g
AOAC 2001.11	Proteína Cruda	g/100 g
AOAC 2003.06	Grasa Cruda	g/100 g
AOCS Ce 2b 11/AOCS Ce 1j-07	Perfil de Ácidos Grasos	g/100 g
21 CFR 101.9(c)(6)	Extractos Libre de Nitrógeno	g/100 g
DIN 51900 -3	Calorimetría	Kcal/100 g

Nota. AOAC: Association of Official Analytical Chemists (por sus siglas en inglés). AOCS: American Oil Chemists' Society (por sus siglas en inglés). DIN: Deutsches Institut Für Normung (por sus siglas en alemán). USDA: United States Department of Agriculture. Kcal: Kilocalorías. g: gramos. CFR: Code of Federal Regulations (por sus siglas en inglés).

Evaluación de las Tortas Desgrasadas Posterior a un Procesamiento de Extrusión en Frío

Para llevar a cabo el procesamiento de los granos se extrajo una cantidad de 100 gramos de cada uno de los lotes separados y se calentaron a 105 °C en un “Horno Fisher Scientific 750 F” durante 30 minutos. Este material pasó directamente al equipo de extrusión en frío “CGOLDENWALL Oil Press Machine”. La metodología que se llevó a cabo se encuentra descrita en el Cuadro 2.

Cuadro 2

Métodos utilizados para la extrusión de los cinco granos oleaginosos y la evaluación de humedad y grasa posterior al procesamiento de extrusión.

Método de referencia	Procedimiento/ análisis	Unidad
N/D	Extrusión en frío de aceites	N/D
AOAC 2003.06	Grasa Cruda	g/100 g
AOAC 945.15/950.46B	Humedad	g/100 g

Nota. N/D: No disponible. AOAC: Association of Official Analytical Chemists (por sus siglas en inglés). g: gramos.

Determinación del Perfil de Ácidos Grasos de los Aceites de los Cinco Granos Oleaginosos

Para llevar a cabo el método de determinación de perfil de ácidos grasos se extrajeron los aceites de cada uno de los granos oleaginosos a través del método de extracción de grasa cruda bajo

el estándar de AOAC 2003.06. Donde, después del análisis de grasa cruda del estudio proximal se extrajeron 6 gotas en cada una de las repeticiones de los cinco tratamientos.

Descripción de los Métodos e Instrumentos del Análisis Proximal Completo

Humedad (AOAC 950.46B).

Se utilizó el método oficial AOAC 950.46B como referencia para llevar a cabo el análisis de humedad, este se recuperó del recurso de métodos del AOAC (Latimer 2012). En este procedimiento se extrajo una muestra exacta de 3 ± 0.0050 g por cada muestra, las cuales se trasladaron a crisoles de porcelana. Los crisoles pasaron por un proceso de enfriamiento a temperatura ambiente en un desecador. Se calentaron en el “Horno Fisher Scientific 750 °F” a una temperatura de 105°C. Después de 18 horas de secado, pasaron al desecador con sílica de gel para evitar absorción de humedad y se enfriaron antes de registrar los pesos en la balanza analítica “OHAUS® AX224/E”. Al tener los resultados se usó la fórmula para el porcentaje de humedad (Ecuación 1).

$$\%H = \frac{((C+MH)-(C+MS))}{(MH)} * 100 \quad [1]$$

Donde:

%H: Porcentaje de humedad

MS: Peso de la muestra seca (g)

C: Peso del crisol (g)

MH: Muestra húmeda (g)

Cenizas (AOAC 923.03).

Se utilizó el método oficial AOAC 923.03 para la determinación de cenizas descrito en el libro de métodos del AOAC (Latimer 2012). El cual consistió en pesar una muestra de 3 ± 0.0050 g en un crisol de porcelana. Para pasar por el incinerador “Sybron” a 550°C de 7 – 8 horas hasta que las muestras se tornaran en cenizas gris claro. Este se dejó enfriando en un desecador con sílica de gel

por 30 minutos y se procedió a obtener los resultados de peso en una balanza analítica "OHAUS® AX224/E". Las cenizas se determinaron utilizando la Ecuación 2.

$$\%Cz = \frac{(Cz-C)}{MH} * 100 \quad [2]$$

Donde:

%Cz: Porcentaje de Cenizas

Cz: Peso final + crisol (g)

C: Peso del crisol (g)

MH: Muestra húmeda (g)

Materia Orgánica

Para la determinación de materia orgánica se restó el contenido de humedad y cenizas del peso original de las muestras y reportándose como porcentaje. Para ello se utilizó la Ecuación 3.

$$\% MO = 100 - (\%H + \%Cz) \quad [3]$$

Donde:

%MO: Materia Orgánica

%M: Porcentaje de humedad

%Cz: Porcentaje de ceniza

Proteína Cruda

Se utilizó el método oficial AOAC 2001.11 para la obtención de proteína cruda descrito en el libro de métodos del AOAC (Latimer 2012). El método consiste en tres pasos fundamentales para la determinación de porcentaje de nitrógeno de una muestra. Los pasos son la digestión de la muestra, la destilación del amonio obtenido de la muestra y titulación de un medio receptor con ácido estandarizado para la determinación de nitrógeno. Se determinó la cantidad de nitrógeno y la cantidad de proteína cruda con las Ecuaciones 4 y 5.

$$\%NK = \frac{(Vs-Vb) * M * 14.01}{W * 10} \quad [4]$$

$$\%Pc = \%NK * F \quad [5]$$

Donde:

%NK: Porcentaje de Nitrógeno\ Kjeldahl

Vs: Volumen (mL) ácido clorhídrico estandarizado utilizado en la titulación;

Vb: Volumen (mL) ácido clorhídrico estandarizado utilizado en la titulación de los blancos;

M: Molaridad del ácido clorhídrico estandarizado;

W: Peso (g) de las muestras;

%Pc: Porcentaje de proteína cruda

F: Factor para convertir el contenido de nitrógeno a proteína. El factor que se utilizó para los cinco granos oleaginosos fue de 6.25 para materia prima de alimentación, según el AOAC.

El proceso empezó con el pesado de las muestras en una balanza analítica "OHAUS® AX224/E". Las muestras fueron pesadas individualmente en papel café con 1 ± 0.0050 g de muestra. Las muestras junto con el papel se envolvieron y se colocaron adentro de cada uno de los tubos Kjelttec. Luego se agregó 2 tabletas Kjeltabs de 2.5 g K₂SO₄ y 0.4 g CUSO₄ y 15 mL de ácido sulfúrico al 95-98% en cada tubo Kjelttec, por lo que las muestras contienen una cantidad de grasa cruda mayor al 10%. Luego se colocó la rejilla de tubos en el equipo digestor de FOSS Tecator D 20, se abrió la válvula de agua para extraer los vapores y se llevó el equipo hasta una temperatura de 420°C para iniciar el proceso de digestión durante 60 minutos. Al finalizar la digestión se dejó enfriar el equipo durante 90 minutos.

La siguiente fase del análisis consistió en hacer una destilación a partir del producto de la digestión en el equipo de FOSS Kjelttec 8200. Para cada muestra se colocó un Erlenmeyer de 300 mL y el tubo Kjelttec correspondiente para correr el programa que trabaja con 80 mL de agua desionizada, 60 mL de NaOH al 40% y 30 mL de H₃BO₃, el cuál fue preparado con los indicadores de rojo metilo y verde bromocresol. El objetivo de la destilación en este caso es de obtener amoniaco en el medio a titular en el Erlenmeyer de 300 mL.

Finalmente, se llevó a cabo la titulación para cada Erlenmeyer que corresponde a cada una de las muestras. Para ello, en cada destilación se cargó la bureta con 50 mL de HCl 0.0923 N. Se colocó un agitador magnético debajo de la bureta y el Erlenmeyer con la muestra destilada con la pastilla magnética. Se tituló hasta que el medio cambió a un color rosado. Luego se registró la cantidad de volumen (mL) de ácido clorhídrico que se utilizó en la titulación.

Grasa Cruda (AOAC 2003.06).

Para la evaluación de lípidos se empleó el método AOAC 2003.06 para determinar grasas crudas, ya que este método es apto para granos oleaginosos (Latimer 2012). Este método funciona de manera que el solvente hirviendo separa las grasas, los aceites, los pigmentos y otros compuestos liposolubles. Se utilizó el equipo "Soxtec™ 8000 Extraction Unit" de la línea "Tecator™". Se les agregó a los dedales de celulosa, con dimensiones (46 x 80 mm), 2 ± 0.0050 g de célite 545® con un tamaño de partícula: 0.1 - 0.4 mm. Se pesó 1 ± 0.0050 g de muestra y se colocó el algodón desgrasado.

