

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



“Mejora de la formulación de pan dulce con harinas de lenteja
cruda y cocida mediante análisis fisicoquímico”

POR:

DELIA YASMIN ALTUNAR PABLO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo Coahuila, México marzo 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS

"Mejora de la formulación de pan dulce con harinas de lenteja
cruda y cocida mediante análisis fisicoquímico"

Presentada por:

Delia Yasmin Altunar Pablo

Que ha sido aprobada como requisito para obtener el título de:

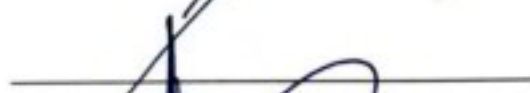
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

El presente trabajo ha sido asesorado y aceptado de acuerdo con el artículo 89 del
Reglamento Académico para Alumnos de Licenciatura por el siguiente comité
asesor:


M.E. Laura Olivia Fuentes Lara
Asesor principal
Departamento de Nutrición Animal



Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Coasesor
Departamento de Horticultura



Dr. Mario Alberto Cruz Hernández
Coasesor
Departamento de Ciencia y Tecnología
de Alimentos



Saltillo, Coahuila, México; marzo 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS

TESIS

"Mejora de la formulación de pan dulce con harinas de lenteja
cruda y cocida mediante análisis fisicoquímico"

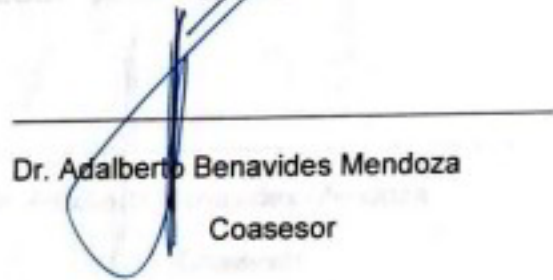
Que se somete a consideración del comité asesor como requisito parcial para obtener el
título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



M.E. Laura Olivia Fuentes Lara

Asesor principal



Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Coasesor



Dr. Mario Alberto Cruz Hernández

Coasesor



M.C. Pedro Carrillo López

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México; marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO

Mediante la presente, yo Delia Yasmin Altunar Pablo estudiante egresado de la Carrera de Ingeniería en Ciencia y Tecnología de Alimentos, declaro que la presente tesis titulada “Optimización de la formulación de pan dulce con harinas de lenteja cruda y cocida mediante análisis fisicoquímico”

Es el resultado de mi proyecto de titulación es original y todas las fuentes utilizadas están debidamente referenciadas y citadas. Confirmando que las ideas, conceptos, datos y conclusiones son el resultado de mi trabajo. Cuando se utilizaron las ideas o palabras de otras personas, se agregaron las referencias y fuentes.

Delia Yasmin Altunar Pablo

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

¡Agradezco profundamente todo el apoyo y el amor que me han brindado! Sus grandes consejos me han levantado en los momentos más difíciles, enseñándome a nunca rendirme y a enfrentar la vida con valentía para cumplir mis metas. Me han alentado constantemente a dar lo mejor de mí, y por ello siempre estaré agradecida con ustedes.

Lo más preciado de mi vida es tener la dicha de compartir cada uno de mis logros junto a ustedes; muchísimas gracias hoy soy quien soy gracias a ustedes, y siempre contare con su apoyo y amor incondicional.

A ti padre

Sr. Placido Altunar López

Contigo aprendí a no rendirme jamás, a tener mucha fe y mucha esperanza para lograr todo lo que me proponga. Me enseñaste que la vida hay que enfrentarla sin miedo a lo que pueda pasar, y jamás me dejaste sola aun sabiendo lo difícil que era y las caídas que tuviste no te detuvieron jamás. Nunca me faltó tu apoyo; siempre fuiste el primero en darme todos los ánimos que necesitaba, te amo papá gracias por enseñarme lo mejor.

A ti madre

Sra. Concepción Pablo Hernández

Gracias por nunca rendirte, gracias por guardar tus dolores y enfermedades en un rincón de tu corazón, mientras dedicabas cada gota de tu fuerza a cuidarme. Eres esa madre luchona que no conoce el miedo, capaz de enfrentar cualquier obstáculo solo por el bien de sus hijos. Tu amor no tiene límites, tu apoyo es mi faro en la oscuridad, te amo con todo mí ser y cada día doy gracias a Dios por haber puesto en mi vida una madre ejemplar.

A mis hermanos (as)

Moises, Edith, M. Lorena, Joaquin, Miguel A. y William A.

Siempre estaré profundamente agradecida por todo su apoyo, por darme la inmensa dicha y la oportunidad de compartir con ustedes cada uno de mis logros. Gracias por confiar en mí incondicionalmente y por acompañarme en cada paso del camino. Por nunca dejarme sola, por buscar siempre la manera de superar cada obstáculo que se presentara en mi vida, aunque las cosas a veces fueron difíciles, ustedes nunca me negaron su apoyo; siempre me escucharon, me comprendieron y me dieron la posibilidad de demostrarles lo que podía lograr. Por eso les estaré agradecida siempre.

A mi novio

Obet Rafael Altunar Rueda

Eres el amor de mi vida, el ser que transformo mi mundo y llenó cada rincón de mi corazón con un amor tan profundo y verdadero. Gracias por envolverme con tu cariño en cada instante, por darme la fuerza que necesito cuando siento que no puedo más y por nunca, nunca dudar de mis capacidades incluso en los momentos en que yo misma no creía en mí. Estoy profundamente agradecida de tenerte a mi lado, por cada risa que hemos compartido hasta las lágrimas, por cada abrazo que ha sanado mis heridas, por todos los momentos que hemos

compartido. Eres lo mejor que me ha pasado en la vida, y no hay manera de expresar lo mucho que te amo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgencita

Gracias por la inmensa bendición, por estos años preciosos que me has concedido, con el simple hecho de existir. Gracias porque en cada mañana me levantaste con fuerzas nuevas y con ánimos firmes para seguir adelante, por escuchar mis suplicas y por ayudarme a alcanzar mis logros.

A mi Alma Terra Mater

La mejor universidad que me pudo brindar muchas experiencias, momentos inolvidables, por todo lo que puede aprender gracias a sus mecanismos de estudio y por tener la oportunidad de terminar mi estancia de la mejor manera, será un orgullo pertenecer para siempre uno más de los buitres.

A la M.E. Laura Olivia Fuentes Lara

Agradezco la oportunidad de brindarme todo su apoyo en mi carrera profesional, gracias por el gran apoyo y la atención que me ofreció en este proyecto. Para mí es un honor haber recorrido la mejor etapa de mi carrera con su ayuda.

A mis amigas

Araceli Bautista, Virginia Infante, Leydi Ramírez, Zoé Gonzales, Alma Granillo y Julia Carranza.

La universidad me ofreció lo más bello que son mis amigas, por tener la mejor suerte de conocer a personas tan increíbles, agradezco por los apoyos que me brindaron, por compartir juntas cada logro, cada risa y cada momento maravilloso. Gracias por no dejarme sola y por estar siempre para mí, las quiero mucho.

Agradezco a los maestros que formaron parte de mi profesión por cada enseñanza brindada y conocimiento aprendido, por los buenos consejos que nos puede servir para alcanzar y lograr nuestros objetivos.

También agradezco a cada una de las personas con las que tuve la dicha de conversar, convivir, aprender y lograr una buena conexión, me dieron el apoyo para lograr cada paso en mi vida estudiantil, por tener la oportunidad de aprender de cada uno de ellos sin pedir nada a cambio, por confiar en mí y ayudarme cada vez que lo necesité, siempre obtuve el mejor apoyo y siempre estaré agradecida por todo.

ÍNDICE

| | |
|---|----------|
| DEDICATORIAS | 5 |
| AGRADECIMIENTOS | 7 |
| ÍNDICE DE CUADROS | 12 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 13 |
| RESUMEN | 14 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 1.2 OBJETIVOS | 4 |
| 1.2.1 Objetivo general | 4 |
| 1.2.2 Objetivos específicos | 4 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 5 |
| 2.1 Alimentación y valor nutrimental | 5 |
| 2.2 Leguminosas como fuente nutrimental | 6 |
| 2.3 Lenteja (<i>Lens culinaris</i>) y sus propiedades nutricionales | 6 |
| 2.4 Pan dulce y su importancia en la alimentación | 6 |
| 2.5 Incorporación de lenteja en productos de panificación | 7 |
| 2.6 Definición de legumbres | 7 |
| 2.7 Clasificación de legumbres | 7 |
| 2.8 Lenteja | 10 |
| 2.8.1 La lenteja (<i>Lens culinaris</i>) | 10 |
| 2.9 Variedades de lenteja | 12 |
| 2.10 Características morfológicas | 13 |
| 2.11 Producción y consumo | 14 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 2.12 | Composición y características de la proteína..... | 15 |
| 2.13 | Exigencias edafoclimáticas | 17 |
| 2.13.1 | Clima..... | 17 |
| 2.13.2 | Suelo..... | 17 |
| 2.14 | Lenteja verdina..... | 17 |
| 2.14.1 | Propiedades nutricionales de las lentejas verdinas | 18 |
| 2.14.2 | Beneficios de las lentejas verdinas en la salud | 19 |
| 2.15 | Importancia de la leguminosa en la dieta | 21 |
| 2.16 | Harina de leguminosas..... | 22 |
| 2.17 | Gluten en la lenteja | 22 |
| 2.18 | Fibra dietética..... | 23 |
| 2.18.1 | Propiedades funcionales de las fibras dietarías | 26 |
| 2.18.1.1 | Solubilidad y viscosidad..... | 26 |
| 2.18.1.2 | Fermentación..... | 26 |
| 2.19 | Industria de alimentos | 27 |
| 3. | MATERIALES Y MÉTODOS | 29 |
| 3.1 | Materia prima | 29 |
| 3.2 | Materiales utilizados..... | 29 |
| 3.3 | Equipos utilizados | 30 |
| 3.4 | Formulación de los panquesitos..... | 31 |
| 3.5 | Preparación de los panquesitos | 31 |
| 3.5.1 | Lenteja cocida..... | 31 |
| 3.5.2 | Lenteja remojada | 32 |
| 3.6 | Elaboración de las mezclas..... | 32 |
| 3.7 | Caracterización química de las formulaciones..... | 34 |

| | | |
|-----------|-------------------------------------|-----------|
| 3.8 | Metodología experimental | 35 |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 42 |
| 5. | CONCLUSIONES | 52 |
| 6. | LITERATURA CITADA | 53 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Características de la planta. | 13 |
| Tabla 2: Cantidades de fibra en lentejas. | 24 |
| Tabla 3: Comparación de alimentos en contenido de fibra, calorías y proteína. ... | 25 |
| Tabla 4: Lista de materiales utilizados. | 29 |
| Tabla 5: Reactivos utilizados. | 30 |
| Tabla 6: Equipos utilizados para la investigación practica de los análisis de las muestras. | 30 |
| Tabla 7: Ingredientes que se utilizaron para la formulación de las muestras tanto de lenteja cocida como de remojada. | 31 |
| Tabla 8: Comparación entre la lenteja cruda y lenteja cocida en cuanto a su contenido nutricional. | 42 |
| Tabla 9: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis del % de materia seca total. | 43 |
| Tabla 10: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de ceniza. . | 44 |
| Tabla 11: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de extracto etéreo o grasa. | 45 |
| Tabla 12: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de proteína. | 47 |
| Tabla 13: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de fibra cruda. | 48 |
| Tabla 14: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de extracto libre de nitrógeno o carbohidratos. | 49 |
| Tabla 15: Valores promedio de las variables obtenidas el análisis de contenido calórico. | 50 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Gráfica de alimentación saludable. | 5 |
| Figura 2: Partes de la planta de lenteja. | 8 |
| Figura 3: Platillo ensalada de Lentejas. | 11 |
| Figura 4: Variedades de lentejas. | 12 |
| Figura 5: Países por producción de lentejas. | 14 |
| Figura 6: Porcentaje de producción en los principales países. | 15 |
| Figura 7: Aportaciones de la lenteja. | 17 |
| Figura 8: Beneficios de la lenteja. | 21 |
| Figura 9: Lenteja remojada y cocida. | 32 |
| Figura 10: La masa para los panquesitos. | 33 |
| Figura 11: Lenteja cocida. | 33 |
| Figura 12: Lenteja remojada. | 33 |
| Figura 13: Resultado de los horneados de las dos formulaciones la letra A indica la muestra de la lenteja cocida y la B la lenteja cruda remojada. | 34 |
| Figura 14: Muestras en la estufa de secado. | 35 |
| Figura 15: Contenido de la materia seca total (%). | 43 |
| Figura 16: Determinación de cenizas (%). | 45 |
| Figura 17: Obtención del (%) de grasa. | 46 |
| Figura 18: Contenido de proteína total (%). | 47 |
| Figura 19: Valores obtenidos de fibra cruda (%). | 48 |
| Figura 20: Extracto libre de nitrógeno (%). | 50 |
| Figura 21: Gráficos del análisis de contenido calórico. | 51 |

