



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**



**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA
EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

**PERFIL SENSORIAL, FISICOQUÍMICO Y TECNO-FUNCIONAL
DE LOS SUBPRODUCTOS DE LENTEJA (*Lens culinaris* M.)
VERDE Y ROJA.**

TESIS

QUE P R E S E N T A

Q.F.B. KARLA MONTES RODRÍGUEZ

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Directora de Tesis: Doctora en Tecnología Avanzada
Berenice Yahuaca Juárez

Morelia, Mich., México. Agosto, 2024.

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología “M.C. Víctor Manuel Rodríguez Alcocer” de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, bajo la dirección de la Dra. Berenice Yahuaca Juárez.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) y el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) por el apoyo económico para realizar el posgrado.

Al Laboratorio de Biotecnología “M.C. Víctor Manuel Rodríguez Alcocer” de la Facultad de Químico Farmacobiología de la UMSNH y el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) Unidad Querétaro por las facilidades brindadas para el desarrollo del trabajo.

A la Dra. Berenice Yahuaca Juárez le agradezco profundamente darme la oportunidad, por compartir su conocimiento, su paciencia, dedicación y haberme guiado en este laberinto académico, no pude haber encontrado una mejor asesora, ha sido un honor compartir este camino con usted.

Al Dr. Pedro Alberto Vázquez Landaverde por todo el apoyo, recomendaciones y consejos que me brindó, así como la amabilidad y entrega que lo caracteriza, con infinita admiración y respeto es un ejemplo a seguir.

Al Comité tutorial, Dra. Liliana Márquez Benavides, Dra. Patricia Ríos Chávez, Dr. Pedro Antonio García Saucedo y Dr. Pedro Alberto Vázquez Landaverde por su colaboración en el desarrollo de este trabajo y sus aportaciones para mi formación académica.

A todas las personas que de alguna forma contribuyeron para la realización de la evaluación sensorial y especialmente a aquellos que ofrecieron su tiempo y disposición para conformar el panel de jueces entrenados y realizar el entrenamiento.

DEDICATORIA

A mis padres, Carlos y Josefina, por su esfuerzo y dedicación, por estar presentes en todos los momentos de mi vida, por siempre apoyar el camino que he querido, todos mis logros y lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mi novio, por el apoyo, comprensión y por ser un equipo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
RESUMEN GENERAL.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN GENERAL	3
II. JUSTIFICACIÓN	7
III. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	9
IV. HIPÓTESIS	9
V. OBJETIVOS	9
5.1. Objetivo General	9
5.2. Objetivos Específicos.....	9
VI. ESTRATEGIA EXPERIMENTAL	11
VII. ESTRUCTURA DEL PROYECTO.....	12
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE LA SEMILLA DE LENTEJA VERDE Y ROJA.	13
I.1 Resumen.....	13
I.2 Estado del arte	14
I.3 Objetivo.....	22
I.4 Materiales y Métodos	22
I.5 Resultados y discusión.....	27
I.6 Conclusión	35
CAPÍTULO II. PERFIL FISICOQUÍMICO Y TECNO-FUNCIONAL DE LAS MATRICES ALIMENTARIAS DE LENTEJA (<i>Lens culinaris</i> M.) VARIEDADES VERDE Y ROJA	36

II.1 Resumen.....	36
II.2 Estado del arte	37
II.3 Objetivo	49
II.4 Materiales y Métodos	49
II.5 Resultados y discusión.....	55
II.6 Conclusión	92
CAPÍTULO III. PERFIL SENSORIAL DE LAS MATRICES ALIMENTARIAS DE LENTEJA VERDE Y ROJA. CORRELACIÓN ENTRE EL PERFIL FISICOQUÍMICO Y TECNOFUNCIONAL Y EL PERFIL SENSORIAL DE LAS MATRICES ALIMENTARIAS DE LENTEJA DE DOS VARIEDADES.	
III.1 Resumen.....	94
III.2 Estado del arte	95
III.3 Objetivo	102
III.4 Materiales y Métodos	103
III.5 Resultados y discusión.....	112
III.6 Conclusión.	151
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	152
PERSPECTIVAS Y/O RECOMENDACIONES	171
ANEXOS.....	172