Se añadieron cuatro perlas de ebullición a cada taza de aluminio y se trasladaron al "Horno Fisher Scientific 750 F" a 105 °C durante 30 minutos para quitar la humedad, se ubicaron las tazas y los dedales en el equipo y se encendió en el programa que contaba con los siguientes parámetros de extracción: Ebullición durante 20 minutos, lavado durante 40 minutos y recuperación de n-hexano para análisis EMSURE® durante ocho minutos.

Al obtener los resultados del equipo "Soxtec", las tazas metálicas pasaron al "Horno Fisher Scientific 750 F" a una temperatura de 105°C para retirar los restos del solvente, en este caso hexano, por 30 min y luego al desecador para que la muestra se estabilizara a temperatura ambiente. Se midió el peso de la muestra con una balanza analítica tomando los valores con cuatro cifras significativas. Al tener los resultados se usó la Ecuación 6, de porcentaje de grasa cruda.

$$\%GC = \frac{T_f - T_i}{S} * 100 \quad [6]$$

Donde:

%GC: Porcentaje de grasa cruda

T_f = Residuo de grasa (g) + Peso taza (g)

T_i = Peso taza (g)

S = Peso de la muestra (g)

Extractos Libre de Nitrógeno (21 CFR 101.9(c)(6)).

La determinación de Extractos libre de Nitrógeno (ELN) se calculó haciendo una diferencia entre el peso total del alimento y la suma de los porcentajes de cada macronutriente como proteína cruda, la grasa total, la humedad, fibra dietética y cenizas en gramos (FDA 2022). Se utilizó la Ecuación 7.

$$\%ELN = \%M - (\%PC + \%H + \%GC + \%Cz + \%FD) \quad [7]$$

Donde:

%ELN: Porcentaje de Extractos Libre de Nitrógeno

%M: Porcentaje de la muestra

%PC: Porcentaje de proteína cruda

%H: Porcentaje de humedad

%GC: Porcentaje de grasa cruda

%Cz: Porcentaje de cenizas

%FD: Porcentaje de fibra dietética

Calorimetría (DIN 51900-3).

Este proceso se realizó por medio del “Calorímetro Compensado Parr 6100” con una dimensión de 57 cm ancho x 40 cm profundidad x 43 cm altura. Esta es una unidad operativa compacta que utilizó una bomba de oxígeno estilo 1108 y cubeta ovalada provista con el 6100. Este equipo está compuesto por un sistema de llenado automático de oxígeno y termómetro electrónico de alta presión. La clasificación de precisión fue de 0.1 – 0.2%. Todos los datos de cada cultivo fueron manejados automáticamente por una microcomputadora integrada en el equipo.

Descripción de la Metodología e Instrumentos Para la Determinación del Perfil de Ácidos Grasos

Perfil de Ácidos Grasos por Cromatografía de Gases (AOCS Ce 2b-11/ AOCS Ce 1j-07)

Para el análisis del perfil de ácidos grasos, se transesterificó cada una de las muestras de los cinco cultivos oleaginosos utilizando el método AOCS Ce 2b 11. La determinación del perfil de ácidos grasos cis y trans se realizó a través del método oficial AOCS Ce 1j-07. Se utilizó un equipo de cromatografía de gases, que trabajó con gas de arrastre H₂ y gas aire para la combustión de la muestra. A través de un detector de ionización de flama, el equipo registró los resultados de cada una de las muestras. El principio que se utilizó en el equipo de cromatografía de gases fue de separación por afinidad en una fase móvil. El objetivo fue caracterizar los ácidos grasos de manera que se obtiene el listado y la proporción de cada ácido graso.

Para la transesterificación con el método AOCS Ce 2b 11 se trabajó con tubos de ensayo marca Pyrex previamente rotulados. A cada uno de los tubos se le agregó de 200 - 250 mg del aceite de cada muestra, el cual fue extraído con el método de AOAC 2003.06. Se le adicionó 2 mL de isooctano para análisis EMSURE® y 0.5 mL KOH metanólico solución 2 M (Hidróxido de potasio número CAS: 1310-58-3), luego se agitó en el vórtex "Fisher Digital Vortex 120V" durante ocho minutos y se dejó reposar 10 minutos.

En la segunda parte del proceso, se tomó 1 mL de la fase superior del tubo de ensayo por medio de una pipeta "Rainin Pipet lite XLS" para transferirlo hacia nuevos tubos de ensayo. Una vez completado este paso, se adicionó 4 mL de isooctano y 1 g de sulfato de sodio. Luego se agitó cada uno de los tubos durante 8 minutos en el equipo vórtex y se dejó en reposo durante 10 min. Por medio de una pipeta electrónica, se transfirió 1 mL de la fase del isooctano a los viales rotulados que se corresponden al cromatógrafo de gases.

La inyección se realizó por medio del método AOCS Ce 1j-07. Brevemente, se empleó una temperatura de puerto de inyección de 235 °C y una temperatura de detector de 325 °C. Se utilizó hidrógeno como gas de arrastre a un flujo de 1.0 mL/min; 26 cm/s; 24.63 psi; con un radio de Split

1:100. El programa en el horno inició a 180 °C por 32 min, incrementando a 20 °C/min hasta 215 °C en un tiempo de espera de 31.22 min.

Se comprobó las temperaturas del horno, inyector y el detector, se verificó la llama y las condiciones de flujo, velocidad y tiempo de corrida. Se analizó el estándar GLC-463 (Nu-Chek Prep) y cada uno de los aceites de las muestras. El estándar de perfil de ácidos grasos GLC-463 sirvió como referencia para comparar con los aceites de los granos oleaginosos. El volumen de inyección que se utilizó para cada uno de los viales fue de 1 µL y su flujo de aire fue de 450 mL/min con un gas “make up” (nitrógeno) de 46 mL/min.

Finalmente, se integró y corrigió el cromatograma para eliminar los picos correspondientes al solvente (isooctano) para proceder a promediar los resultados. Se evaluó la precisión tanto en la parte cualitativa (tiempo de elusión) como cuantitativa (área del pico de cada ácido graso) del análisis. Se procedió a identificar cuáles son los ácidos grasos presentes en la muestra con el objetivo de reportar el porcentaje de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados cis e insaturados + poliinsaturados trans de los aceites evaluados.

Descripción de la Metodología e Instrumentos Para la Evaluación de las Tortas Desgrasadas

Extrusión en Frío

Este proceso se realizó con un equipo de extrusión “CGOLDENWALL Oil Press Machine”. El equipo opera con un tornillo de extrusión de 245 mm y una cámara de prensado de 44 mm. Se pesó una cantidad de 100 gramos de cada uno de los granos en una balanza “OHAUS® AX224/E”. Luego se llevaron estos granos al “Horno Fisher Scientific 750 F” y se mantuvo la temperatura a 105°C durante 30 minutos. Finalmente, se introdujo el grano al equipo de extrusión para obtener dos productos: aceites y tortas desgrasadas.

Humedad (AOAC 950.46B) y Grasa Cruda (AOAC 2003.06)

Para la determinación del cambio composicional de los cultivos se utilizaron los métodos de análisis de humedad total y grasa cruda total del descritos anteriormente. Adicionalmente, se realizó

un análisis de diferencia de medias a través de una prueba t pareada para determinar el cambio que tuvo el alimento con respecto a sus parámetros de humedad y grasa.

Determinación del Perfil Nutricional de las Tortas Desgrasadas

Para llevar a cabo la determinación del cambio del perfil nutricional de la torta desgrasada se utilizó la Ecuación 8. Partiendo de la información del cambio de grasa y el cambio de humedad que tuvo el cultivo al pasar por el procesamiento de extrusión.

$$\%PD = \frac{\%PA}{(100 - (\%RH + \%RG))} \cdot 100 \quad [8]$$

Donde:

%PD= Porcentaje de nutriente después

%PA= Porcentaje de nutriente antes

%RH= Porcentaje de reducción humedad (Humedad antes - Humedad después)

%RG= Porcentaje de reducción grasa (Grasa antes – Grasa después)

Descripción de la Metodología Para la Propuesta de Dos Productos Agroindustriales

Elaboración de Formulación

Se elaboraron dos formulaciones distintas utilizando el programa “Genesis R&D®” de formulación de alimentos y etiquetado nutricional. Los ingredientes principales de las formulaciones fueron las tortas desgrasadas provenientes del procesamiento de los cinco granos oleaginosos. Se buscó utilizar los productos de los cinco granos oleaginosos repartidos entre las dos formulaciones.