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se buscó brindar una mejor opción para la aceptabilidad del consumo de lenteja, ofreciendo una presentación en versión pan dulce para que sea más atractiva. Para lo anterior se trabajaron tres muestras: un testigo siendo un pan comercial, una harina de lenteja cocida (MLC) y una harina de lenteja cruda remojada (MLCR) para determinar los valores nutricionales de cada muestra. Se trabajó en cada formulación por triplicado de acuerdo con los métodos oficiales AOAC (2018) analizando las variables (% MST, % C, % PC, % EE, % FC, % ELN, % kcal). Los resultados fueron analizados mediante un análisis estadístico con el programa StatPlus: Mac Pro (2018). Los resultados indicaron que la mejor formulación en cuanto valor nutricional fue la de la harina de lenteja cruda remojada dando valores estadísticamente altos en contenido de proteína cruda, cenizas y un bajo porcentaje de carbohidratos, lo cual permite que sea uno de los puntos importantes, ya que actualmente la población busca alimentos de valor nutritivo y bajo contenido de carbohidratos.

Palabra clave: pan dulce, lentejas, nutritivo.

Delia Yasmin Altunar Pablo

correo: deliaaltunar6@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia hemos estado acostumbrados a ingerir alimentos que nos traen gusto y aparentemente no son perjudiciales para nuestra salud. Sin embargo, nos encontramos en un mundo globalizado en donde cada vez estamos en busca de nuevas opciones y mejoras para nuestra vida diaria. Los alimentos que son de origen vegetal proporcionan componentes para una alimentación saludable; estos incluyen los productos a base de cereales, verduras, legumbres y frutas; la alimentación saludable es un conjunto de prácticas que proporcionan nutrientes al cuerpo, que son necesarios para mantener un buen funcionamiento además de permitir conservar y restablecer la salud como disminuir el riesgo de enfermedades.

Debemos comprender qué aportes realiza cada alimento al cuerpo, considerando que los nutrientes aportados por los alimentos se dividen en dos grupos: los macronutrientes, en este encontramos las grasas, carbohidratos y las proteínas; los micronutrientes están compuestos por minerales y vitaminas. Las recomendaciones que se dan para una alimentación saludable son el aumento de consumo de frutas, verduras y legumbres, ya que poseen una fibra dietética que disminuye el colesterol en la sangre y ralentiza la absorción de la azúcar contenida en los alimentos, además de favorecer la digestión. El principal propósito para realizar este estudio fue proporcionar un alimento a base de un vegetal el cual proporcionen nutrientes al cuerpo y no únicamente el gusto del paladar para tener una buena aportación para la salud.

La lenteja (*Lens culinaris medicus*) es una leguminosa que se cultiva, por sus semillas, para la alimentación humana. La lenteja es una planta anual y herbácea, de la familia de las papilionáceas. Es originaria de los países del sureste de Asia (Turquía, Siria, Irak), extendiéndose rápidamente por los países de la cuenca mediterránea; las lentejas son fácilmente digestibles, además, debido a la cantidad de hierro que contienen, proporcionan una tonicidad adecuada a la hemoglobina de la sangre.

Es una planta cuyos granos poseen alto valor nutritivo y tiene la particularidad de ser resistente a la sequía. Es altamente nutritiva ya que se contienen compuestos como tiamina, hierro, fósforo, proteínas, carbohidratos, vitaminas y ácido fólico (Morales Arroyo, 2004).

En España se siembran 3 tipos distintos de lentejas, pero el cultivo es idéntico en los tres casos. Estos son los siguientes:

- 1) *Lens culinaris medicus, var. vulgaris*, que es el “lentejón” o “lenteja de la reina”. Semillas de 6-7 mm de diámetro y color verde amarillento.
- 2) *Lens culinaris medicus, var. variabilis*, su diámetro es menor que el anterior, 3-4 mm, su color pardo rojizo y se llama, normalmente, “lenteja parda”.
- 3) *Lens culinaris medicus, var. dupuyensis*, su diámetro es intermedio entre las dos de las anteriores, 4-5, manchas de azul sobre fondo verde oliva y jaspeado verde amarillento; normalmente se conoce como “lenteja verde” o “verdina”.

La lenteja crece a una amplia gama de suelos, desde los más ligeros a los más pesados, con pH comprendiendo entre 5.5 a 9.0. Las tierras fértiles, así como la humedad elevada, provocan un exceso de producción de follaje con mermas en la producción de granos. Su tolerancia a la salinidad es mucho menor que en la mayoría de los cereales y leguminosas (Cárdenas Travieso, Ortiz Pérez, Rodríguez Miranda, de la Fé Montenegro, & Lamz Piedra, 2014). Cada una de las características por las que se constituye esta legumbre es un benefactor para ser aceptada como un alimento atractivo y funcional que aporta mucho a nuestro cuerpo.

1.1 JUSTIFICACIÓN

En este proyecto se tiene como propósito evaluar el efecto nutricional en formulaciones con lenteja para seleccionar la que presente las mejores condiciones, por ello se realizan los análisis bromatológicos de las muestras que se elaboraron para poder conocer las cantidades exactas de cada muestra y obtener la muestra más beneficiosa y mejor para su consumo. Por otro lado, existe una cantidad mayor de personas que no les agrada la lenteja, lo que se busca es una alternativa o solución para la aceptabilidad de la lenteja, dando otro tipo de presentación a esta legumbre para ser más atractivo en su aspecto ya que podría presentarse como un snack y no en un platillo como de costumbre. Lo cual es esencialmente un cambio diferente en la composición con un sabor dulce y esponjoso como los que se consumen habitualmente; la diferencia está en la cantidad de la composición nutrimental, en los beneficios que nos brindara a nuestro cuerpo por sus nutrientes, de esa forma podemos ofrecer un pan saludable y nutritivo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar un producto de pan dulce con lenteja cocida (MLC) y lenteja cruda remojada (MLCR) y comparar sus cualidades nutricionales.

1.2.2 Objetivos específicos

- Formular proporciones a utilizar de harina de lenteja cocida y lenteja cruda remojada para la elaboración de un pan dulce.
- Realizar pruebas de caracterización química de los dos tipos de harina de lentejas (% PC, % FC, % C, % EE, % ELN, % kcal) del pan elaborado.
- Comparar los resultados entre las formulaciones crudas y cocidas para determinar la mejor opción en términos nutricionales.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Alimentación y valor nutrimental

La alimentación adecuada es un factor determinante para el mantenimiento de la salud y la prevención de enfermedades, ya que proporciona los nutrientes necesarios para el crecimiento, desarrollo y funcionamiento del organismo. Una dieta equilibrada debe considerar no solo la cantidad de alimentos consumidos, sino también su calidad nutrimental y biodisponibilidad (OMS, 2004).

En este contexto, el desarrollo de alimentos con valor nutrimental mejorado ha cobrado relevancia dentro de la ciencia y tecnología de los alimentos, especialmente en productos de consumo habitual como los de panificación, los cuales suelen caracterizarse por un alto contenido energético y un bajo aporte de fibra y proteínas (Gómez, 2010).



Figura 1: Gráfica de alimentación saludable.

Fuente: (argentina.gob.ar)

2.2 Leguminosas como fuente nutrimental

Las leguminosas constituyen una fuente relevante de proteínas de origen vegetal, además de aportar fibra dietética, carbohidratos complejos, vitaminas del complejo B y minerales esenciales para el organismo. Su consumo habitual se ha relacionado con múltiples beneficios para la salud, como la mejora del perfil lipídico, el adecuado control glucémico y la reducción del riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares (Messina, 2014).

A pesar de sus propiedades nutricionales, el consumo de leguminosas es limitado en algunos sectores de la población debido a factores sensoriales y culturales, lo que ha impulsado el desarrollo de estrategias tecnológicas para su incorporación en alimentos procesados (Boye, 2010).

2.3 Lenteja (*Lens culinaris*) y sus propiedades nutricionales

La lenteja (*Lens culinaris*) es una leguminosa ampliamente reconocida por su elevado contenido de proteínas, fibra dietética y minerales como hierro, zinc y fósforo. Además, contiene compuestos bioactivos que pueden contribuir a la prevención de enfermedades crónicas (Thavarajah, 2012).

Desde el punto de vista nutricional, la lenteja representa una alternativa viable para el enriquecimiento de productos alimenticios, ya que su combinación con cereales permite mejorar el perfil de aminoácidos del producto final (Mudryj, 2014). Sin embargo, su aceptación sensorial en preparaciones tradicionales suele ser limitada, lo que justifica su uso en nuevas formulaciones alimentarias.

2.4 Pan dulce y su importancia en la alimentación

El pan dulce es un producto de panificación ampliamente consumido y culturalmente aceptado, especialmente como parte del desayuno o colación. Su formulación tradicional incluye harina de trigo refinada, azúcar y grasa, lo que le

confiere características sensoriales agradables, pero un perfil nutrimental limitado (Pylar, 2009).

Debido a su alto consumo, el pan dulce representa una matriz adecuada para la incorporación de ingredientes funcionales que permitan mejorar su calidad nutrimental sin comprometer su aceptabilidad (Gómez, 2010).

2.5 Incorporación de lenteja en productos de panificación

La sustitución parcial de harina de trigo por harina de lenteja en productos de panificación ha demostrado ser una estrategia efectiva para incrementar el contenido de proteínas, fibra y minerales. No obstante, esta incorporación puede afectar las propiedades reológicas de la masa y las características físicas del producto final, como el volumen y la textura (Boye, 2010).

Por ello, es necesario evaluar diferentes concentraciones de lenteja con el fin de lograr un equilibrio entre el mejoramiento nutrimental y la calidad sensorial del pan dulce.

2.6 Definición de legumbres

Las legumbres son semillas o frutos que se desarrollan dentro de una vaina. El término proviene del latín *legumen*, y se emplea tanto para referirse a estas semillas como al fruto que generan las plantas. Aunque muchas veces utilizamos la palabra leguminosas como sinónimo, en realidad se considera legumbre a las semillas secas de estas plantas (CODEX ALIMENTARIUS, 2007). Las leguminosas figuran entre los primeros productos alimenticios que fueron cultivados por el hombre (Ros Berruezo, Periago Gastón, & Perez Conesa, 2010).

2.7 Clasificación de legumbres

Las legumbres son plantas leguminosas que generalmente se cultivan por solo un ciclo al año. Dentro de cada vaina pueden haber entre 1 a 12 granos o como normalmente se conoce las semillas, estos pueden variar en cuanto a su tamaño,

color y forma. La FAO dice que el nombre “legumbre” se usa únicamente para aquellas plantas que se siembran específicamente para recolectar sus semillas secas (Araneda, 2024). En esta clasificación hay algunas cosas que no se incluyen:

1. Los cultivos que se cosechan cuando están verdes para comerlos como verduras.
2. Los que se usan principalmente para sacar aceite, que son las semillas oleaginosas.