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de lentejas: (A) verdes, (B) rojas, (C) marrones,.....	18
Figura 2 Color en la semilla de lenteja verde y roja.	30
Figura 3. Ángulo de Matiz en el gráfico de color representativo de las harinas de lenteja verde y roja.....	57
Figura 5a. Grupos químicos mayoritarios de los compuestos volátiles identificados en las harinas de lenteja verde y roja. HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja.....	66
Figura 6a. Grupos químicos minoritarios de los compuestos volátiles identificados en las masas de lenteja verde y roja. MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja.	68
Figura 7. Panel de jueces entrenados evaluando la MA harina de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja.	108
Figura 8. Panel de jueces entrenados evaluando la MA masa de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja.	108
Figura 9. Formato de evaluación para la identificación de escalas para cada descriptor.....	109
Figura 10. Representación de le evaluación del nivel de agrado en la MA harina de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja.....	110
Figura 11. Representación de le evaluación del nivel de agrado en la MA masa de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja.	111
Figura 12. Hoja de evaluación utilizada por jueces consumidores para la determinación del nivel de agrado de harinas de lenteja.	111
Figura 13. Representación gráfica del perfil sensorial de olor y sabor de las matrices alimentarias harinas de lenteja crudas variedades verde y roja. O: descriptor olor, S: descriptor sabor. HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja.	115
Figura 14. Representación gráfica del perfil sensorial de olor y sabor de las matrices alimentarias masas de lenteja crudas variedades verde y roja. O: descriptor olor, S:	

descriptor sabor. MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja. 116

Figura 15. Representación gráfica del perfil sensorial de olor y sabor de las matrices alimentarias harinas de lenteja variedades verde y roja llevadas a cocción tradicional. O: descriptor olor, S: descriptor sabor. HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja. 122

Figura 16. Representación gráfica del perfil sensorial de olor y sabor de las matrices alimentarias masas de lenteja variedades verde y roja llevadas a cocción tradicional. O: descriptor olor, S: descriptor sabor. MLCOV: Masa de lenteja cocida verde, MLCRR: Harina de lenteja cocida roja. 123

Figura 17. Gráfico de componentes principales de los descriptores generados para HLCRV: harina de lenteja cruda verde; HLCRR: harina de lenteja cruda roja; HLCOV: harina de lenteja cocida verde; HLCOR: harina de lenteja cocida roja..... 125

Figura 18. Gráfico de componentes principales de los descriptores generados para MLCRV: harina de lenteja cruda verde; MLCRR: harina de lenteja cruda roja; MLCOV: harina de lenteja cocida verde; MLCOR: harina de lenteja cocida roja. 127

Figura 19. Análisis de componentes principales del perfil de compuestos volátiles obtenidos de las harinas de lenteja. HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja..... 135

Figura 20. Análisis de componentes principales del perfil de compuestos volátiles obtenidos de las masas de lenteja. MLCRV: Harina de lenteja cruda verde, MLCRR: Harina de lenteja cruda roja, MLCOV: Harina de lenteja cocida verde, MLCOR: Harina de lenteja cocida roja..... 144

Figura 21. Gráfico de correlación entre el perfil fisicoquímico, tecno-funcional y sensorial de las matrices alimentarias variedad verde y roja. 150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Composición química de lenteja cruda (100 g de materia seca).....	21
Tabla 2	Tamaño de la semilla de lenteja de las variedades verde y roja.	27
Tabla 3	Parámetros de colorimetría evaluados en semillas de lenteja roja y verde.	29
Tabla 4	Caracterización químico proximal de la semilla de lenteja de las variedades verde y roja.....	31
Tabla 5	Contenido de fibra dietaria total (FDT), fibra dietaria insoluble (FDI) y fibra dietaria soluble (FDS) en las semillas de lenteja verde y roja.	34
Tabla 6	Color de las harinas de lenteja cruda y cocida de las variedades verde y roja.	55
Tabla 7	Parámetros de colorimetría en masa de lenteja cruda y cocida, roja y verde. .	58
Tabla 8	Contenido de fibra dietética en harina de lenteja cruda y cocida, variedad verde y roja.....	61
Tabla 9	Contenido de fibra dietética en masa de lenteja cruda y cocida, variedad verde y roja.....	62
Tabla 10	Contenido de aceite en harina y masa de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja.....	63
Tabla 11	Contenido de humedad en harina y masa de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja.....	64
Tabla 12	Aldehídos identificados en harinas de lenteja verde y roja.....	70
Tabla 13	Aldehídos identificados en masas de lenteja verde y roja.	72
Tabla 14	Cetonas identificadas en harinas de lenteja verde y roja.	73
Tabla 15	Cetonas identificadas en masas de lenteja verde y roja.....	73
Tabla 16	Alcoholes identificados en harinas de lenteja verde y roja.	74
Tabla 17	Alcoholes identificados en masas de lenteja verde y roja.	75
Tabla 18	Terpenos identificados en harinas de lenteja verde y roja.....	76
Tabla 19	Terpenos identificados en masas de lenteja verde y roja.....	77
Tabla 20	Éteres identificados en harinas de lenteja verde y roja.	78
Tabla 21	Éteres identificados en masas de lenteja verde y roja.	78
Tabla 22	Ésteres identificados en harinas de lenteja verde y roja.	79
Tabla 23	Ésteres identificados en masas de lenteja verde y roja.....	80
Tabla 24	Hidrocarburos identificados en harinas de lenteja verde y roja.	81