Elaboración del Flujo de Proceso

La elaboración de un flujo de proceso tomó en cuenta los ingredientes utilizados en la formulación de los dos productos agroindustriales.

Desarrollo de Etiquetas Nutricionales

Para la elaboración de las etiquetas nutricionales se utilizó nuevamente el programa de “Genesis R&D®” de formulación de alimentos y etiquetado nutricional. Las porciones de los alimentos

se determinaron a través del Reglamento Técnico Centro Americano 67.01.60:10, específicamente el Anexo E y F correspondiente al etiquetado nutricional de alimentos. El desarrollo conceptual de las etiquetas nutricionales solo declaró la composición de macronutrientes, ya que, la determinación de micronutrientes no entra en el enfoque del estudio.

Resultados y Discusión

Evaluación de la Composición Proximal Completa de Cinco Cultivos Oleaginosos

Los resultados se presentaron iniciando con los obtenidos por medio de un análisis proximal de los cinco granos oleaginosos enteros. El análisis proximal completo es una herramienta que tiene como propósito determinar y cuantificar el perfil nutricional de macronutrientes para cada uno de los granos. Esta información es relevante para establecer el valor de los componentes químicos, ya que estos tienen distintas aplicaciones en la industria alimentaria.

Humedad

Al analizar el contenido de humedad de los cinco cultivos oleaginosos se encontró que estos tenían una diferencia estadísticamente significativa con excepción al girasol y el maní. El grano con mayor porcentaje de humedad fue el jícara, con 8.03% (Cuadro 3). Estos resultados se consideraron como positivos debido a que los granos deberían mantenerse a un porcentaje de humedad bajo para maximizar la preservación de la calidad e inocuidad (Zhao et al. 2020). Bradford et al. (2020) sugirió que una reducción notable debe darse en cultivos oleaginosos por lo que deben encontrarse en un rango de 7-8% de humedad, esto debido a su capacidad de poder ser hospedero de microorganismos. Principalmente se reduce la humedad en los granos para evitar crecimiento de microorganismos productores de aflatoxinas y microorganismos descomponedores (Schemminger et al. 2019). El contenido de humedad es un parámetro no calórico que al estar en mayor proporción reduce el contenido energético y el valor nutricional del alimento.

Cenizas

Para los resultados de cenizas en base húmeda se determinó que los granos oleaginosos se encontraron en un rango de cantidad de cenizas de entre 1.85 y 6.12 g/100 g. Estos resultados de ceniza de los cinco cultivos oleaginosos se encontró diferencias estadísticas significativas entre ellos ($P < 0.05$), siendo la soya el cultivo que presentó un mayor contenido de ceniza (Cuadro 3).

Se identificó que entre los cultivos de jícaro y girasol no existen diferencias estadísticas. La cantidad de cenizas representa el contenido total de minerales que presenta un alimento (Márquez Sigua 2014). La composición de cenizas varía entre cultivo por la estructura del grano que consiste en el pericarpio, endospermo y germen que representan diferentes porcentajes en cada cultivo (FAO 1993). Sin embargo, estos resultados generalmente son buenos por lo que estas cenizas suponen alrededor del 5% de la materia seca de los alimentos y los valores obtenidos de ceniza de estos granos se encuentran en relación con la tabla de composición de alimentos de Centroamérica (Méndez 2018). Las cenizas cumplen con un papel importante al obtener la materia orgánica y calcular el resto de los nutrientes como los carbohidratos.

Materia Orgánica

En el Cuadro 3, se observa que el maní es el cultivo con mayor porcentaje de materia orgánica, esto debido a que su contenido de materia inorgánica (cenizas) es el más bajo en comparación con los otros granos oleaginosos en estudio. En cuanto a la soya, según Gaspar et al. (2018) en comparación a otros granos, es la que aporta mayor porcentaje de minerales como calcio, hierro, magnesio, potasio y fósforo. Mientras que el ajonjolí presentó el segundo mayor porcentaje de cenizas, donde se evidencia que este cultivo contiene una mayor proporción de compuestos inorgánicos que participan en el metabolismo de los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas (Gaspar et al. 2018).

Grasa Cruda

En los resultados del Cuadro 3, se observó que el ajonjolí y maní presentan una igualdad estadística. Según el estudio de Méndez, en el (2018), el ajonjolí debería tener un contenido lipídico de 49.67% y el del maní es de 49.66%, lo que explicaría la igualdad estadística en el contenido de grasa cruda de los granos de estos dos cultivos. El resto de los granos demuestran una diferencia estadística significativa para este parámetro. Los que aportan mayor cantidad de grasa son el ajonjolí, el maní y el girasol. Esto representa aproximadamente la mitad del contenido porcentual. Aunque, el método de extracción utilizado no cuantifica el perfil de ácidos grasos, este valor sirve para determinar la

cantidad total de grasas en el alimento, independientemente del tipo de ácido graso. Es importante mencionar que los lípidos son los macronutrientes que aportan mayor contenido de energía, el cual se estima en 9 kcal/g (Mara Block y Barrera-Arellano 2013). Según Qi W et al. (2020), existen diversas aplicaciones para la industria no alimentaria tales como los biodiesel, surfactantes como jabones o detergentes y productos cosméticos.

Proteína Cruda

La soya es el cultivo que tuvo el porcentaje más elevado de proteína cruda, llegando al valor de 33.78% (Cuadro 3). Por otro lado, el ajonjolí es el que tuvo menor contenido de este componente. Sin embargo, Palma en el 2018 sugiere que, a pesar de esta debilidad, el ajonjolí destaca por su aporte de metionina; el cual es un aminoácido esencial de alto valor biológico (Palma 2018). Tanto el girasol y el maní presentaron un valor de proteína en el rango de 17 - 20% (Cuadro 3). La separación de medias reveló que existe una igualdad estadística en el contenido de proteína cruda de los granos de girasol, jícara y maní. Sin embargo, la determinación de proteínas del estudio para el girasol y maní es inconsistente con los resultados reportados por el "FoodData Central" (USDA 2018d), ya que estos presentaron un mayor porcentaje de proteína. A pesar del uso extenso del método de Kjeldahl para determinación de proteína cruda, autores como Krul (2019) sugieren que el factor de conversión del 6.25 no es el más apto para granos, específicamente de la soya, por lo que se podría estar sobreestimando la cantidad de proteína en los cultivos. Una desventaja de este análisis es que el método de Kjeldahl mide el total de nitrógeno orgánico y luego este tiene que ser multiplicado por el factor de conversión, por lo que es un método de baja precisión (Nielsen 2017).

Extracto Libre de Nitrógeno

Los resultados de los Extractos Libres de Nitrógeno (ELN) demuestran una proporción de carbohidratos (Ortiz et al. 2020). En la determinación de ELN la separación de medias Duncan demostró que el grano de soya tuvo diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) con respecto a los otros cultivos. Mientras que el resto de los cultivos no tuvieron diferencias estadísticamente significativas, un resultado que no está fuera de lo esperado debido a que estos granos generalmente tienen bajas proporciones de ELN (Ortiz et al. 2020). Una posible aplicación que corresponde al bajo contenido de carbohidratos de los granos es la utilización de estos para mejorar el balance nutricional de otros alimentos o ingredientes que son ricos en carbohidratos

Calorimetría

Debido a que se encontró diferencia significativa en los componentes nutricionales de los cinco cultivos del estudio, se esperó que estos tuvieran un aporte energético distinto. Esto se ve evidenciado por la diferencia estadísticamente significativa con una probabilidad ($P < 0.05$) para cada tratamiento (Cuadro 3). Los granos de mayor densidad energética son el maní, el ajonjolí y el girasol. Se esperó que los granos oleaginosos tuvieran una alta densidad energética y el estudio evidenció que todos estos granos oleaginosos tuvieron una alta densidad energética. Los resultados de mayor densidad energética correspondieron con los resultados de los granos que presentaron mayor contenido de grasa cruda. El macronutriente que más aporta energía es el lípido (9 Kcal por cada gramo). Al tener mayor concentración de grasa cruda, estos cultivos pueden a su vez aumentar en su densidad energética (Nascimento et al. 2021). Vernarelli et al. (2018) discutieron que las personas que sufren de obesidad proporcionalmente consumen alimentos que son más altos en densidad energética y menor densidad de nutrientes.

Cuadro 3

Medias del contenido de humedad, ceniza, materia orgánica, proteína, fibra dietética, extracto libre de nitrógeno y calorimetría en 100 gramos por muestra de cada cultivo oleaginoso.