Las plantas leguminosas que se cultivan solo para usarlas como semillas Las legumbres son indispensables en nuestra alimentación. Se caracterizan por su elevado contenido proteico (17 %-25 %) que es semejante e incluso superior a carnes y pescados, pero de menor valor biológico. Aunque no cuentan con proteínas completas, su calidad mejora notablemente al combinarse con cereales. Así mismo, al no contener gluten, resultan adecuadas para personas con celiaquía. Su bajo contenido de grasa se traduce en un aporte calórico reducido proveniente de este nutriente; el 60% de sus grasas corresponden a los ácidos grasos insaturados como el oleico, linoleico y linolénico. Esta es la razón por la que se recomienda la sustitución de las carnes por legumbres, a fin de disminuir la ingesta de grasas saturadas (Nutrición y Salud). Entre las características botánicas de las leguminosas presentan una gran diversidad en sus formas de crecimiento: pueden ser árboles, arbustos, hierbas o incluso



enredaderas herbáceas. Las hierbas, a su vez, pueden clasificarse como anuales, bienales o perennes, sin formar agregaciones

Figura 2: Partes de la planta de lenteja.

Fuente: (Díaz P, 1979)

en sus hojas (ni basales ni terminales). Además, estas plantas pueden desarrollarse como ejemplares erguidos, epífitas o enredaderas.

El fruto de las leguminosas se desarrolla a partir de un ovario compuesto por un solo carpelo. Cuando alcanza la madurez, se abre longitudinalmente en dos valvas, mediante la nervadura secundaria y la unión carpelar. No obstante, en esta familia botánica existe una gran variedad de formas y tamaños de frutos. Algunas especies presentan frutos con tendencia a la indecencia, y en ocasiones el cáliz se transforma en una estructura que facilita su dispersión. Uno de los frutos más destacados de la familia es el maní: sus flores, después de la polinización, se hunden en el suelo y el fruto se desarrolla de forma subterránea.

Según sea el caso se pueden agrupar en cinco grandes grupos:

1. Alimentación humana y animal; incluyen especies como garbanzos, habas, almortas, judías y altramuces, que se caracterizan como alimento concentrado por su alto contenido en materia seca y proteínas.
2. Leguminosas oleaginosas destacan la soya y el maní, con un elevado contenido de grasas que las hace valiosas para la extracción de aceite y diversos productos derivados.
3. Forrajeras, especies como la algarroba y la alfalfa cumplen un rol fundamental en la alimentación ganadera.
4. Leguminosas hortícolas se cultivan para consumo fresco como verduras u hortalizas.
5. Abono verde y cubierta vegetal.

Esta clasificación es dinámica en cuanto a distribución de las especies en cada grupo, existiendo especies que han cambiado su posición a lo largo de la historia. Un ejemplo claro es la soya, cultivada tradicionalmente por su grano para la alimentación humana, hoy en día es considerada principalmente como planta oleaginosa de gran relevancia global. Por otro lado, las especies se ubican en varios grupos simultáneamente como las judías, habas y guisantes, por ejemplo, se cultivan tanto para obtener grano seco (para alimentación), como para

consumo fresco y producto hortícola. Además de estos usos tradicionales, en la actualidad se han incorporado aplicaciones innovadoras; algunas leguminosas se emplean en la recuperación de tierras contaminadas, como cultivos trampa para promover la germinación de las plantas parásitas, en la fijación de taludes para prevenir la erosión, y como materia prima para la elaboración de productos cosméticos y farmacéuticos (Nadal Moyano, Moreno Yangüela, & J.I., 2004).

2.8 Lenteja

Las lentejas son un cultivo con una larga historia de uso humano, que se remonta a miles de años atrás y ha sido parte fundamental de la alimentación de diversas civilizaciones alrededor del mundo. Su presencia se registra en textos históricos y religiosos de múltiples culturas, en México las lentejas constituyen un alimento tradicional de gran importancia en la dieta poblacional, ya que forman parte de la alimentación habitual de muchos hogares. Las lentejas representan un recurso alimentario estratégico, ya que combinan un alto valor nutritivo, versatilidad culinaria y características que las posicionan como un cultivo sostenible, lo que los hace especialmente importantes en el contexto actual de la seguridad alimentaria.

2.8.1 La lenteja (*Lens culinaris*)

La lenteja forma parte de la familia de las leguminosas y es uno de los cultivos más importantes en las dietas tradicionales alrededor del mundo. Se considera uno de los cultivos más antiguos, con aproximadamente 8 mil a 9 mil años de antigüedad, su origen se sitúa en la región que hoy conocemos como Medio Oriente, desde donde se extendió hacia Europa y el resto del planeta. Actualmente, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), los principales países productores de lenteja proviene de Canadá, India, China y Turquía (Espinoza &

Olivares, 2016). Su nacimiento se presume en Oriente, principalmente en Asia menor. Con una enorme variedad cromática, de la crema al negro, pasando por diversos tonos del amarillo al rojo. Su tolerancia a terrenos áridos y a temperaturas extremas, sus múltiples usos culinarios y la simbiosis sávida que alcanzan con casi cualquier ingrediente animal o vegetal han propagado su consumo por todo el mundo.



Figura 3: Platillo ensalada de Lentejas.

Fuente: (Cedeño)

La lenteja es un cultivo que se adapta bien a varias condiciones agroclimáticas diferentes. Para que se desarrolle bien, necesita que la temperatura esté entre 6-28 °C pero, se necesita tener mucho cuidado porque las nieves y los rocíos le hacen daño. En cuanto al suelo, el pH tiene que estar entre 5.5 a 9, aunque es un cultivo muy sensible a la salinidad. Lo correcto es que los suelos sean profundos, sueltos, frescos y buena cantidad de materia orgánica.

2.9 Variedades de lenteja



Figura 4: Variedades de lentejas.

Fuente: (Equipo OXFAM, 2018)

Cómo se puede observar en la Figura 2, existen varias variedades de lenteja que se pueden encontrar, las de color amarillo intenso no son tan conocidas como las rojas, pero su sabor y la forma en que se cuecen son parecidas. Luego están a las que llaman pardinas o francesas, que miden entre 4 y 5 milímetros y tienen un color marrón o pardo rojizo; estas si son bastante extendidas. La verdina tiene un tono verde amarillento y es más pequeña que las demás, mientras que la

rubia puede llegar hasta los 9 milímetros de diámetro, es de las que más se usan, y hay variedades de calidad súper buena como la rubia de la armuña que se produce en España. También en Francia tiene especial prestigio la variedad de lenteja puy, procedente de la región de Auvernia y las lentejas de Umbría de color pardo dorado que están especialmente acreditadas en Italia (FAO, 2016).

2.10 Características morfológicas

Tabla 1: Características de la planta.

| Nombre común | Lenteja |
|-------------------|---|
| Nombre científico | <i>Lens esculenta</i> |
| Familia | <i>Fabaceae o papilionaceae</i> |
| Género | <i>Lens</i> |
| Especie | <i>Lens culinaris</i> (Planta de cultivo anual) |

Fuente: (Infoagro)

Su tallo es delgado y se mantiene erecto; generalmente alcanza entre 20 y 50 cm de altura, aunque a veces puede llegar hasta los 70 cm. La planta de lenteja tiene semillas pequeñas y su sistema radicular es superficial, así que se adapta fácilmente a los terrenos. Esto es diferente a las plantas como semillas grandes, que tienen raíces más profundas y se ajustan mejor a los suelos de mayor espesor. Las flores se encuentran en los pedículos de una a tres, son pequeñas y pueden ser de color azul o blanco. Sus frutos son de forma romboidea de 7 a 20 mm estos se encuentran en el interior de la semilla, existe dos tipos de semillas que dependen mucho del tamaño del fruto pueden ser grandes como pequeños.

Semillas de fruto grande: alcanzan unas dimensiones entre 15 y 20 mm. Las propias semillas tienen un diámetro de aproximadamente 7 u 8 mm, es una planta herbácea que crece hasta alcanzar una altura de entre 25 y 75 cm. Sus flores son de color blanco y pertenecen a la raza macrosperma.

Semillas de fruto pequeño: cuyo tamaño es menor al mencionado anteriormente, variando entre 7 y 15 mm. Las semillas propias son pequeñas, con medidas de 3

a 7 mm y presentan una forma aplanada. La planta es de porte más bajo, alcanzando como máximo 35 cm de altura, y cuenta con flores de color azulado. Esta variedad pertenece a la raza microsperma (Infoagro).

Tipos de semillas:

- a) Armuña. Es de color verde claro y con un diámetro que va de 8 a 10 mm.
- b) Pardina. De tonalidad parduzca y tamaño entre 4 y 6 mm.
- c) Verdina. Presenta un color verde o verde amarillento, además de contar con pequeñas marcas oscuras de color negro.
- d) Lentejón. Forma parte de la raza macrosperma, es de gran tamaño, mide aproximadamente entre 7 y 9 mm, su color es verde amarillento con algunas zonas de tonalidad descolorida.

2.11 Producción y consumo



Figura 5: Países por producción de lentejas.

Fuente: (Atlas Big)

Las lentejas son de un recurso agrícola vital en todo el mundo, ya que poseen alto contenido en proteínas y fibra. Crecen en los climas templados y semiáridos. Estos datos presentan los datos del año 2023, según los datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

En el año 2023, la producción global de estas legumbres alcanzó aproximadamente 7.07 millones de toneladas. Desde 1961, cuando la producción fue alrededor de 885,000 toneladas, en estos años se vio un crecimiento gradual. Se destaca el significativo crecimiento que se ha dado desde sus inicios hasta en la actualidad.

Producción de lentejas por país.

- Australia es el país que lidera con creces produce alrededor de 1.84 millones de toneladas.
- Canadá con 1.67 millones de toneladas anuales.
- India es importante mencionar que fabrica 1.56 millones de toneladas.
- Turquía produce 474,000 toneladas a la producción global de lentejas.
- México, aunque no se encuentra entre los primeros lugares, logra estar en la lista de producción aproximadamente 8408 toneladas (Atlas Big).

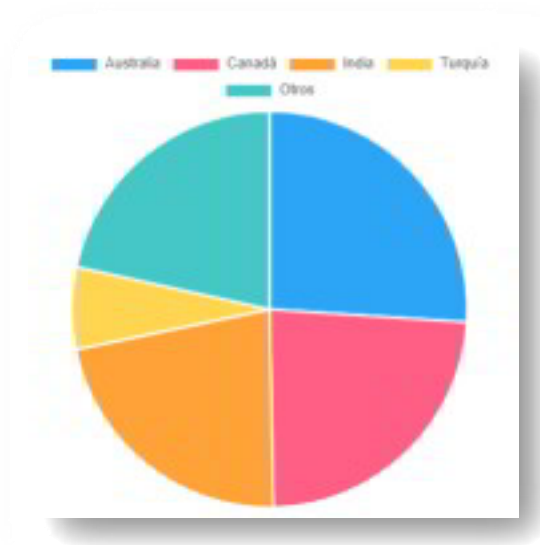


Figura 6: Porcentaje de producción en los principales países.

Fuente: (Atlas Big)

2.12 Composición y características de la proteína.

Las proteínas contenidas en las lentejas son deficientes de aminoácidos como la metionina y la cisteína, limitando su aprovechamiento por el organismo, al combinarse con alimentos como el arroz, el trigo o el mijo ya que contienen aminoácidos, convirtiendo a las proteínas en un alto valor biológico de origen vegetal (Enjamio, y otros, 2017).

En general son alimentos muy completos su composición conforma a todos los nutrientes:

Energía. El contenido es de aproximadamente 350 kcal/100 g en el alimento crudo, una vez cocinado esto determinara el valor final del plato.