Tabla 25 Hidrocarburos identificados en masas de lenteja verde y roja.	81
Tabla 26 Azufrados identificados en harinas de lenteja verde y roja.....	81
Tabla 27 Azufrados identificados en masas de lenteja verde y roja.....	82
Tabla 28 Nitrogenados identificados en harinas de lenteja verde y roja.	83
Tabla 29 Nitrogenados identificados en masas de lenteja verde y roja.....	83
Tabla 30 Compuestos aromáticos identificados en harinas de lenteja verde y roja.	84
Tabla 31 Compuestos aromáticos identificados en masas de lenteja verde y roja.	84
Tabla 32 Tamaño de partícula y densidad aparente de harina de lenteja verde y roja .	85
Tabla 33 Capacidad de absorción de agua subjetiva, índice de absorción y solubilidad de agua en harina de lenteja verde y roja.	87
Tabla 34 Perfil de textura: Cohesión, adhesión y dureza en la matriz alimentaria masa de lenteja.....	91
Tabla 35 Sustancias y sus concentraciones utilizadas para la prueba de emparejamiento.	105
Tabla 36 Sustancia y concentración utilizada para la prueba de discriminación olfativa.....	106
Tabla 37 Pruebas de preselección para la conformación del panel entrenado.....	107
Tabla 38 Atributos de olor y sabor identificados en harina y masa de lenteja cruda...	112
Tabla 39 Atributos de olor y sabor identificados en harina y masa de lenteja cruda variedad roja.....	114
Tabla 40 Atributos de olor y sabor identificados en harina y masa de lenteja variedad verde llevada a cocción tradicional.....	118
Tabla 41 Atributos de olor y sabor identificados en harina y masa de lenteja variedad roja llevada a cocción tradicional.....	119
Tabla 42 Matriz de correlación de los descriptores generados en harina de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja.....	124
Tabla 43 Matriz de correlación de los descriptores generados en masa de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja.....	126
Tabla 44 Compuestos volátiles con carácter aromático y su relación con descriptores de aroma y sabor en la MA harina de lenteja verde y roja, en estado crudo y por cocción tradicional.	130

Tabla 45 Compuestos volátiles con carácter aromático y su relación con descriptores de aroma y sabor en la MA masa de lenteja verde y roja, en estado crudo y por cocción tradicional.	140
Tabla 46 Nivel de agrado del color en harinas y masas de lenteja crudas y cocidas variedad verde y roja.	146
Tabla 47 Nivel de agrado del olor en harinas y masas de lenteja crudas y cocidas variedad verde y roja.	147
Tabla 48 Nivel de agrado del sabor en harinas y masas de lenteja crudas y cocidas variedad verde y roja.	148
Tabla 49 Nivel de agrado de textura en harinas y masas de lenteja crudas y cocidas variedad verde y roja.	149