Grano	Humedad (g) ± DE	Cenizas (g) ± DE	Materia Orgánica (g) ± DE	Grasa Cruda (g) ± DE	Proteína (g) ± DE	Fibra Dietética (g)	ELN (g) ± DE	Calorimetría (Kcal) ± DE
Ajonjolí	3.75 ± 0.04 ^D	5.22 ± 0.12 ^B	88.37 ± 0.16 ^C	50.39 ± 0.12 ^A	20.66 ± 0.17 ^C	11.80 ^{FB1}	8.19 ± 0.35 ^B	677.10 ± 5.85 ^B
Girasol	4.96 ± 0.15 ^C	3.57 ± 0.11 ^C	91.47 ± 0.25 ^B	47.38 ± 0.19 ^B	27.61 ± 1.02 ^B	8.60 ^{FB2}	7.88 ± 1.08 ^B	666.46 ± 1.77 ^C
Jícaro	8.03 ± 0.08 ^A	3.60 ± 0.14 ^C	88.37 ± 0.07 ^C	32.27 ± 0.59 ^C	27.69 ± 0.44 ^B	19.41 ^{FB3}	8.83 ± 1.02 ^B	576.67 ± 3.77 ^D
Maní	4.84 ± 0.05 ^C	1.85 ± 0.06 ^D	93.31 ± 0.15 ^A	50.29 ± 0.30 ^A	27.12 ± 0.20 ^B	8.50 ^{FB4}	7.40 ± 0.42 ^B	688.32 ± 4.56 ^A
Soya	7.30 ± 0.06 ^B	6.12 ± 0.11 ^A	86.58 ± 0.21 ^D	17.50 ± 0.34 ^D	33.78 ± 0.06 ^A	9.30 ^{FB5}	26.00 ± 0.44 ^A	512.93 ± 2.67 ^E
P	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	N/A	<.0001	<.0001
C.V.	1.54	2.86	0.22	0.81	2.02	N/A	6.3130	0.58

Nota. P: valor de probabilidad estadística. DE.: Desviación Estándar. A-E.: Letras diferentes en cada columna indican diferencia significativa (P < 0.05). g: gramos. ELN: Extracto libre de nitrógeno. C.V.: Coeficiente de variación. N/A: No aplica. FB1: (USDA 2018b). FB2: (USDA 2018a) FB3: (USDA 2018d). FB4: (USDA 2018c). FB5: (ESHA Research [updated 2022]).

Determinación del Perfil de Ácidos Grasos de los Aceites de los Cinco Granos Oleaginosos

Perfil de Ácidos Grasos de los Granos

A través de la técnica de cromatografía de gases, se encontró que los aceites de los granos del estudio tienen altas proporciones de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados. La literatura menciona que los aceites vegetales provenientes de los granos oleaginosos son altos en ácidos grasos poliinsaturados de 18 carbonos (Kontogiorgos 2021). Según la investigación de Calvagna (2022), la cual determinó que diferentes granos oleaginosos son una excelente fuente de ácidos grasos insaturados, particularmente de ácido oleico. Se encontró en el estudio que los aceites de estos granos tienen una alta proporción del ácido graso monoinsaturado oleico. Los resultados en el Cuadro 4 demuestran que el jícaro y maní tienen una mayor proporción de ácidos grasos monoinsaturados, comparado con la cantidad de poliinsaturados. El maní y el jícaro definitivamente aportan una cantidad muy considerable de ácidos grasos oleicos 59.70 g/100 g y 57.03 g/100 g, respectivamente.

Los demás granos tuvieron una composición que en su mayoría estaba compuesta por ácidos grasos poliinsaturados. Los resultados generalmente fueron positivos por lo que se encontraron altas proporciones de ácidos grasos poliinsaturados en el ajonjolí (46.45 /100 g), girasol (54.38 /100 g), y soya (57.20 /100 g). Se evidenció en los resultados una alta proporción de la sumatoria de ácidos grasos poliinsaturados con respecto a la sumatoria de ácidos grasos saturados y monoinsaturados en estos granos (Bedoya Mejía et al. 2012). Los ácidos grasos poliinsaturados son ácidos grasos (omega-3, omega-6 y omega-9) esenciales que tienen la capacidad de bajar niveles de colesterol tipo LDL, aunque también pueden causar una reducción del colesterol tipo HDL (Medulla 2012). Estadísticamente cada grano tuvo una composición única en la proporción ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados con una confiabilidad de ($P < 0.05$) debido a que los resultados evidenciaron que en la sumatoria de los ácidos grasos monoinsaturados de los cinco cultivos oleaginosos son todos estadísticamente diferentes.

Cuadro 4

Resultados del análisis de perfil de ácidos grasos del aceite de los cinco granos oleaginosos en 100 gramos de aceite.

PAG	Ajonjolí	Girasol	Jícaro	Maní	Soya
	Media (g) ± DE	Media (g) ± DE	Media (g) ± DE	Media (g) ± DE	Media (g) ± DE
C16:0	9.42 ± 0.02 ^{DC}	8.07 ± 1.15 ^D	16.01 ± 0.09 ^A	9.78 ± 0.84 ^{CB}	11.02 ± 0.62 ^B
C18:0	5.02 ± 0.01 ^A	3.82 ± 0.11 ^{CB}	5.35 ± 0.02 ^A	3.64 ± 0.05 ^C	4.12 ± 0.41 ^B
C20:0	0.62 ± 0.01 ^C	0.30 ± 0.01 ^E	0.81 ± 0.01 ^B	1.53 ± 0.07 ^A	0.44 ± 0.07 ^D
C22:0	0.16 ± 0.01 ^E	0.84 ± 0.01 ^B	0.37 ± 0.01 ^D	2.78 ± 0.03 ^A	0.42 ± 0.01 ^C
C18:1 cis-9	37.82 ± 0.01 ^C	31.77 ± 0.53 ^D	57.03 ± 0.00 ^B	59.70 ± 0.17 ^A	26.05 ± 1.98 ^E
C20:1 cis-11	0.15 ± 0.01 ^B	0.14 ± 0.01 ^B	0.18 ± 0.03 ^B	1.04 ± 0.09 ^A	0.18 ± 0.01 ^B
C24:1 cis-15	0.10 ± 0.00 ^D	0.26 ± 0.02 ^B	0.25 ± 0.01 ^B	1.41 ± 0.01 ^A	0.19 ± 0.01 ^C
C18:2n6 cis-9,12	46.04 ± 0.06 ^C	54.25 ± 1.79 ^A	17.60 ± 0.14 ^D	19.63 ± 0.25 ^D	50.86 ± 2.70 ^B
C18:3n3 cis-9,12,15	0.36 ± 0.00 ^C	0.11 ± 0.01 ^C	1.85 ± 0.11 ^B	ND	6.34 ± 0.39 ^A
∑SAFA	15.31 ± 0.06 ^C	13.24 ± 1.28 ^D	22.67 ± 0.07 ^A	17.90 ± 0.77 ^B	16.22 ± 1.09 ^{CB}
∑MUFA	38.24 ± 0.02 ^C	32.07 ± 0.52 ^D	57.78 ± 0.19 ^B	62.22 ± 0.50 ^A	26.59 ± 1.98 ^E
∑PUFA	46.45 ± 0.06 ^B	54.38 ± 1.80 ^A	19.54 ± 0.12 ^C	19.88 ± 0.27 ^C	57.20 ± 3.05 ^A
% CV	2.70	9.82	3.90	6.36	7.04

Nota. DE.: Desviación Estándar. % CV.: Coeficiente de Variación. A-E.: Letras diferentes en cada fila indican diferencia significativa (P < 0.05). ND.: No detectado PAG.: Perfil de Ácidos Grasos SAFA.: Ácidos grasos

saturados (por sus siglas en inglés). MUFA.: Ácidos grasos monoinsaturados (por sus siglas en inglés). PUFA.: Ácidos grasos poliinsaturados (por sus siglas en inglés)

Evaluación del Cambio Nutricional de Cinco Tortas Desgrasadas Posterior a un Procesamiento de Extrusión en Frío

Recálculo del Perfil Nutricional

En el Cuadro 5, se evidenció una reducción en el contenido de grasa cruda principalmente. Como efecto, se determinó un incremento porcentual de los otros nutrientes como cenizas, proteína, fibra dietética y extracto libre de nitrógeno en las tortas desgrasadas. La reducción del contenido de grasa cruda total en las tortas extruidas conllevó a una reducción en la densidad energética.