Agua. Las lentejas tienen poca cantidad de agua, oscila entre 1,7 y el 14 % a excepción de las legumbres frescas o en conserva.

Proteínas. Se destaca gracias a su aporte en proteínas (19-36 %), en la mayoría de las leguminosas se convierte como principal fuente de proteína vegetal para el hombre; son de buena calidad, casi semejante a las de origen animal.

Hidratos de carbono. Posee como macronutriente principal los hidratos de carbono, principalmente en forma de almidón, seguido de oligosacáridos (rafinosa y estaquiosa); son de digestión lenta por lo que liberan glucosa en la sangre paulatinamente.

Fibra alimentaria. La fibra soluble digiere a nivel del colon por la flora bacteriana, liberando ácidos grasos. En cuanto a la fibra insoluble, esta se encuentra en menor medida que la anterior, esta aumenta el tránsito intestinal y al no verse digerida por la flora, no provoca la flatulencia.

Grasas. Su porcentaje de fracción en la grasa es muy bajo a comparación de los demás macronutrientes y se caracteriza por presentar un elevado contenido en ácidos grasos.

Vitaminas y minerales. En minerales se destacan el calcio, magnesio, potasio, fósforo, zinc y hierro, aunque los dos últimos son de peor absorción que el de los de origen animal. En vitaminas se destacan la vitamina B₁ (tiamina), B₃ (niacina), B₆ y folatos, en especial en los garbanzos.



Figura 7: Aportaciones de la lenteja.

Fuente: (Dietana)

2.13 Exigencias edafoclimáticas

2.13.1 Clima

La lenteja puede adaptarse a las diversidades climáticas debido a la variabilidad genética de la planta. Es un cultivo de invierno con facilidad de adaptarse a climas frescos. Normalmente la siembra es casi a finales del otoño los cuales corresponden a las lentejas de tipo macrosperma o a finales del invierno en otros lugares, a los que corresponde las de tipo microsperma. La lenteja es una planta que se adapta a diferentes condiciones agroclimáticas estas requieren una temperatura que oscile entre 6 a 28°C y unas precipitaciones anuales de 260 a 850 mm. Se adaptan muy bien a las diferentes altitudes desde zonas que comprenden los 100 metros a los 3.100 metros y son perjudicadas por las nieves y los rocíos.

2.13.2 Suelo

El cultivo de la lenteja requiere de un suelo con pH comprendido entre 5.5 a 9, esta planta es muy sensible a la salinidad, por ello los suelos con presencia de sal puede ser un obstáculo para la producción de las lentejas. Tolerancia a la sequía y no los suelos encharcados y mal drenados. Lo que esta planta requiere son los

suelos profundos, frescos, ricos en materia orgánica y suelto. En los suelos arcillosos el cultivo se hace más manejable para la recolección mecanizada, en cuanto a los suelos pedregosos y profundos facilitan la infiltración del agua en el suelo (Infoagro).

2.14 Lenteja verdina

Cuando se habla de la lenteja verdina, es normal que se escuchen otros nombres como verdiña o lenteja verdina de puy este uno de los más conocidos (Canal cocina). A diferencia de otras lentejas más populares como las pardinas o las castellanas, este tipo de lenteja necesita menor tiempo de cocción, lo cual no se refiere que su calidad sea baja, sin embargo, su textura y sabor lo hacen única en los platillos tradicionales. Su origen se remonta a la región norte de España donde hace mucho tiempo los agricultores han aprovechado las condiciones climáticas de la zona. La lenteja contiene grandes beneficios que puede aportar a la salud entre estas se pueden resaltar las proteínas, fibra y minerales esenciales.

Lo que realmente hace especial a la lenteja verdina es lo bien que se adapta a cualquier receta. Su textura es increíblemente suave, y tiene esa capacidad única de tomar los sabores de los ingredientes que la acompañan. Aunque es cierto que no se encuentra en tantos hogares como otras variedades más extendidas, su historia en la península ibérica es realmente larga. En cuanto a su valor nutricional, va mucho más allá de lo que ya hemos mencionado. Es una fuente estupenda de proteínas de origen vegetal, perfecto para quienes buscan reducir el consumo de carne o simplemente diversificar su dieta.

2.14.1 Propiedades nutricionales de las lentejas verdinas

Una parte importante de los alimentos es conocer el valor nutricional de las lentejas, estas muestran un alimento más atractivo, como otras lentejas estas pequeñas legumbres están repletas de nutrientes que benefician al organismo. A

continuación, los nutrientes más importantes que se encuentran en las lentejas verdinas:

1. **Proteínas vegetales:** una de las razones por la que la lenteja verdina es tan valorada en la alimentación actual es su aporte de proteínas de origen vegetal. Para muchas personas que siguen dietas vegetarianas, se ha convertido en un alimento básico en su día a día, ya que los ayuda a cubrir sus necesidades sin tener que recurrir a productos de origen animal.
2. **Fibra:** las lentejas verdinas, al igual que la mayoría de las legumbres, destacan mucho por su alto contenido en fibra, para que nuestro sistema digestivo funcione como debe ser.
3. **Hierro:** uno de los papeles más destacados es la producción de glóbulos rojos, ya que son los encargados de llevar oxígeno a todas las partes de nuestros cuerpos; es importante su consumo para prevenir la anemia. Incluir estas lentejas en nuestra alimentación es una forma muy eficaz de cubrir la ingesta de hierro que necesitamos.
4. **Magnesio y otros minerales:** además del hierro que ya se menciono, la lenteja verdina nos brinda una buena cantidad de otros minerales que el cuerpo necesita entre ellos se destacan el magnesio, zinc y otros más que no siempre son tan conocidos, son igual de importantes.

2.14.2 Beneficios de las lentejas verdinas en la salud

Consumir lenteja verdina de manera regular puede aportar numerosos beneficios para la salud.

1. Mejora la salud digestiva: gracias a su alto contenido en fibra, las lentejas ayudan a regular el tránsito intestinal y prevenir problemas como el estreñimiento. Además, la fibra soluble presente en estas lentejas puede ayudar a reducir los niveles de colesterol en sangre, mejorando la salud cardiovascular.
2. Control de los niveles de azúcar en la sangre: las lentejas tienen un bajo índice glucémico, lo que significa que su consumo no provoca picos en los niveles de glucosa en la sangre. Esto las convierte en una opción ideal para personas con diabetes o para los que buscan mantener estables sus niveles de azúcar.
3. Prevención de la anemia: el hierro presente ayuda a prevenir la anemia ferropénica, una afección común en personas con una ingesta insuficiente de este mineral.
4. Aporte de energía: son una excelente fuente de energía gracias a su contenido en carbohidratos complejos. Esto las convierte en un alimento ideal para consumir durante el día, ya que proporcionan energía de liberación lenta, evitando caídas bruscas de la glucosa en la sangre.

Las lentejas verdinas son una variedad única que no solo aporta un sabor delicioso a los platillos, sino que también ofrece numerosos beneficios para la salud. Su alto contenido en proteínas, fibra y minerales convierte un alimento esencial para una dieta equilibrada (Alicia, 2024).

La lenteja verde (*Lens culinaris*) posee propiedades nutricionales y tecnofuncionales destacables para su uso en la alimentación animal. Particularmente la lenteja es la legumbre que sobresale en su contenido proteico y fibra dietaria, lo que plantea una posibilidad de que esta legumbre pueda ser utilizada para la alimentación de animales, ya sea directamente o como sustitución parcial de otros insumos alimentarios (Santiago & Colaboradores, 2023).



Figura 8: Beneficios de la lenteja.

Fuente: (Zimmer, 2019)

2.15 Importancia de la leguminosa en la dieta

Las leguminosas se consideran actualmente alimentos funcionales, por el hecho de que ejercen un efecto positivo en determinadas funciones metabólicas como el índice glucémico, la tasa de colesterol, el tránsito intestinal o la reducción de la acumulación de lípidos en el organismo (Blanco Espeso, 2007). Las legumbres son las fuentes más ricas en proteínas vegetales y proporcionan aproximadamente el 10 % de los requerimientos dietéticos totales de estas proteínas en todo el mundo. Las legumbres también son ricas en fibras dietéticas y carbohidratos complejos, lo que conduce a alimentos de bajo índice glucémico (IG); estos muestran excelentes oportunidades en alimentos congelados de masa, ya sea como harina añadida o como relleno. Estas legumbres *Lens culinaris*, en vista de su perfil nutricional, parecen ideales para incluir en el diseño de snacks, alimentos para bebé y deportes (Muhammad & Colaboradores, 2013). Cantidades mayores de legumbres que sustituyen a los granos refinados generalmente aumentan la fibra, el hierro, el magnesio, el potasio y el cobre, dependiendo de los

escenarios de modelización. Todos los escenarios de modelización de sustituir las raciones de los alimentos proteicos por separado o en combinación con cereales refinados por las raciones de legumbres se asociaron al ahorro de costes (Agarwal & Fulgoni, 2023).

2.16 Harina de leguminosas

Una opción para incrementar la utilización y el consumo de legumbres son las harinas, siendo harinas libres de gluten y alto contenido proteico que les imprime carácter funcional para la incorporación como ingrediente en la alimentación. Entre las propiedades tecnológicas cabe destacar la capacidad de absorción de agua, o la solubilidad y la viscosidad (Chel Guerrero & Colaboradores, 2002). La cubierta de las leguminosas (piel) no es digerible y puede tener un sabor amargo. Además, es impermeable, lo que dificulta la hidratación de la semilla y alarga los tiempos de cocción. La harina de las leguminosas puede obtenerse a partir de leguminosas enteras molidas. Desde el punto de vista nutricional, se ha comprobado que la digestibilidad de la proteína de leguminosa y su utilización neta en el organismo es mayor para alubias peladas que sin pelar (Blanco Espeso, 2007).

2.17 Gluten en la lenteja

La presencia de gluten en lentejas se ha identificado como un riesgo para las personas con enfermedad celiaca, a pesar de todas las medidas de autocontrol que se adoptan por los operadores alimentarios. La denominación genérica de legumbres incluye semillas secas, limpias, sanas y separadas de la vaina, procedente de plantas de la familia *leguminosae*. En este grupo se incluyen los alimentos como los garbanzos, judías, lentejas, soja, habas, guisantes, etc. Las leguminosas son alimentos que no contienen gluten de forma natural, sin embargo es frecuente que exista contaminación cruzada con granos de cereales que

contienen gluten, lo que supone un riesgo para las personas con enfermedad celiaca, dado que, de acuerdo con el conocimiento actual de esta enfermedad, el único tratamiento es una dieta estricta sin gluten, siendo con frecuencia el consumo de alimentos con pequeñas cantidades de gluten la causa de no obtener una mejoría clínica. Las lentejas (crudas secas o cocidas) son un alimento en el que, a pesar de estar naturalmente exento de gluten y aplicar todas las medidas en el marco del análisis de peligro y puntos de control críticos (APPCC), no se puede asegurar la ausencia de cereales que contienen gluten (Agencia española de seguridad alimentaria y nutrición, 2020).

Es importante mencionar que el contenido de fibra dietaría y demás nutrientes puede diferir dependiendo de la variedad de lenteja que se trate y las condiciones que se utilicen para su procesamiento, específicamente la temperatura utilizada durante la cocción. Son diversas variedades de lentejas, generalmente estas son más identificadas por su coloración, en México la variedad verde es la que se produce principalmente (Nambo Santiago & Colaboradores).