RESUMEN GENERAL

La lenteja es un alimento altamente nutritivo, aun cuando su producción es alta, la población ha dejado de consumirla debido al tiempo requerido de preparación y las preferencias gustativas actuales. Existe una tendencia hacia los alimentos de consumo rápido, estimulando el interés en el procesamiento de legumbres para obtener harina y diversificar su forma de consumo. Para una utilización óptima, se debe tener en cuenta los componentes de la lenteja (almidón, proteínas, agua, fibra) que modifican el comportamiento e interaccionan entre sí durante el procesamiento (mecánico o térmico) determinando las propiedades tecno-funcionales de las harinas. El procesamiento puede tener un impacto en la bioaccesibilidad de nutrientes, así como mejora en los atributos sensoriales. Así, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar el perfil fisicoquímico, tecno-funcional y sensorial de los productos derivados de la lenteja verde y roja y determinar su relación con las propiedades que rigen su comportamiento como matriz alimentaria, nivel de agrado y aceptación. Se utilizó la semilla de lenteja verde y roja, para la obtención de la matriz alimentaria (MA) harina y masa, las lentejas se cocieron 1:2 lenteja/agua, a 94°C/5 min lenteja roja y 15 min verde, se deshidrataron (12 horas/70°C) y molieron obteniendo harina de lenteja cocida verde (HLCOV) y roja (HLCOR). El control fue harina de lenteja cruda verde (HLCRV) y roja (HLCRR), obtenida por molienda de las semillas crudas. Posteriormente, 100 g de cada harina se hidrataron en 64 mL (HLCRV), 60 mL (HLCRR), 154 mL (HLCOV), 140 mL (HLCOR), obteniéndose sus respectivas masas (MLCRV), (MLCRR), (MLCOV), (MLCOR). En la semilla se determinó el tamaño, color y la composición mediante un análisis químico proximal (Método AOAC: humedad, aceite, proteína, fibra dietaria total "FDT", cenizas y carbohidratos). Se desarrolló el perfil fisicoquímico de harina y masa por color, FDT, aceite, humedad y compuestos volátiles. El perfil tecno-funcional para harinas fue tamaño de partícula (TP), densidad aparente (DA), capacidad de absorción de agua (CAA) e índice de absorción y solubilidad de agua (IAA/ISA), y en masas: consistencia, adhesión, cohesión y dureza. Se evaluó el nivel de agrado de las MA y se desarrolló un Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA) los atributos generados de las MA se correlacionaron con los compuestos volátiles. Las lentejas verde y roja son altas en proteína, que aunados a su contenido en carbohidratos y fibra tendrán participación importante en las características que tengan sus derivados como MA. Las propiedades fisicoquímicas de las harinas presentan cambios por la cocción, destacando el color, parámetro visual que genera aceptación o rechazo por parte del consumidor, el TP define la aplicación de la MA, así como la textura. La DA está relacionada con la compactación y la capacidad de almacenamiento. CAA, IAA, ISA y consistencia son indicativo del grado de modificación de proteínas y almidón, por el contenido e interacción con el agua en tratamientos termo-mecánicos. HLCOR y MLCOR tuvieron mayor nivel de agrado por su perfil de compuestos aromáticos relacionado con las notas dulces que tienden a ser agradables en comparación con la variedad verde. Estas propiedades pueden predecir el comportamiento de la MA y su aplicación en la producción de alimentos.

Palabras clave: Legumbre, nutrientes, procesamiento, perfil sensorial, propiedades tecno-funcionales.

ABSTRACT

Lentils are a highly nutritious food, even though their production is high, the population has stopped consuming them due to the time required for preparation and current taste preferences. There is a trend towards fast-consuming foods, stimulating interest in the processing of lentils. Legumes to obtain flour and diversify their way of consumption, for optimal use, the components of the lentil (starch, proteins, water, fiber) that modify the behavior and interact with each other during processing (mechanical or thermal) must be taken into account.) and that determine the techno-functional properties of the flour, the processing can have an impact on the bioaccessibility of nutrients, as well as improvement in the sensory attributes. Thus, the objective of this work was to develop the physicochemical, techno-functional and sensory profile of products derived from green and red lentils and determine their relationship with the properties that govern their behavior as a food matrix, level of liking and acceptance. Green and red lentil seeds were used to obtain FM, the lentils were traditionally cooked 1:2 lentil/water, at 94°C/5 min red lentil and 15 min green, they were dehydrated (12 hours/70 °C) and ground to obtain green (HLCOV) and red (HLCOR) cooked lentil flour. The control was raw green (HLCRV) and red (HLCRR) lentil flour, obtained by grinding the raw seeds. Subsequently, 100 g of each flour were hydrated in 64 mL (HLCRV), 60 mL (HLCRR), 154 mL (HLCOV), 140 mL (HLCOR), obtaining their respective doughs (MLCRV), (MLCRR), (MLCOV), (MLCOR). Seed size and color were determined. The composition of the lentil was analyzed using a proximal chemical analysis (AOAC Method: moisture, oil, protein, total dietary fiber "TDF", ash and carbohydrates by difference). The physicochemical profile of flour and dough was developed by color, FDT, oil, humidity and volatile compounds. The techno-functional profile for flours was particle size (PS), bulk density (BK), water absorption capacity (WAC) and water absorption and solubility index (WAI/WSI), and in doughs: consistency, adhesion, cohesion and toughness. The level of pleasantness of the FM was evaluated and a Quantitative Descriptive Analysis (QDA) was developed; the attributes generated from the FM were correlated with the volatile compounds. Green and red lentils are high in vegetable protein, which, together with their carbohydrate and fiber content, will play an important role in the characteristics of their derivatives such as FM. The physicochemical properties of the flours present changes due to cooking, highlighting the color, a visual parameter that generates acceptance or rejection by the consumer, the PS that defines the application of the FM, as well as the texture. BD is related to compaction and storage capacity. WAC, WAI, WSI and consistency are indicative of the degree of protein and starch modification, due to the content and interaction with water in thermo-mechanical treatments. HLCOR and MLCOR had a higher level of liking due to their profile of aromatic compounds related to sweet notes that tend to be pleasant compared to the green variety. These properties can predict the behavior of FM and its application in food production.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