Humedad

Estadísticamente se pudo comprobar una diferencia significativa entre la humedad de cada uno de los granos y las tortas desgrasadas ($P < 0.05$). Es decir, el proceso de extrusión tuvo un efecto sobre la humedad de cada uno de los granos oleaginosos (Cuadro 6). Esta pérdida de humedad puede relacionarse con el incremento de temperatura y presión que se genera en el barril del equipo (Almiduris, 2018). El maní presentó un comportamiento extraño, ya que según los resultados obtenidos su contenido de humedad incrementó después del proceso de extrusión, lo cual puede ser un indicativo que absorbió una cantidad de agua. Una posible explicación para esta situación es que dependiendo de la velocidad de rotación del tornillo y el material extruido se puede generar un cambio en la capacidad de absorción de humedad (Fuentes Oliva 2016). Otra posible explicación, por incremento de humedad, es que las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad relativa hayan influenciado el proceso higroscópico de esta materia procesada (Sá et al. 2021). A pesar de esto, generalmente se ve una reducción de humedad y estos resultados tienen una importancia sobre la composición de la torta desgrasada, ya que el proceso de remoción de humedad causa una concentración de nutrientes en el producto procesado (Pallavi y Dipika 2010).

Cuadro 5

Medias del recálculo del contenido de humedad, ceniza, proteína, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno en 100 gramos por muestra de cada torta desgrasada.

Grano	Humedad (g) ± DE	Cenizas (g) ± DE	Grasa Cruda (g) ± DE	Proteína (g) ± DE	Fibra Dietética (g)	ELN (g) ± DE	Energía ± DE
Ajonjolí	1.81 ± 0.02 ^C	6.77 ± 0.15 ^B	29.36 ± 0.39 ^C	26.82 ± 0.37 ^D	15.31	19.63 ± 0.41 ^B	450.02 ± 3.07 ^B
Girasol	1.46 ± 0.06 ^D	3.88 ± 0.09 ^D	42.77 ± 0.72 ^A	30.04 ± 0.90 ^C	9.36	12.58 ± 1.23 ^E	555.43 ± 5.00 ^A
Jícaro	2.39 ± 0.49 ^B	4.78 ± 0.21 ^C	13.28 ± 0.26 ^D	36.96 ± 0.55 ^B	25.75	16.71 ± 1.29 ^C	334.24 ± 0.95 ^D
Maní	1.52 ± 0.01 ^D	2.12 ± 0.08 ^E	41.10 ± 0.57 ^B	30.99 ± 0.15 ^C	9.71	14.45 ± 0.51 ^D	551.79 ± 3.50 ^A
Soya	4.87 ± 0.07 ^A	7.04 ± 0.15 ^A	6.87 ± 0.20 ^E	38.86 ± 0.10 ^A	10.70	31.91 ± 0.42 ^A	344.87 ± 1.08 ^C
P	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
C.V.	1.99	3.13	1.90	1.69	0.72	5.05	0.77

Nota: DE.: Desviación Estándar. A-E.: Letras diferentes en cada columna indican diferencia significativa (P < 0.05). g: gramos. ELN: Extracto libre de nitrógeno. C.V.: Coeficiente de variación.

Cuadro 6

Diferencia de medias de humedad y grasa de los cultivos oleaginosos después de la extracción en frío por cada 100 gramos de muestra.

	Ajonjolí (g) ± DE	Girasol (g) ± DE	Jícaro (g) ± DE	Maní (g) ± DE	Soya (g) ± DE
Humedad	3.40 ± 0.13	2.05 ± 0.11	2.43 ± 0.15	-0.53 ± 0.11	1.26 ± 0.15
Probabilidad	0.0005	0.0010	0.0016	0.01	0.0047
Grasa	21.03 ± 0.50	4.61 ± 0.81	18.90 ± 0.38	9.18 ± 0.28	10.63 ± 0.28
Probabilidad	0.0002	0.0103	0.0001	0.0003	0.0002

Nota. DE.: Desviación Estándar. g: gramos.

Grasa Cruda

Todos los granos tuvieron una reducción de grasa cruda estadísticamente significativa, ya que la probabilidad estadística se encuentra en un valor menor a 0.05 para cada tratamiento (Cuadro 6). Por lo que, se puede evidenciar que el extrusor “CGOLDENWALL Oil Press Machine” tiene una influencia sobre la cantidad de grasa cruda que hay en un grano procesado. Sin embargo, la extrusión por prensado frío es una técnica que no es totalmente eficiente ya que no se logró una remoción total del contenido lipídico. La eficiencia de extracción de aceite va a depender de muchos factores como, por ejemplo, la configuración de los tornillos, temperatura y velocidad de extrusión (Uitterhaegen y Evon 2017). Aunque, la extrusión fría no sea el método de extracción más eficiente, los aceites son considerados de buena calidad por su contenido de compuestos como la sesamina, sesamolina, y lignanos de sesaminol (Imran M et al. 2020). La reducción de este componente de alto valor energético en la matriz alimenticia genera una concentración de nutrientes calificantes y reducción de un nutriente no calificante según el Índice de Alimentos Ricos en Nutrientes (NRF) (Drewnowski 2018).

Propuesta de Usos Alimentarios de las Tortas Desgrasadas para Consumo Humano

Los alimentos basados en plantas tienen una proyección a futuro de mucho interés por sus beneficios nutricionales y ambientales. Existen muchas tendencias de mercado que apuntan a atender estas necesidades que cada vez van incrementando su presencia. La importancia de las dietas basadas en plantas radica en el potencial de estas para atender padecimientos de la malnutrición tales como la baja densidad de micronutrientes a nivel poblacional (Meghwar et al. 2021). De igual manera, estas dietas tienen un alto potencial para aliviar la carga sobre el medio ambiente. Un claro ejemplo es que para producir 1 kg de proteína animal se necesita 100 veces más agua comparado con 1 kg de proteína proveniente de granos (Pimentel D y Pimentel M 2003).

Para atender las necesidades de estas tendencias de consumo, la industria debe darles un valor agregado a los cultivos oleaginosos. En la industria de aceites los coproductos tales como las tortas desgrasadas se destinan para consumo animal. Es decir que, existe la posibilidad de obtener

mayor valor de estos productos para la elaboración de productos agroindustriales destinados para consumo humano. Por lo que se proponen dos productos agroindustriales a partir de las tortas desgrasadas de cinco cultivos oleaginosos. Los productos en propuesta son: Una bebida vegetal a base de soya y jícara; Una confección de granos estilo “halva” hecho a partir de ajonjolí, maní y girasol.

Horchata Instantánea en Polvo

Las bebidas basadas en plantas o bebidas vegetales son un segmento de mercado que ha tenido un gran crecimiento debido al interés que tienen los consumidores intolerantes a lactosa y alérgicos a las proteínas lácteas (Sethi et al. 2016). La utilización de los cereales y granos oleaginosos ha generado mucha atención para la creación de productos destinados a reemplazar bebidas lácteas. Esto se debe principalmente a la presencia de nutrientes como la proteína y en gran parte por otros compuestos funcionales/nutracéuticos tales como la fibra dietética, minerales, vitaminas y antioxidantes (Schmoltdt et al. 1975). Otra razón para el aumento en el consumo de reemplazos de bebidas lácteas son las actitudes del consumidor orientadas a consumo sostenible y vegano.

El consumo creciente de alimentos funcionales y nutraceuticos se ha atribuido a diferentes factores, uno de ellos siendo el creciente interés de productos saludables y funcionales en el consumidor posterior COVID 19 (Nakat y Bou-Mitri 2021). Teniendo en cuenta el escenario actual y la importancia de estos productos para los consumidores se identifica un interés en bebidas vegetales (Rojas 2012). El consumo de bebidas elaboradas a partir de distintos ingredientes vegetales es cada vez mayor en diversos sectores de la población y actualmente son considerados como nuevos productos naturales con propiedades saludables.

Descripción de la Propuesta del Producto

La propuesta de uso alimentario de las tortas desgrasadas para consumo humano para los granos de soya, jícara y maní se basa en realizar un polvo para obtener una bebida vegetal instantánea estilo horchata con características nutritivas, energéticas, con proteína de alto valor biológico y con un contenido de grasa monoinsaturadas y poliinsaturadas. Estas características lograrían un mercado

objetivo que consiste principalmente en personas intolerantes a la lactosa, veganos y con un estilo de vida saludable. Asimismo, personas en general que busquen cambiar sus hábitos alimenticios, y finalmente empresas como supermercados, restaurantes o ferias que adquieran este tipo de polvo instantáneo como insumo.