2.18 Fibra dietética

La fibra dietética es un grupo heterogéneo de componentes, el papel de la fibra dietética en la salud y nutrición ha estimulado una amplia gama de actividades de investigación, atesorando evidencias que incrementen el conocimiento sobre una mayor ingesta de fibra dietética al aportar beneficios contra algunas enfermedades (Westenbrink, Brunt, & Van der Kamp, 2012). Para comprender mejor el papel que desempeña la fibra dietética, se caracterizaron los polisacáridos de la pared celular de las legumbres. La fibra de las legumbres es rica en pectina, y la mayor parte se encuentra en la fracción de fibra soluble. En la tabla 2 se muestran las cantidades de fibra cruda en las lentejas. Esta fracción es una mezcla diversa de polisacáridos de diferentes tamaños, y las soluciones de fibra soluble presentan una gama de viscosidades según sea el tipo de legumbre. En la tabla 2 se muestran las cantidades de fibra cruda en lentejas cocidas. Los azúcares que

componen la fracción de fibra insoluble sugieren un alto contenido de celulosa (Brummer, Kaviani, & Tosh, 2015).

Tabla 2: Cantidades de fibra en lentejas.

| Tipo de lenteja | Fibra por 100 g cocida | Características principales |
|------------------------|------------------------|--|
| Lenteja verde | 7.8 g | Mantiene mejor su forma, fibra insoluble predominante. |
| Lenteja roja | 7.5 g | Cocina más rápido, fibra soluble más alta, ideal para purés. |
| Lenteja negra (beluga) | 8.2 g | Mayor contenido de fibra, sabor terroso, mantiene firmeza. |
| Lenteja marrón | 7.9 g | Más común, equilibrio entre fibra soluble e insoluble. |

Fuente: (Johnson, 2025)

Las lentejas ofrecen un equilibrio único de nutrientes esenciales.

En la Tabla 3 se muestra la comparación de alimentos en contenido de fibra, calorías y proteína.

Tabla 3: Comparación de alimentos en contenido de fibra, calorías y proteína.

| Alimento | Fibra por 100 g | Calorías por 100 g | Proteína por 100 g |
|-------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| Lentejas cocidas | 7.5 – 8.5 g | 116 kcal | 9 g |
| Garbanzos cocidos | 6.0 g | 164 kcal | 8.9 g |
| Frijoles negros cocidos | 8.7 g | 132 kcal | 8.9 g |
| Avena cocida | 1.7 g | 68 kcal | 2.5 g |
| Manzana con miel | 2.8 g | 52 kcal | 0.3g |

Fuente: (Johnson, 2025)

Una de las cosas que realmente hace destacar a las lentejas incluyendo la verdina es la buena relación que tienen entre su contenido de fibra, calorías y proteínas. Si se compara con otras legumbres populares, como los frijoles negros se observaran diferencias, aunque estas brindan más fibra por cada caloría que aportan (Johnson, 2025). En el año 20006, la Comisión del CODEX ALIMENTARIUS dio una descripción clara al respecto: la fibra dietética está compuesta por polímeros de carbono cuyo grado de polimerización no es menor a 3, y lo que caracteriza es que no se digiere ni absorbe en el intestino delgado.

- Polímeros comestibles de hidratos de carbono que se encuentran de forma natural en los alimentos consumidos.
- Polímeros de hidratos de carbono, que se han obtenido de materias primas alimentarias por medios físicos, enzimáticos o químicos.
- Polímeros de hidratos de carbono sintéticos.

La fibra dietética tiene generalmente las siguientes propiedades:

- Disminuye el tiempo de tránsito intestinal y aumenta el volumen de las deposiciones.
- Es fermentable para la microbiota colónica.
- Reduce los niveles de colesterol total y/o colesterol lipoproteína de baja densidad (LDL).
- Reduce los niveles postprandiales de glucosa y/o insulina en la sangre.

2.18.1 Propiedades funcionales de las fibras dietarias

2.18.1.1 Solubilidad y viscosidad.

La solubilidad y la viscosidad son dos propiedades clave que influyen de manera profunda en cómo funciona la fibra dietética, tanto cuando se procesan los alimentos como en su recorrido por nuestro sistema gastrointestinal. La viscosidad, por su parte, se define como la resistencia que presenta una sustancia al flujo cuando se aplica un esfuerzo de corte. En general, a medida que aumenta el peso molecular y la longitud de la cadena de los componentes de la fibra, también lo hace la viscosidad de la solución en la que se encuentra. Pero no solo depende de eso: factores como la concentración de la fibra en la mezcla, la temperatura, el pH del medio y las características del esfuerzo de corte que se aplique también tienen un impacto importante en esta propiedad (Isken, Klaus, Osterhoff, H Pfeiffer, & Weickert, 2010).

2.18.1.2 Fermentación

Una clasificación relativamente nueva de la fibra dietética se basa en si puede ser fermentada por la microbiota que vive en nuestro intestino grueso; este criterio ha ganado mucha relevancia en los últimos años. Casi todos los tipos de fibra pueden ser fermentados por estas bacterias, con la única excepción de la lignina. Aunque algunas fibras insolubles también pueden ser procesadas por la microbiota, en

general las fibras solubles son fermentadas en mayor cantidad y con mayor rapidez. En función de la fermentación, la fibra puede dividirse en:

Fibras no fermentables (< 10 %). Entre las cuales se destacan fibras insolubles, como la lignina, y algunas fibras solubles, como metilcelulosa.

Fibras parcialmente fermentables (10 % a 70 %). Destacan las fibras insolubles ricas en celulosa. Sin embargo, se incluyen algunas fibras solubles, una de ellas el agar y otras fibras parcialmente solubles, un ejemplo, son las semillas de plantago.

Fibras fermentables (> 70 %). Están constituidas siempre por fibras solubles ricas en hemicelulosa o ricas en ácidos glucurónicos (Ruiz Alonso, 2016). La fermentación de la fibra dietaria realiza un papel importante en los efectos fisiológicos y bioquímicos (regulación del sobrepeso y la obesidad) puesto que a partir de ella se producen los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) tales como el butirato, propionato y acetato; metabolitos que estén involucrados con la promoción y/o inhibición de algunas hormonas las responsables de la estimulación de saciedad y apetito (Vilcanqui Pérez & Vílchez Perales, 2017).

2.19 Industria de alimentos

La fibra dietética se usa en toda industria alimentaria como un ingrediente, para enriquecer el producto con una sustancia que pudo perderse en alguna etapa de proceso en la materia prima y/o como aditivo. Algunos tecnólogos de la industria alimentaria desarrollaron variedad de fórmulas para añadir este aditivo o ingrediente en mayor cantidad de alimentos y en general se conocen dos tipos de productos con fibra dietética adicionada (Betancur Ancona & Colaboradores, 2003).

1. Productos enriquecidos con fibra. Productos derivados de la fabricación de alimentos con origen vegetal (cereales, frutas, verduras, así como algas) son excelentes fuentes con fibra dietética, estos son utilizados para fortificar alimentos y aumentar su contenido en la fibra, de esa manera obtener productos saludables con bajo contenido calórico, colesterol y grasa.

2. Productos en las que se utiliza la fibra como aditivo. Esta puede servir para mejorar propiedades físicas y estructurales; por ejemplo, para aumentar la capacidad de retención de agua, retención de aceite y/o formación de gel, además la incorporación en alimentos como: productos de panadería, productos lácteos, mermeladas, etc. Pueden modificar las propiedades de textura, estabilizar la comida rica en grasa y aumentar la vida de anaquel (Elleuch, y otros, 2011).

Incluir fibra en la dieta cumple una función crucial en la prevención y tratamiento de diversas enfermedades. Numerosos estudios epidemiológicos han demostrado que un consumo adecuado de fibra dietética aporta múltiples beneficios para la salud; entre ellos la reducción del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y la regulación de los niveles de azúcar en la sangre. Es importante reconocer que aun no existe una conclusión definitiva sobre todos los mecanismos por los que la fibra actúa en nuestro cuerpo. Lo que sí está claro es que las investigaciones sobre la fibra dietética no solo siguen en curso, sino que ha aumentado el interés de los consumidores sobre los alimentos más saludables, en cuanto a los proveedores de alimentos realizar un trabajo para crear ideas y ofrecer alimentos llamados funcionales (Ruiz Alonso, 2016).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue realizado en el Laboratorio de Nutrición Animal perteneciente a la División de Ciencia Animal que cuenta la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en el municipio de Saltillo, Coahuila, México.

3.1 Materia prima

Las lentejas se compraron en la tienda HEB de la marca Mybrant, avena (hojuela de avena integral), Huevo (Villa), miel de abeja la colmena, vainilla la Anita, polvo para hornear marca Rexal, sal de mesa la fina, aceite Nutrioli, canela molida.

3.2 Materiales utilizados

Los materiales que se emplearon en la siguiente investigación se muestran en la tabla 4.

Tabla 4: Lista de materiales utilizados.

| Materiales | |
|---------------------------|---------------------------------------|
| Crisoles de porcelana | Matraz redondo plano, boca esmerilada |
| Pinzas para crisol | Matraz Erlenmeyer de 500 ml |
| Mortero | Cartucho poroso de celulosa |
| Desecador | Vaso de Berzelius |
| Matraz Kjeldahl de 800 ml | Filtros de tela lino |
| Perlas de vidrio | Embudos y probeta |

Tabla 5: Reactivos utilizados.

| Reactivos |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Hexano • Ácido sulfúrico 0.225 N • Hidróxido de sodio 0.313 N • Catalizador (mezcla reactiva de selenio) • Ácido bórico al 4% • Indicador mixto (rojo metileno y verde de bromocresol) • Granallas de zinc |

3.3 Equipos utilizados

Tabla 6: Equipos utilizados para la investigación practica de los análisis de las muestras.

| Equipo | Marca | Modelo |
|--------------------------|------------|-------------|
| Estufa de secado | Thelco | Modelo 27 |
| Estufa de secado | Robertshaw | --- |
| Balanza analítica | Ohaus | Explorer |
| Balanza digital | Ohaus | Scout Pro |
| Digestor | Labconco | --- |
| Aparato Kjeldahl | Labconco | --- |
| Extractor Soxhlet | Labconco | --- |
| Aparato de reflujo | Labconco | 30001 |
| Plancha de calentamiento | Thermolyne | Cimarec 2 |
| Mufla | Thermolyne | Modelo 1500 |

3.4 Formulación de los panquesitos

En la Tabla 7 se muestran las cantidades utilizadas para la elaboración de los panquesitos tanto para la muestra cocida como la remojada, se formuló con las mismas porciones de los ingredientes utilizados, únicamente hubo cambio en la lenteja. El cual la muestra 1 identificada como lenteja cocida y la muestra 2 lenteja remojada.

Tabla 7: Ingredientes que se utilizaron para la formulación de las muestras tanto de lenteja cocida como de remojada.

| Materia prima | Cantidades |
|----------------------|-------------------|
| Lenteja | 200 g |
| Avena | 100 g |
| Huevo | 2 pz |
| Miel | 8 cucharas |
| Vainilla | 2 cucharas |
| Rexal | 2 cucharas |
| Sal | 2 piscas |
| Aceite | 40 ml |
| Canela molida | 2 g |

3.5 Preparación de los panquesitos

3.5.1 Lenteja cocida

Se utilizaron 500 g de lenteja, las cuales se limpiaron, lavaron y se pusieron en una olla a cocer en la estufa. Estuvieron en cocción durando aproximadamente 1 h una vez lista se sacó todo en un recipiente.

2.5.2 Lenteja remojada

De la misma manera se utilizaron 500 g de lenteja, se limpió ya que estaba limpia se lavó y se dejó con agua reposando por toda la noche, el cual duro reposado 12 h y se retiró toda el agua que contenía para guardar únicamente la lenteja remojada en un recipiente. Se muestra en la Figura 5.



Figura 9: Lenteja remojada y cocida.

2.6 Elaboración de las mezclas

En las mezclas se utilizaron las mismas cantidades de los ingredientes, la única diferencia fue que con la primera se utilizó la lenteja cocida y otra con la remojada. En el vaso de la licuadora se agregaron 200 g de lenteja cocida, 100 g de avena, 2 huevos, 8 cucharadas de miel, 2 cucharadas de vainilla, 2 piscas de sal de mesa, 40 ml de aceite y 2 g de canela molida. Para la muestra con lenteja remojada se utilizaron las mismas cantidades de los ingredientes anteriormente mencionadas.



Figura 10: La masa para los panquesitos.

Posteriormente se limpió con aceite el molde para hornear para que no se pegara, se les puso el papel para hornear y se agregó la muestra para empezar a hornear los panquesitos. Los que se hizo con lenteja cocida se tardó 45 minutos y con la lenteja remojada 50 minutos aproximadamente a una temperatura de 200 °C.



Figura 12: Lenteja remojada.



Figura 11: Lenteja cocida.



Figura 13: Resultado de los horneados de las dos formulaciones la letra A indica la muestra de la lenteja cocida y la B la lenteja cruda remojada.

2.7 Caracterización química de las formulaciones.

Una vez que estaban listas las formulaciones se continuó con la caracterización química de las formulaciones, para eso se utilizó papel aluminio como charola para poder meterlas a la estufa de secado temperatura de 50 °C. Primero se desbarataron los panques y se identificaron las charolas como muestra 1 lenteja cocida, muestra 2 lenteja remojada y testigo el panque común (marca Bimbo). De igual manera se tomaron los pesos de cada muestra para poder calcular el porcentaje de materia seca parcial (MSP) con la siguiente fórmula:

$$\frac{pms}{pmt} (100) = \% MSP$$

pms = peso de la muestra seca

pmt = peso de la charola + el peso de la muestra



Figura 14: Muestras en la estufa de secado.

2.8 Metodología experimental

Ya que se finalizó con la elaboración de los panques, se continúa con la parte experimental la determinación del contenido nutricional (% materia seca total, % cenizas totales, % grasa, % proteína, % fibra y % carbohidratos) mediante análisis fisicoquímicos, de acuerdo con él (AOAC, 2019).

Determinación de % materia seca total (% MST)

1. Sacar crisoles de porcelana de la estufa con ayuda de una pinza y colocarlos en el desecador por 15 minutos, anotar cada identificación de los crisoles.
2. Pesar los crisoles en una balanza analítica y anotar cada peso.
3. Pesar 2 g de muestra seca sobre unos pedazos de papel limpio.
4. Después cada muestra se coloca en cada crisol y se meten a la estufa se dejan por 48 horas.
5. Pasado el tiempo, se sacan con ayuda de la pinza y se colocan en la desecadora para enfriarlos por unos 15 – 20 minutos.
6. Se pesan y se anota el nuevo peso de la muestra más el crisol.
7. Se calcula con la siguiente formula

$$\% \text{ MST} = \frac{\text{peso del crisol con muestra seca} - \text{peso del crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ H} = 100 - \% \text{ MST}$$

Determinación de % cenizas totales (% C)

1. Con la misma muestra que se utilizó para calcular la materia seca total, una vez pesada, se pre incinero en una parrilla eléctrica a baja temperatura.
2. Una vez que dejen de sacar humo las muestras se sacan de la parrilla.
3. Se pasan a la mufla y se dejan por un tiempo de 2 horas.
4. Pasado el tiempo se sacan y se deja enfriar en un desecador por 15 minutos.
5. Se pesan y se calcula con la siguiente formula.

$$\% \text{ C} = \frac{\text{peso del crisol con cenizas} - \text{peso del crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

$$\frac{\% \text{ C}}{\% \text{ MST}} \times 100 = \text{valor de cenizas ajustado en base al \% MST}$$

Determinación de grasa total o Extracto etéreo (% EE) (método de Soxhlet)

1. Se pesan 4 g de muestra seca.
2. Teniendo las muestras pesadas se depositan en un cartucho poroso de celulosa y se meten a un sifón cada muestra.
3. Después se sacan matraces redondos de fondo plano y boca esmerilada de la estufa se anotan las identificaciones de cada de matraz y se dejan enfriar en el desecador para luego pesarlos.

4. A cada matraz se le agrega hexano hasta la mitad y acoplar el refrigerante del aparato Soxhlet.
5. Extraer por un periodo de 10 horas, empezando con el tiempo apartar de que empiezan a hervir.
6. Pasado el tiempo de extracción se evapora el solvente con una rota vapor.
7. A continuación, se vuelven a colocar los matraces en la estufa con aproximadamente 12 horas.
8. Pasado el tiempo se sacan y se dejan enfriar para luego tomar el nuevo peso.
9. Calcular con la siguiente formula.

$$\% G = \frac{\text{peso del matraz con grasa} - \text{peso del matraz solo}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

$$\frac{\% G}{\% MST} \times 100 = \text{valor de la grasa ajustado en base al \% MST}$$

Determinación de % de Proteína cruda (% PC) método de Kjeldahl

Digestión

1. Se pesa 1 g de muestra sobre el papel filtro.
2. Se colocan en un matraz de Kjeldahl de 800 ml y se les agrega 4 perlas de vidrio.
3. Luego se les agrega 1 cucharada de catalizador (mezcla reactiva de selenio).
4. También se le agrega 30 ml de ácido sulfúrico concentrado y se conectan al equipo de Kjeldahl en la parte de digestión.

Destilación

1. Diluir con 300 ml de agua destilada en el resultado después de la digestión.

2. Mientras se enfría con el matraz Erlenmeyer de 500 ml se agrega 50 ml de ácido bórico al 4% y 6 gotas de indicador mixto (rojo de metileno y verde de bromocresol).
3. Agregar al matraz con la digestión 110 ml de hidróxido de sodio al 45 % y 6 granallas de zinc, con cuidado de no agitar.
4. Conectar la parte destiladora del equipo Kjeldahl, se recibe 250 ml de destilado.

Titulación

1. Se titula con ácido sulfúrico 0.1 N, cambio de color azul a color rojo pálido.
2. Se realiza los cálculos con la siguiente formula.

$$\%N = \frac{(\text{ml gastados de la muestra} - \text{ml blanco})(\text{normalidad del ácido})(\text{milieq N})}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

Mililitros del blanco = 0.3

Normalidad del ácido = 0.1005

Miliequivalente de N = 0.014

$$\% P = (\%N)(6.25 \text{ factor de conversión})$$

$$\frac{\% P}{\% MST} = \text{valor de proteína ajustado en base a la MST.}$$

Determinación de (%) Fibra cruda (% FC)

1. Se pesa 2 g de muestra que se desengraso.
2. Se coloca las muestras en un vaso de Berzelius y se le agregan 100 mL de la solución ácido sulfúrico 0.225 N.
3. Se conecta al aparato de reflujo por 30 minutos, empezando el tiempo hasta el comienzo de hervir.

4. Mientras en un matraz se coloca agua destilada sobre una parrilla para calentarla.
5. Con ayuda de un embudo y con tela de lino se filtra cada muestra. Se lava con 3 porciones de agua destilada caliente.
6. Se pasa en un vaso de Berzelius el residuo que quedo en la tela de lino y se agrega 100 mL de la solución hidróxido de sodio 0.313 y estas se vuelven a conectar al aparato de reflujo.
7. Pasado el tiempo se repite el paso anterior (#6) se deja escurrir el exceso de agua de las telas.
8. Se saca cada tela se deja extiende para retirar todo el residuo de la fibra con ayuda de una espátula y quitando todo se colocan en un crisol, listo eso se colocan en la estufa durante 12 horas a una temperatura de 103 °C.
9. Pasado el tiempo se sacan, se dejan enfriar y se pesan.
10. Luego se colocan en las parrillas para después pasarlos a la mufla por 3 horas a una temperatura de 600 °C, iniciando el tiempo hasta que la mufla alcance la temperatura mencionada.
11. Transcurrido el tiempo se sacan para enfriar por unos minutos y se pesan nuevamente.
12. Calcular con la siguiente formula.

$$\% \text{ FC} = \frac{\text{peso del crisol con fibra seca} - \text{peso del crisol con fibra ceniza}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

$$\frac{\% \text{ FC}}{\% \text{ MST}} \times 100 = \% \text{ FC ajustado en base al \% MST}$$

Determinación de % de carbohidratos (% CHO)

1. Para calcular los carbohidratos de cada muestra se utilizó todos los resultados obtenidos de la ceniza, grasa, proteína y fibra con los datos ajustados en base a la materia seca total (MST).
2. Utilizando esta fórmula para calcular CHO.

$$\text{CHO} = 100 - (\% \text{C} + \% \text{G} + \% \text{P} + \% \text{FC})$$

Determinación de kilocalorías (% kcal)

1. Para obtener el resultado de las muestras en cuanto el contenido de las kilocalorías, utilizamos únicamente el resultado de proteína, grasa y carbohidratos.
2. Utilizando una formula simple, regla de tres.
3. Datos constantes que forman parte de la formula y poder calcular las kilocalorías (FAO).

PC: 4.0 kcal/g G: 9.0 kcal/g CHO: 4.0 kcal/g

4. Se calcula con el resultado de proteína, grasa y de los carbohidratos, para al final sumar los tres resultados y finalmente obtener el resultado de las kilocalorías.

$$\frac{P(4.0) - 100\%}{X - (\%P)} = X(\text{Proteína})$$

VC: valor constante proteína.

%P: resultado del cálculo de contenido de proteína de la muestra.

5. Se repite la formula cambiando únicamente el valor del dato que se necesita obtener. Por ejemplo:

$$\frac{G(9.0) - 100\%}{X - (\%G)} = X \text{ (Grasa)}$$

$$\frac{CHO(4.0) - 100\%}{X - (CHO)} = X \text{ (carbohidratos)}$$

$$P + G + CHO = Kcal$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se describen los resultados obtenidos de la investigación, los cuales se obtuvieron por medio de un análisis de varianza (ANVA) de los datos y mediante una prueba de medias de Fisher ($p \leq 0.05$) utilizando el paquete estadístico StatPlus: mac Pro (2018).

Las variables evaluadas fueron las siguientes: % de materia seca total (% MST), % cenizas (% C), % proteína cruda (% PC), % extracto etéreo o grasa (% EE), % fibra cruda (% FC), % extracto libre de nitrógeno o carbohidratos (% ELN), % contenido calórico (% kcal).

Tabla 8: Comparación entre la lenteja cruda y lenteja cocida en cuanto a su contenido nutricional.

| Composición nutricional | MLC (muestra de lenteja cocida) | MLCR (muestra de lenteja cruda remojada) |
|-------------------------|---------------------------------|--|
| Proteína | 9.02 g | 24.77 g |
| Fibra | 7.90 g | 9.7 g |
| Carbohidratos | 14.85 g | 60 g |
| Grasa | 36 g | 0.8 g |
| Calorías | 116 kcal | 352 kcal |

Fuente: (Dieta y Nutrición)

En base a los contenidos entre la lenteja cocida con la cruda se puede observar que la lenteja cruda tiene mayores nutrientes en cuanto a su contenido en proteína, fibra y carbohidratos, por lo que presenta más calorías, que la muestra de lentejas cocidas en lo que respecta a la cantidad de grasa su contenido es bajo. La diferencia entre las dos muestras resulta principalmente en la cocción, ya que, en sí, las lentejas cocidas pasan por una hidratación, y por consiguiente, un aporte de agua y probablemente de sal lo cual hace que pierda una mayor cantidad de sus nutrientes a diferencia de la cruda.

Formulaciones:

T= Testigo

MLC= muestra de lenteja cocida.

MLCR= muestra de lenteja cruda remojada.

Materia seca total (% MST)

En el análisis de varianza (ANVA), no mostró diferencias significativas entre las muestras. Los resultados de comparación de medias ($p \leq 0.05$), señalan que, entre la lenteja cocida, la lenteja cruda y el testigo son estadísticamente iguales con 97.02 %, 96.83 % y 98.18 % respectivamente.