Los polvos para bebidas instantáneas en el mercado junto con las recetas caseras generalmente utilizan las materias primas enteras. Como se evidenció en los resultados del Cuadro 3, estas materias primas pueden tener contenidos de hasta 50% de grasas totales. Por lo que estas mismas tienen altos contenidos energéticos; factor que, junto con el exceso de azúcar y bajas cantidades de fibra en dietas se correlacionan a ganancia de peso y obesidad (Neri et al. 2022). El uso de tortas desgrasadas para la creación de un polvo para una bebida instantánea industrial se diferencia de otros productos industriales por sus ingredientes. Los granos que han pasado a través de un proceso de extrusión en frío tienen una menor densidad energética por la reducción de grasa total. La utilización de la torta desgrasada en su totalidad en el desarrollo de un nuevo producto tendría ventajas nutricionales debido a su contenido de proteínas y ventajas funcionales debido a su contenido de fibra dietética, vitaminas, minerales y antioxidantes (Schmoltdt et al. 1975).

La malnutrición se refiere a las carencias o excesos causados por desequilibrios en la ingesta calórica o de nutrientes, afectando la capacidad de los países, especialmente aquellos en vías de desarrollo, para lograr por lo menos ocho de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (CEPAL 2018). Se identifica una fortaleza en las características nutricionales de las tortas desgrasadas de los cinco cultivos oleaginosos. Por lo que existe una oportunidad de utilizar los ingredientes desgrasados para enfocar la propuesta de una bebida de horchata instantánea en polvo con el objetivo de resolver deficiencias nutricionales que se pueden dar en niños y mujeres que están en etapas de lactancia. Estas últimas teniendo un aumento en la necesidad de los ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y 6, ya que, estos tienen una importancia en la etapa de desarrollo fetal (Bedoya Mejía et al. 2012).

Ingredientes Utilizados Para la Elaboración de la Horchata Instantánea en Polvo

En el Cuadro 7, se encuentran los ingredientes utilizados para la elaboración de la horchata instantánea en polvo. En este caso, se utilizaron las tortas desgrasadas de soya, jícara y maní. Adicionalmente, se utilizó arroz y canela.

Cuadro 7

Formulación para la propuesta de una bebida instantánea a base de tortas desgrasadas.

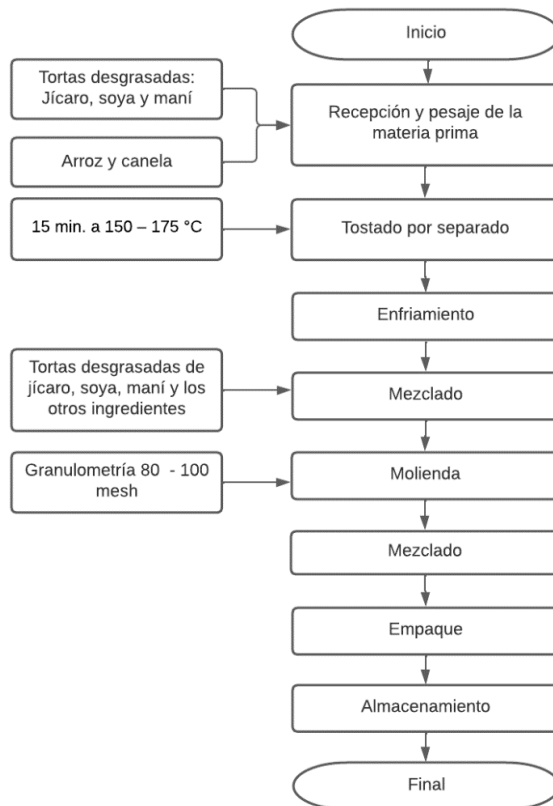
Ingredientes	Porcentajes
Torta desgrasada de soya	21.35 %
Torta desgrasada de jícara	14.23 %
Torta desgrasada de maní	21.35 %
Arroz	42.07 %
Canela	1 %
Total	100 %

Flujo de Proceso de Horchata Instantánea en Polvo

En la Figura 1, se presenta el flujo de proceso de la propuesta de la horchata instantánea en polvo. En este caso se utilizó una referencia proveniente de la Food and Agriculture Organization para la elaboración de la misma (FAO 1993).

Figura 1

Flujo de proceso para elaboración de base para horchata (FAO et al. SF).



Descripción Del Flujo de Proceso

Recepción de Materias Primas

Se recibe y pesaría las tortas desgrasadas (Ajonjolí, jícara y maní), arroz y canela.

Tostado

Tostar las tortas desgrasadas de los tres granos soya, maní y ajonjolí. Por separado se realizaría el mismo proceso para la canela por 15 minutos a una temperatura de 150-175°C.

Enfriado

Enfriar las tortas y la canela hasta la temperatura ambiente.

Mezclado

Mezclar los granos en proporciones variables de acuerdo con la formulación planteada para que este contenga el contenido nutricional esperado por parte de las materias primas.

Molienda

Realizar una molienda de la mezcla de ingredientes en molino de martillos hasta alcanzar una granulometría de 80 a 100 mesh.

Empaque

El empaque se realizaría en bolsas de polietileno de mediana o alta densidad.

Composición Nutricional

La composición nutricional se identifica en la Figura 2. Se obtuvo el resultado teórico de los datos nutricionales de la horchata según los análisis obtenidos en el estudio.

Figura 2

Etiqueta nutricional de una Horchata Instantánea en Polvo.

Nutrition Facts / Datos de Nutrición	
servings per container / Raciones por Envase	
Serving size / Tamaño por Ración	(30g) / (30g)
Amount per serving / Cantidad por ración	
Calories / Calorías	120
<small>% Daily Value* / % Valor Diario*</small>	
Total Fat / Grasa Total 3.5g	4%
Saturated Fat / Grasa Saturada 0g	0%
Trans Fat / Grasa Trans 0g	
Cholesterol / Colesterol 0mg	0%
Sodium / Sodio 0mg	0%
Total Carbohydrate / Carbohidrato Total 13g	5%
Dietary Fiber / Fibra Dietética 2g	7%
Total Sugars / Azúcares Totales 0g	
Includes 0g Added Sugars / Incluye 0g Azúcares Añadidos	0%
Protein / Proteínas 7g	
Vitamin D / Vitamina D 0mcg	0%
Calcium / Calcio 1mg	0%
Iron / Hierro 0mg	0%
Potassium / Potasio 0mg	0%

*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.
*El porcentaje de Valor Diario indica la cantidad de un nutriente en una porción de alimento contribuye a una dieta diaria. 2,000 calorías al día se utiliza para el consejo general de la nutrición.

Nota: No se declaró ningún micronutriente debido a que no se llevó a cabo un procedimiento de análisis en el caso de vitamina D, Calcio, Hierro y Potasio.

Confección Estilo “Halva” Descripción de la Propuesta del Producto

Descripción de la Propuesta del Producto

La “halva” es un producto tradicional hecho a base de semillas y nueces cuyo origen proviene del medio oriente y el norte del continente africano (Racolta et al. 2010). La halva es un producto

estilo postre gourmet el cual tiene alto valor económico especialmente en las zonas de Europa del este, el medio oriente y el norte de África. Este postre tiene una gran diversidad de recetas de las cuales muchas tienen el girasol y el ajonjolí como ingredientes principales. Muchas de las recetas son altas en calorías provenientes de sacarosa y glucosa, pero Racolta et al. (2013) concluyó que es posible obtener halva dietética sin azúcares agregados con una aceptación sensorial cercana. Es decir que esta clasificación de productos tiene el potencial para formulaciones beneficiosas para la salud humana.

Según los resultados obtenidos en el estudio se propone que las tortas desgrasadas de girasol, ajonjolí y maní se pueden utilizar para la elaboración de una confección de halva. La proporción de nutrientes que ofrecen los granos después de una extrusión son adecuados para la elaboración del postre. En este caso se evidencia a través del estudio que el uso de los productos de los granos oleaginosos sería adecuado para la propuesta de un producto agroalimentario para consumo humano por lo que tendría un contenido adecuado de grasa, proteínas y fibra. Los aceites en su composición están compuestos mayormente por ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados.

Ingredientes Utilizados Para la Elaboración de la Confección Estilo “Halva”

En el Cuadro 8, se encuentran los ingredientes utilizados para la elaboración de la confección estilo “Halva”. En este caso, se utilizaron las tortas desgrasadas de maní, girasol y ajonjolí.

Cuadro 8

Formulación para la propuesta de una confección estilo “halva” a base de tortas desgrasadas.