Tabla 9: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis del % de materia seca total.

| Formulación | % MST |
|-------------|----------|
| T | 98.18 a* |
| MLC | 97.02 a |
| MLCR | 96.83 a |

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($p \leq 0.05$)

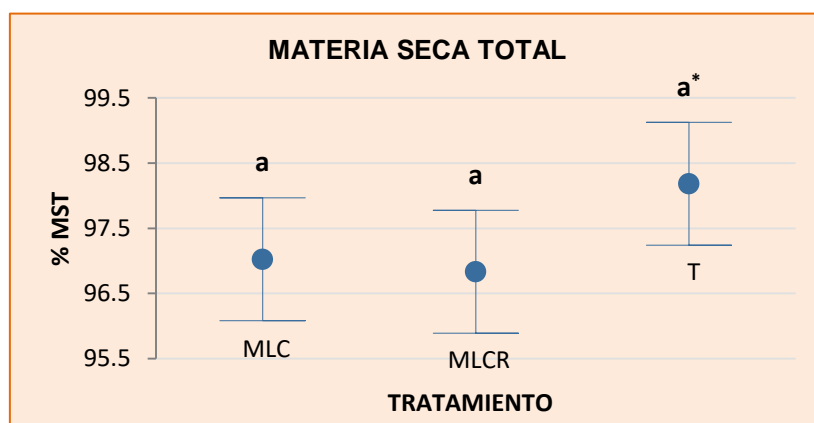


Figura 15: Contenido de la materia seca total (%).

Debido a que en el proceso de cocción no fue significativa la materia seca total de la lenteja, ya que la absorción de agua durante el tratamiento térmico fue

eliminada durante el secado previo al análisis, y las posibles pérdidas de sólidos solubles al medio de cocción fueron mínimas y por lo tanto no significativas.

Cenizas (% C)

En el análisis de varianza (ANVA), mostró diferencias significativas entre las muestras. En los resultados de comparación de medias ($p \leq 0.05$), mostró que entre la lenteja cocida y testigo son estadísticamente iguales 2.45 % y 2.17 %, mientras que en la muestra de lenteja cruda remojada es de 2.83 % respectivamente.

Tabla 10: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de ceniza.

| Formulación | % C |
|-------------|---------|
| T | 2.17 b |
| MLC | 2.45 b |
| MLCR | 2.83 a* |

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($p \leq 0.05$).

Se puede observar que en la formulación del pan con lenteja cruda remojada existe una concentración más alta, en minerales al encontrarse en esta condición habrá una absorción más baja de minerales, mientras que en el pan de lenteja cocida habrá más biodisponibilidad por el cocimiento. Cuando se incorporar lenteja al pan aumenta la cantidad de contenido de cenizas (qascf-header, 2025).

De acuerdo con (Manchego & Colaboradores, 2018), obtuvieron 1.59 %, en la elaboración de pan con tres harinas; trigo, lenteja y linaza, el cual los valores obtenidos en este trabajo están por encima de los resultados que obtuvieron estos autores, la formulación que obtuvo mayor % de cenizas es la muestra de lenteja cruda remojada (MLCR) lo cual hace que sea más rico en minerales con esta formulación. Pudiendo deberse a que al cocer la lenteja los minerales se quedaron en el líquido donde se cosió.

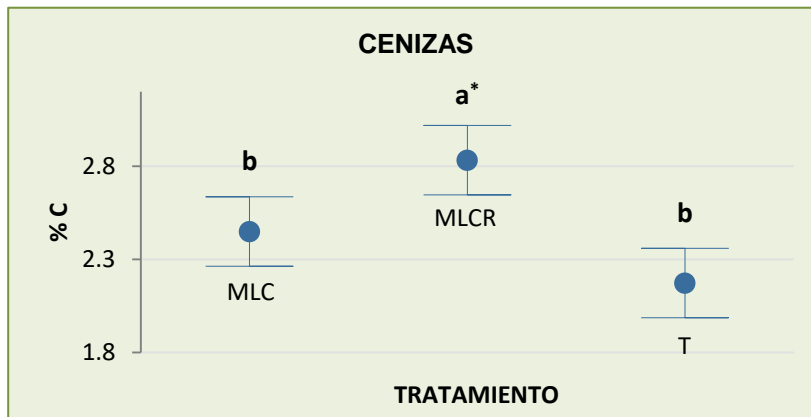


Figura 16: Determinación de cenizas (%).

Extracto etéreo (% EE)

El ANVA mostró que entre las formulaciones si hubo diferencia significativa, los resultados de la comparación de medias ($p \leq 0.05$), indican que estadísticamente la muestra de lenteja cocida con 23.51 % y la lenteja cruda remojada con 27.22 % son estadísticamente iguales, mientras que el testigo presentó 37.03 % mostrando mayor contenido de grasa.

Tabla 11: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de extracto etéreo o grasa.

| Formulación | % EE |
|-------------|----------|
| T | 37.03 a* |
| MLC | 23.51 b |
| MLCR | 27.22 b |

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($p \leq 0.05$).

La lenteja cocida y lenteja cruda son estadísticamente casi iguales en el contenido de grasa. Esto se debe al ingrediente que se le agrego en la preparación para la textura o mejorar su sabor de los panquesitos, pudo haber incrementado la

cantidad de grasa; sin embargo, las muestras tuvieron más bajo contenido que la muestra testigo, cabe mencionar que el testigo con el que se comparó fue de marca comercial, la cual está elaborada con manteca vegetal la cual contiene una cantidad elevada de grasa, aproximadamente en un rango de entre 22.4 % y el 23.7 %.

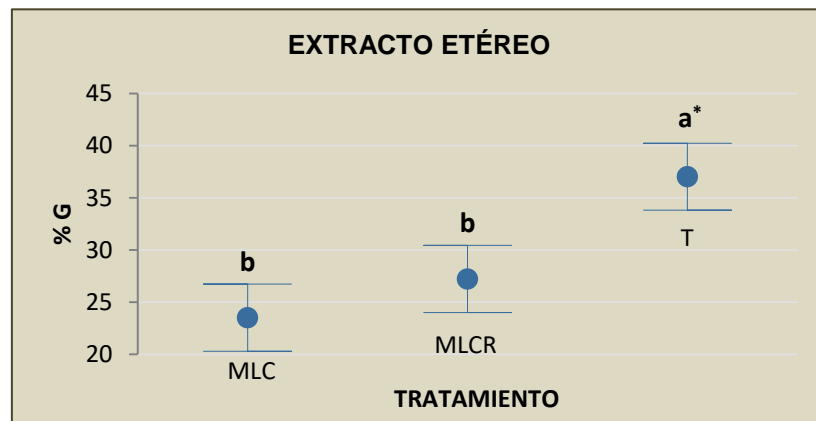


Figura 17: Obtención del (%) de grasa.

Proteína cruda (% PC)

En el análisis de varianza (ANVA), mostró diferencias significativas entre las muestras. Los resultados de comparación de medias ($p \leq 0.05$), señalan que entre la lenteja cocida y la lenteja cruda remojada son estadísticamente iguales con 15.33 %, 16.30 % respectivamente. En cuanto el testigo hay una diferencia significativa por su bajo contenido de proteína con 6.27 %.

Tabla 12: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de proteína.

| Formulación | % PC |
|-------------|----------|
| T | 6.27 b |
| MLC | 15.33 a |
| MLCR | 16.30 a* |

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($p \leq 0.05$).

De acuerdo con la fuente (Dieta y Nutrición) la lenteja cocida presenta un 9.02 % y la cruda 24.77 %, en este trabajo, aunque hubo una diferencia muy baja entre ambas de 1% no hubo diferencias estadísticas. Además, según (Evandro, 2011), en su investigación en la elaboración de panqué con lenteja y avena como resultado fue de 5.55 % de proteína, comparando el resultado obtenido en esta investigación los resultados son mayores a los que tuvo este autor. También es importante recalcar que es rica en lisina, un aminoácido limitante en cereales como el trigo (SciencieDirect), por lo cual aumente el valor biológico de la proteína total contribuyendo al mantenimiento de masa muscular y funciones estructurales, además, el consumo de un pan rico en proteína incrementa la sensación de saciedad y pudiera ayudar a modular la respuesta glucémica.

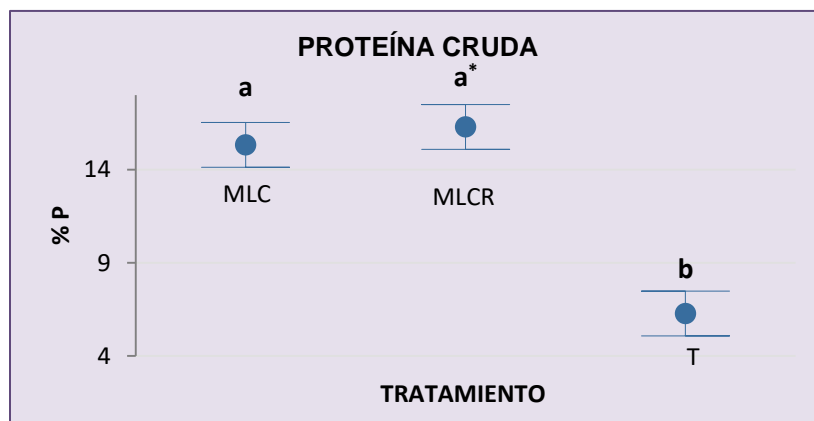


Figura 18: Contenido de proteína total (%).

Fibra cruda (% FC)

En los resultados del ANVA, en comparación de medias ($p \leq 0.05$), se observa que la muestra de lenteja cocida es de 1.91 % y la lenteja cruda remojada es de 1.90 % por lo cual son estadísticamente iguales por otro lado comparándolo con el testigo que es un pan de marca comercial obtuvo 0 % de fibra y los de este trabajo tienen el 2 % de fibra. Por lo cual el pan con harina de lenteja en cualquiera de las dos versiones presenta un contenido mayor en esta variable.

Tabla 13: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de fibra cruda.

| Formulación | % FC |
|-------------|---------|
| T | 0 b |
| MLC | 1.91 a* |
| MLCR | 1.90 a |

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($p \leq 0.05$).

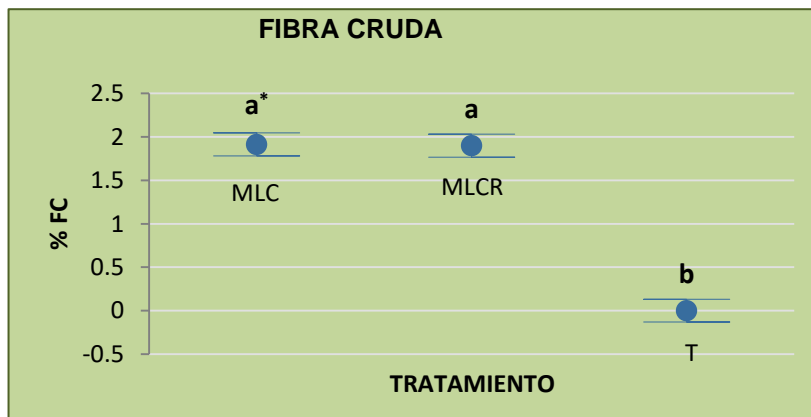


Figura 19: Valores obtenidos de fibra cruda (%).

Extracto libre de nitrógeno (% ELN)

De acuerdo con el ANVA, las formulaciones mostraron diferencias significativas. Los resultados de comparación de medias ($p \leq 0.05$), señalan que las muestras son diferentes. La muestra de lenteja cocida tiene mayor cantidad de carbohidratos con 56.80 %, mientras que la muestra de lenteja cruda remojada y testigo son estadísticamente iguales con 52.00 % y 54.52 % respectivamente.

Tabla 14: Valores promedio de las variables obtenidas en el análisis de extracto libre de nitrógeno o carbohidratos.

| Formulación | % ELN |
|-------------|----------|
| T | 54.52 ab |
| MLC | 56.80 a* |
| MLCR | 52.00 b |

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($p \leq 0.05$).

Según (Morales & Colaboradores, 2025), la lenteja roja tiene más carbohidratos con 39.72 % que la verde con 33.56 %, comparando los resultados obtenidos en esta investigación observamos que la lenteja cocida contiene más carbohidratos con 56.80 % lo cual está por encima de los resultados que obtuvieron en el trabajo de los autores.

De igual manera según (Manchego & Colaboradores, 2018), ellos obtuvieron como resultado un 45.52 % en contenido de carbohidratos, lo que nos indica que son parecidos a lo de esta investigación, pero que de la misma manera nuestro resultado es mayor a comparación de estas dos investigaciones.

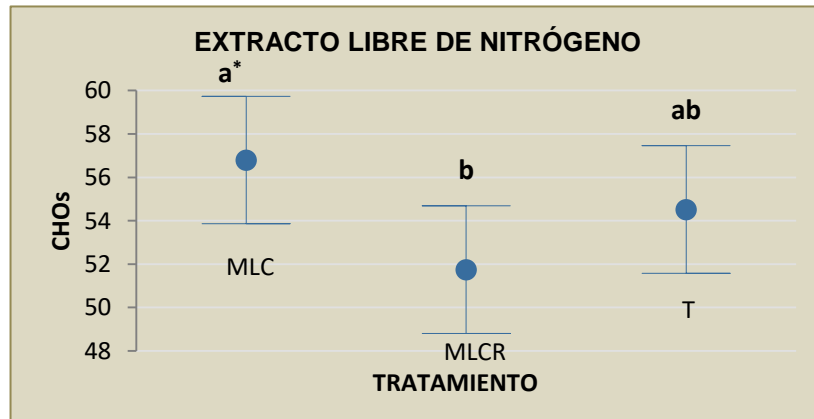


Figura 20: Extracto libre de nitrógeno (%).

Contenido calórico (% kcal)

De acuerdo con los resultados del ANVA, en la comparación de medias ($p \leq 0.05$), se observó que las formulaciones de lenteja cocida y lenteja cruda son estadísticamente iguales. Se observó que el testigo tiene mayor cantidad de calorías con 5.76 kcal. La lenteja ya sea cruda o cocida no modificó su valor energético actualmente se buscan alimentos bajos en calorías y este producto pudiera ofrecer esta cualidad.

Tabla 15: Valores promedio de las variables obtenidas el análisis de contenido calórico.

| Formulación | Kcal |
|-------------|---------|
| T | 5.76 a* |
| MLC | 5.00 b |
| MLCR | 5.17 b |

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Fisher ($p \leq 0.05$).

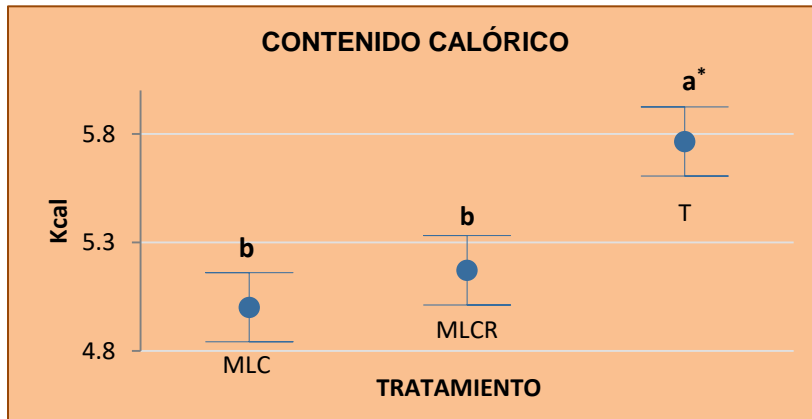


Figura 21: Gráficos del análisis de contenido calórico.

De acuerdo (Evandro, 2011), en su investigación en la elaboración de panqué obtuvo 13.94 % de Kcal lo que nos indica que el valor obtenido en este trabajo es bajo y en cuando a los dos tipos de muestra no hubo cambios significativos, además, cabe mencionar que el valor es adecuado ya que se busca obtener un producto con bajo calórico.

5. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones.

- Se desarrolló un pan tipo panquesito con lenteja cocida (MLC) y lenteja cruda remojada (MLCR) y se compararon sus cualidades nutricionales.
- Se formularon las proporciones a utilizar de cada una de las harinas, lenteja cocida y lenteja cruda y se elaboró el pan.
- Se realizó la caracterización química de los dos tipos de harina MLC y MLCR, obteniendo que la harina de lenteja cruda remojada resulto con mayor contenido de proteína con una concentración de 16.30 % y en cenizas 2.83 % y un bajo valor en carbohidratos.
- Se comparó los resultados entre las formulaciones harina de lenteja cocida (MLC) y lenteja cruda remojada (MLCR) y se determinó que la mejor opción en términos nutricionales es la harina de lenteja cruda remojada ya que presenta mejores valores nutricionales.

6. LITERATURA CITADA

- Agarwal, S., & Fulgoni, V. L. (2023). Effect of Adding Pulses to Replace Protein Foods and Refined Grains in Healthy Dietary Patterns. *Nutrients*.
- Agencia española de seguridad alimentaria y nutrición. (2020). Presencia de gluten en las lentejas. *Gluten_lentejas*, 1-4.
- Alicia. (2024). Propiedades y beneficios de las lentejas verdinas. *panuvasyqueso*.
- AOAC. (2019). *Official methods of analysis (21 st ed.)*. Association of Official Analytical Chemists.
- Araneda, M. (2024). Legumbres "Composición y propiedades". *Edualimentaria*.
- argentina.gob.ar. (s.f.). Gráfica de alimentación saludable.
- Atlas Big. (s.f.). Países por producción de lentejas. Producción mundial de lentejas en los países.
- Betancur Ancona, D., & Colaboradores. (2003). Fibra dietética y sus beneficios en la alimentación. *revista universitaria.uady.mx*, 7-13.
- Blanco Espeso, B. (2007). Estudio de la tecnología de extrusión para la valorización de subproductos vegetales y nuevas aplicaciones en leguminosas como ingredientes de productos para la alimentación humana. *Universidad de Burgos*, 34.
- Boye, J. Z. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2), 414-431.
- Brummer, Y., Kaviani, M., & Tosh, S. M. (2015). Structural and functional characteristics of dietary fibre in beans, lentils, peas and chickpeas. *Food Research International*, 117-125.
- Canal cocina. (s.f.). Lentejas verdinas. Canal cocina (Glosario).

- Cárdenas Travieso, R. M., Ortiz Pérez, R. H., Rodríguez Miranda, O., de la Fé Montenegro, C. F., & Lamz Piedra, A. (2014). COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA LENTEJA (*Lens culinaris* Medik.) EN LA LOCALIDAD DE TAPASTE, CUBA. *Cultivos Tropicales*, 92-99.
- Cedeño, C. (s.f.). recetas de lentejas muy variadas y deliciosas. Comedera.
- Chel Guerrero, L., & Colaboradores. (2002). Functional properties of flours and protein isolates from *Phaseolus lunatus* and *Canavalia ensiformis* seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 584-591.
- CODEX ALIMENTARIUS. (2007). Cereales, legumbres, leguminosas y productos proteínicos vegetales. En FAO. Roma: 1°.
- Díaz P, S. (1979). Las leguminosas. *Escuelas digitales campesinas*, 15-37.
- Dieta y Nutrición. (s.f.). Composición Nutricional (por cada 100 gramos de lentejas crudas).
- Dietana. (s.f.). ¿Cuántas calorías tienen las Lentejas Cocidas?
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 411-421.
- Enjamio, L., Rodriguez, P., Valero, T., Ruiz, E., Avila, J., & Varela, G. (2017). Informe sobre las legumbres, nutrición y salud. AECOSAN.
- Equipo OXFAM. (2018). Las lentejas, un tesoro de nuestra cocina. El blog de Oxfam Intermón.
- Espinoza, F., & Olivares, C. (2016). El poder de la lenteja. *Mexicanos y sanos*.
- Evandro, B. B. (2011). OBTENCIÓN DE HARINAS DE CEREALES Y LEGUMINOSAS PRECOCIDAS Y SU APLICACIÓN EN ALIMENTOS PARA EL ADULTO MAYOR. 115-129.

- FAO. (2016). Legumbres semillas nutritivas para un futuro sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Gómez, M. R. (2010). Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology*, 231., 635-644.
- Infoagro. (s.f.). El cultivo de la lenteja. *Industria de los cereales y sus derivados*.
- Isken, F., Klaus, S., Osterhoff, M., H Pfeiffer, A. F., & Weickert, M. O. (2010). Effects of long-term soluble vs. insoluble dietary fiber intake on high-fat diet-induced obesity in C57BL/6J mice. *J Nutr Biochem*, 278-284.
- Johnson, B. S. (03 de Diciembre de 2025). Fibra en Lentejas: Guía Científica con Tablas Comparativas. Obtenido de Aliaba.com: <https://spice.alibaba.com/es/spice-basics/fiber-in-lentils#:~:text=Las%20lentejas%20son%20una%20de,de%20la%20ingesta%20diaria%20recomendada.>
- Manchego, V., & Colaboradores. (2018). Pan Fortificado con Lenteja (*Lens Culinaris*) y Linaza (*Linum Usitatissimum*), Diseño de Mezcladora-Amasadora. ALICIA (Acceso Libre a Información Científica para la Innovación).
- Messina, V. (2014). Nutritional and health benefits of dried beans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100(1)., 437S-442S.
- Morales Arroyo, S. (2004). Leguminosas silvestres usadas como alimentos y bebidas, por la población rural. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL, San Nicolás de los Garza. Nuevo León.
- Morales, Y., & Colaboradores. (2025). Harina de lenteja como fuente alternativa de proteínas. *Scielo*, vol.16 n°.3.
- Mudryj, A. N. (2014). Nutritional and health benefits of pulses. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(11)., 1197-1204.

- Muhammad, A., & Colaboradores. (2013). Application and opportunities of pulses in food system: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1168-1179.
- Nadal Moyano, S., Moreno Yangüela, M. T., & J.I., C. S. (2004). *Las leguminosas de grano en la agricultura moderna*. Mundi-prensa libros.
- Nambo Santiago, E. N., & Colaboradores. (s.f.). Efecto de la temperatura de cocción sobre el contenido de fibra dietaria de dos variedades de lenteja (*lens culinaris*). Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas.
- Nutrición y Salud. (s.f.). *Legumbres, tubérculos y frutos secos*. Central lechera asturiana .
- OMS, F. &. (2004). *Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas (Serie de Informes Técnicos 916)*. Organización Mundial de la Salud.
- Pyler, E. J. (2009). *Baking science and technology (4 th ed.)*. Sosland Publishing.
- qascf-header. (2025). Research progress on lentil-based composite flours: physicochemical, techno-functional properties, and high-performance food applications. qascf.
- Ros Berruezo, G. F., Periago Gastón, M. J., & Perez Conesa, D. (2010). Legumbres, verduras y productos hortícolas. En *Tratado de nutrición (Vol. II, págs. 139-166)*. Médica Panamericana.
- Ruiz Alonso, L. (2016). *Fibra dietética: definición, beneficios y métodos de cuantificación*. Tesis UNAM, 6-74.
- Santiago, N., & Colaboradores. (2023). Propiedades nutrimentales y funcionales de lenteja (*Lens culinaris*), haba (*Faba vicia L.*) y garbanzo (*Cicer arietinum*) como alternativa en la alimentación animal. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 103-108.

Thavarajah, D. h. (2012). Evaluation of lentil (*Lens culinaris Medikus*) micronutrient composition: A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 27(1)., 1-9.

Vilcanqui Pérez, F., & Vílchez Perales, C. (2017). Fibra dietaria: nuevas definiciones, propiedades funcionales y beneficios para la salud. . alanrevista.org.

Westenbrink, S., Brunt, K., & Van der Kamp, J.-W. (2012). Dietary fibre: challenges in production and use of food composition data. *Food Chemistry*, 562-567.

Zimmer, S. (2019). Beneficios de la lenteja. *Salud, Nutrición y Vida saludable*.