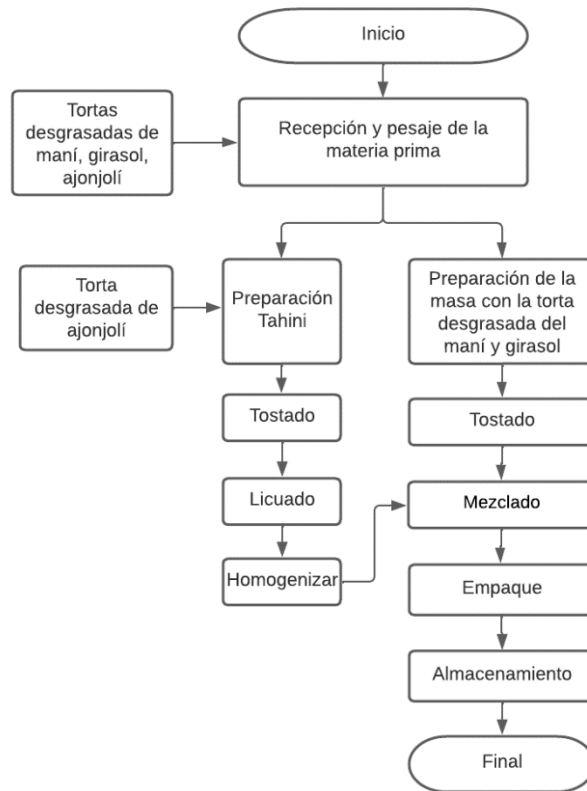
Ingredientes	Porcentajes
Torta desgrasada de maní	33.33 %
Torta desgrasada de girasol	33.33 %
Torta desgrasada de ajonjolí	33.34 %
Total	100 %

Flujo de Proceso de la Confección Estilo “Halva”

En la Figura 3, se presenta el flujo de proceso de la propuesta de la confección estilo “Halva”.

Figura 3

Flujo de proceso de la propuesta de la halva.



Descripción del Flujo de Proceso

Recepción de Materia Prima

Se recibe y pesaría las tortas desgrasadas (Maní, girasol), el ajonjolí en grano para realizar el Tahini.

Preparación del Tahini

Es una pasta que se realiza con las semillas del ajonjolí, las cuales pasarían por un proceso de tostado, luego licuado hasta homogenizarse.

Preparación de Masa de Tortas Desgrasadas

Al obtener las tortas desgrasadas a partir de la extrusión, se pasan a un proceso de tostado para aprovechar sus características en ese estado.

Mezclado

Se realiza la mezcla de la preparación del Tahini, la masa de las tortas desgrasadas hasta llegar a homogenizar el producto.

Empaque

Se agrega el producto y se deja en temperatura ambiente, si se requiere agilizar el proceso se pasa por un proceso de refrigeración.

Almacenamiento.

Composición Nutricional.

La composición nutricional se identifica en la Figura 4. Se obtuvo el resultado teórico de los datos nutricionales de la horchata según los análisis obtenidos en el estudio.

Figura 4

Etiqueta nutricional del postre estilo Halva.

Nutrition Facts / Datos de Nutrición	
servings per container / Raciones por Envase	
Serving size / Tamaño por Ración	(30g) / (30g)
Amount per serving / Cantidad por ración	
Calories / Calorías	160
% Daily Value* / % Valor Diario*	
Total Fat / Grasa Total 11g	14%
Saturated Fat / Grasa Saturada 1.5g	8%
Trans Fat / Grasa Trans 0g	
Cholesterol / Colesterol 0mg	0%
Sodium / Sodio 0mg	0%
Total Carbohydrate / Carbohidrato Total 4g	1%
Dietary Fiber / Fibra Dietética 3g	11%
Total Sugars / Azúcares Totales 0g	
Includes 0g Added Sugars / Incluye 0g Azúcares Añadidos	0%
Protein / Proteínas 9g	
Vitamin D / Vitamina D 0mcg	0%
Calcium / Calcio 0mg	0%
Iron / Hierro 0mg	0%
Potassium / Potasio 0mg	0%

*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.
*El porcentaje de Valor Diario indica la cantidad de un nutriente en una porción de alimento contribuye a una dieta diaria. 2,000 calorías al día se utiliza para el consejo general de la nutrición.

Nota: No se declaró ningún micronutriente debido a que no se llevó a cabo un procedimiento de análisis en el caso de vitamina D, Calcio, Hierro y Potasio.

Conclusiones

Se determinó que, por la composición proximal, los cinco granos oleaginosos resaltan por su contenido de lípidos y energía, además tienen un aporte significativo de proteínas y fibra dietética.

Se identificó el perfil de ácidos grasos de los aceites granos oleaginosos y se determinó que estos tienen una gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados.

El proceso de extrusión tuvo un efecto sobre la cantidad de grasa cruda y humedad en los cultivos por lo que, se identificó que su torta desgrasada tuvo un cambio en la proporción de sus nutrientes.

Se determinó que se pueden proponer alimentos con alto valor nutricional a partir de los oleaginosos procesados ya que estos son efectivos para la elaboración de productos. En el estudio se propusieron dos productos alimentarios para consumo humano utilizando las tortas desgrasadas como ingredientes principales.

Recomendaciones

Realizar un análisis del perfil de ácidos grasos de las tortas desgrasadas con el fin de determinar si hubo un cambio en los ácidos grasos posterior al procesamiento de extrusión.

Realizar análisis de fibra dietética con el fin de determinar el aporte que tienen las tortas desgrasadas para consumo humano.

Llevar a cabo un estudio del desarrollo de nuevos productos utilizando las propuestas de la investigación para determinar aceptabilidad en una población determinada.

Referencias

- Bedoya Mejía O, Rosero Noguera R, Posada SL. 2012. Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes; [consultado el 21 de may. de 2022]. <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/124/1/7.%2093-110.pdf>.
- Bradford KJ, Dahal P, Van Asbrouck J, Kunusoth K, Bello P, Thompson J, Wu F, editores. 2020. Food Industry Wastes. [sin lugar]: Elsevier. ISBN: 9780128171219.
- Calvagna M. 2022. Desmitificando al Aceite - Western New York Urology Associates, LLC. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 10 de may. de 2022; consultado el 10 de may. de 2022]. <https://www.wnyurology.com/content.aspx?chunkid=121811>.
- CEPAL. 2018. Malnutrición en niños y niñas en América Latina y el Caribe | Enfoques | Comisión Económica para América Latina y el Caribe. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 21 de may. de 2022; consultado el 21 de may. de 2022]. <https://www.cepal.org/es/enfoques/malnutricion-ninos-ninas-america-latina-caribe>.
- CFR - Code of Federal Regulations Title 21 (2022 may. 6).
- Drewnowski A. 2018. Nutrient density: addressing the challenge of obesity. *Br J Nutr.* 120(s1):S8-S14. eng. doi:10.1017/S0007114517002240.
- ESHA Research. [actualizado el 17 de may. de 2022]. Genesis R&D Food Formulation & FDA Labeling Software | ESHA. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 17 de may. de 2022]. <https://esha.com/products/genesis-rd-food-labeling-software/>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, editor. 1993. Composición química y valor nutritivo del maíz: Composición química de las pates del grano. Roma: [sin editorial] (Alimentación y nutrición; vol. 25). ISBN: 92-5-303013-5; [consultado el 4 de may. de 2022]. <https://www.fao.org/3/t0395s/T0395s03.htm>.
- Fuentes Oliva HA. 2016. Efecto de la temperatura y velocidad de rotación del tornillo en el proceso de extrusión de maíz, quinua y avena para la elaboración de harina pregelatinizada; [consultado el 18 de may. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5765/1/AGI-2016-T020.pdf>.
- Gaspar TV, Rodriguez Alonso P, Ruiz Moreno E, Ávila Torres JM. 2018. La alimentación española: Características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta; [consultado el 12 de may. de 2022]. <https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/2018/libro-la-alimentacion-espanola.pdf>.
- Imran M, Khan MK, Ali M, Nadeem M, Mushtaq Z, Ahmad MH, Arshad MS, Ahmad N, Rahim MA. 2020. Cold pressed sesame (*Sesamum indicum*) oil. En: Ramadan MF, editor. Cold Pressed Oils. [sin lugar]: Elsevier. p. 105–111.
- Jaacks LM, Vandevijvere S, Pan, McGowan CJ, Wallace C, Imamura F, Mozaffarian D, Swinburn B, Ezzati M. 2019. The obesity transition: stages of the global epidemic. *The Lancet Diabetes & Endocrinology.* 7(3):231–240. doi:10.1016/S2213-8587(19)30026-9.
- Kontogiorgos V. 2021. Introduction to Food Chemistry. Cham: Springer International Publishing. ISBN: 978-3-030-85641-0.

- Latimer GW. 2012. Official methods of analysis of AOAC International. 19^a ed. Gaithersburg, Md.: AOAC International. 1 volume (various pagings) ;. ISBN: 0-935584-83-8.
- Loh HC, Seah YK, Looi I. 2021. The COVID-19 Pandemic and Diet Change. *Prog Microbes Mol Biol.* 4(1). doi:10.36877/pmmb.a0000203.
- Mara Block J, Barrera-Arellano D. 2013. Introducción a la química de lípidos. [sin lugar]: [sin editorial]. <https://cdn.leancommerce.com.br/blucher/produtos/materiais-apoio/1a65eee5-35d9-43a1-aa8e-db282acea0ab-baixa-uma-amostra.pdf>.
- Márquez Siguas BM. 2014. Cenizas y Grasas: Teoría del muestreo, refrigeración y congelación de alimentos: Terminología, definiciones y explicaciones [Tesis]. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ingenieros de Procesos Escuela Profesional de Ingeniería de Industria Alimentarias. 165 p; [consultado el 4 de may. de 2022]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isA>.
- Mckeon TA, Hayes DG, Hildebrand DF, editores. 2016. Industrial oil crops. [sin lugar]: Elsevier. ISBN: 9781893997981.
- Medulla. 2012. Cooking oils for heart health; [consultado el 17 de may. de 2022]. <https://ajeewan.in/Cooking-oils-for-heart-health.pdf>.
- Meghwar P, Chaniho N, Islam T. 2021. Biofortification-A Sustainable Agricultural Strategy For Reducing Micronutrient Malnutrition. *Asian Journal of Advances in Medical Science*; [consultado el 11 de may. de 2022]. 9–13. <https://mbimph.com/index.php/AJOAIMS/article/view/1876/1747>.
- Méndez H. 2018. Tabla composición de alimentos de centroamérica INCAP. 2^a ed. Guatemala: INCAP; OPS. 137 p. ISBN: 99922-880-2-7; [consultado el 5 de may. de 2022]. <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/TablaCALimentos.pdf>.
- Mukhlesur R, Michalak de Jiménez M, editores. 2016. Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production. [sin lugar]: Elsevier. ISBN: 9780128013090.
- Nakat Z, Bou-Mitri C. 2021. COVID-19 and the food industry: Readiness assessment. *Food Control.* 121:107661. eng. doi:10.1016/j.foodcont.2020.107661.
- Nascimento CO, Pina DS, Cirne LGA, Santos SA, Araújo MLGML, Rodrigues TCGC, Silva WP, Souza MNS, Alba HDR, Carvalho GGP de. 2021. Effects of Whole Corn Germ, A Source of Linoleic Acid, on Carcass Characteristics and Meat Quality of Feedlot Lambs. *Animals (Basel).* 11(2). eng. doi:10.3390/ani11020267.
- Nehra S, Gothwal RK, Varshney AK, Solanki PS, Chandra S, Meena P, Trivedi PC, Ghosh P. 2021. Biomanagement of *Fusarium* spp. associated with oil crops. En: Nehra S, Gothwal Kumar R, Kumar Varshney A, Singh Solanki P, Chandra S, Meena P, Trivedi P, Ghosh P, editores. Biomanagement of *Fusarium* spp. associated with oil crops. [sin lugar]: Elsevier. p. 453–474.
- Neri D, Steele EM, Khandpur N, Cediel G, Zapata ME, Rauber F, Marrón-Ponce JA, Machado P, Da Costa Louzada ML, Andrade GC, et al. 2022. Ultraprocessed food consumption and dietary nutrient profiles associated with obesity: A multicountry study of children and adolescents. *Obes Rev.* 23 Suppl 1:e13387. eng. doi:10.1111/obr.13387.
- Nielsen SS. 2017. Food Analysis. Cham: Springer International Publishing. ISBN: 978-3-319-45774-1.

- Ortiz R, Geleta M, Gustafsson C, Lager I, Hofvander P, Löfstedt C, Cahoon EB, Minina E, Bozhkov P, Szymne S. 2020. Oil crops for the future. *Curr Opin Plant Biol.* 56:181–189. eng. doi:10.1016/j.pbi.2019.12.003.
- Pallavi J, Dipika M. 2010. Effect of dehydration on the nutritive value of drumstickleaves. [sin lugar]: International College of Girls, Department of Home Science; [consultado el 17 de may. de 2022]. <https://academicjournals.org/journal/JMSB/article-full-text-pdf/FA626743518>.
- Pimentel D, Pimentel M. 2003. Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *Am J Clin Nutr.* 78(3 Suppl):660S-663S. eng. doi:10.1093/ajcn/78.3.660s.
- Qi W, Lu H, Zhang Y, Cheng J, Huang B, Lu X, Sheteiwy MSA, Kuang S, Shao H. 2020. Oil crop genetic modification for producing added value lipids. *Crit Rev Biotechnol.* 40(6):777–786. eng. doi:10.1080/07388551.2020.1785384.
- Racolta E, Muresan V, MUSTE S, SEMENIUC CA. 2010. Comparison of Sunflower Halva Products from Romanian Market. *UASVMCN-AGR.* 67(2). doi:10.15835/buasvmcn-agr:5153.
- Racolta E, Muresan V, Ticrea L. 2013. New Trend on Halva Production: Dietetic Halva and Nougat. Production Technology and Compositions. *BUASVMCN-FST.* 70(2):108. doi:10.15835/buasvmcn-fst:9468.
- Rojas P. 2012. Desarrollo y caracterización de una nueva bebida de avena [Tesis de maestría]. [sin lugar]: Universidad de Valladolid. 27 p; [consultado el 9 de may. de 2022]. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/3391/TFM-L16.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Sá NdO, Wenneck GS, Saath R, Ghuidotti GC, Oliveira GGF de. 2021. Colloquim Agrariae. *COLLOQ AGRARIAE.* 17(5):73–78. doi:10.5747/ca.2021.v17.n5.a462.
- Sanchez-Sabate R, Sabaté J. 2019. Consumer Attitudes Towards Environmental Concerns of Meat Consumption: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 16(7). eng. doi:10.3390/ijerph16071220.
- Schemminger J, Mbuge D, Hofacker W. 2019. Ambient air cereal grain drying – Simulation of the thermodynamic and microbial behavior. *Thermal Science and Engineering Progress.* 13:100382. doi:10.1016/j.tsep.2019.100382.
- Schmoltdt A, Benthe HF, Haberland G. 1975. Digitoxin metabolism by rat liver microsomes. *Biochem Pharmacol.* 24(17):1639–1641. eng.
- Sethi S, Tyagi SK, Anurag RK. 2016. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *J Food Sci Technol.* 53(9):3408–3423. eng. doi:10.1007/s13197-016-2328-3.
- Stanaway JD, Afshin A, Gakidou E, Lim SS, Abate D, Abate KH, Abbafati C, Abbasi N, Abbastabar H, Abd-Allah F, et al. 2018. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet.* 392(10159):1923–1994. doi:10.1016/s0140-6736(18)32225-6.
- Turnbaugh PJ, Bäckhed F, Fulton L, Gordon JI. 2008. Diet-induced obesity is linked to marked but reversible alterations in the mouse distal gut microbiome. *Cell Host Microbe.* 3(4):213–223. eng. doi:10.1016/j.chom.2008.02.015.

- Uitterhaegen E, Evon P. 2017. Twin-screw extrusion technology for vegetable oil extraction: A review. *Journal of Food Engineering*. 212:190–200. doi:10.1016/j.jfoodeng.2017.06.006.
- USDA. 2018a. FoodData Central. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 29 de abr. de 2022; consultado el 17 de may. de 2022]. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html>.
- USDA. 2018b. FoodData Central. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 29 de abr. de 2022; consultado el 17 de may. de 2022]. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html>.
- USDA. 2018c. FoodData Central. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 29 de abr. de 2022; consultado el 17 de may. de 2022]. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html>.
- USDA. 2018d. FoodData Central. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 29 de abr. de 2022; consultado el 17 de may. de 2022]. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html>.
- Vernarelli JA, Mitchell DC, Rolls BJ, Hartman TJ. 2018. Dietary energy density and obesity: how consumption patterns differ by body weight status. *Eur J Nutr*. 57(1):351–361. eng. doi:10.1007/s00394-016-1324-8.
- Zhao L, Wang J, Li Z, Hou M, Dong G, Liu T, Sun T, Grattan KTV. 2020. Quasi-Distributed Fiber Optic Temperature and Humidity Sensor System for Monitoring of Grain Storage in Granaries. *IEEE Sensors J*. 20(16):9226–9233. doi:10.1109/JSEN.2020.2989163.