El consumo de legumbres en países emergentes y en desarrollo cobra valor debido a su fácil adquisición y calidad nutricional (alto contenido de proteína, carbohidratos digeribles e indigeribles, fibra dietaria, minerales, vitaminas, ácidos grasos, polifenoles, entre otros) (Dhull et al., 2023). La lenteja (*Lens culinaris* M.) con respecto a otras legumbres es de alto contenido de proteína biodisponible, fibra dietaria y compuestos bioactivos como polifenoles y antocianinas; por lo que su consumo podría prevenir la prevalencia de enfermedades crónico-degenerativas y disminuir el estado de desnutrición (Rebello et al., 2014). Las lentejas además de ser consumidas como legumbre procesada mediante una cocción pueden ser transformadas en harina con la finalidad de utilizarse como base para elaborar otros alimentos o como sustituto de otras harinas. En los últimos años, mundialmente se ha retomado el interés por el consumo de legumbres debido a que además de ser de alto valor nutricional, es una fuente relativamente barata y de fácil producción (Dhull et al., 2023).

En la actualidad y a través del tratado de libre comercio se tiene un mayor acceso a distintas variedades de lentejas registrándose alrededor de cinco producidas en todo el mundo y se identifican principalmente por su color: rojas, verdes, verdes francesas, marrones y negras. Entre estos cinco tipos, las lentejas rojas y verdes son las más comunes, las rojas son las que se cultivan mayoritariamente en todo el mundo (Chelladurai & Erkinbaev, 2020), sin embargo, en México se produce la variedad verde y es el estado de Michoacán quien figura como principal productor, abarcando un 93 % la producción nacional (Sáenz-Reyes et al., 2022). En México, la producción de lenteja verde solamente satisface una quinta parte de la demanda nacional, el resto de lo que se consume proviene de Canadá y Estados Unidos, mientras que la lenteja roja se distribuye y consume en México, pero no es cultivada en el país, sino que es un producto de importación de Canadá, Estados Unidos, India, China y Turquía (República, 2019).

Existen diversas formas de transformar a las lentejas para su uso y consumo, ya sea por imbibición (remojo), germinación, cocción directa, extrusión, ente otras y a partir de esta, deshidratación y molienda para la producción de harina, la que a su vez puede ser usada para la elaboración de diversos alimentos o como sustituto o complemento de otras harinas como la de trigo (Dhull et al., 2023). El procesamiento de las lentejas tiene un

efecto en los distintos componentes de la matriz alimentaria, teniendo implicaciones en los factores: nutricional, funcional, fisicoquímico y su perfil sensorial.

La calidad sensorial de los productos alimenticios es inherente a la aceptación y la adquisición de estos en función de su agrado por parte del consumidor (Kemp et al., 2018). La industria de alimentos ha centrado su atención no solamente en la nutrición y funcionalidad del alimento, sino que además sea de agrado para los consumidores. La lenteja tiene características fisicoquímicas relacionadas con su color, aroma, sabor y textura, estas a su vez están estrechamente vinculadas con su perfil sensorial, del que depende su aceptación o rechazo (Martínez & Carballo, 2021). Para establecer el perfil sensorial de un alimento, se emplea el análisis sensorial, disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidos por los sentidos (vista, olfato, gusto, tacto y oído) (Severiano-Pérez, 2019).

La forma común de consumir la lenteja es mediante su cocción tradicional a través de un tratamiento hidrotérmico por ebullición, este procesamiento trae como consecuencia cambios en las propiedades fisicoquímicas que implican principalmente modificaciones o interacciones en los componentes químicos de la lenteja, la magnitud de estos cambios depende en gran medida de las condiciones del tratamiento térmico y de las reacciones desarrolladas como consecuencia de ellas (Romano et al., 2021).

Es importante mencionar que las lentejas contienen compuestos anti-nutricionales (lectinas, inhibidores de la enzima tripsina, quimotripsina, y α -amilasa, fitatos, taninos, saponinas, hemaglutininas, lipoxigenasas y algunos oligosacáridos), estos compuestos disminuyen la función de las enzimas digestivas o secuestran nutrientes esenciales, haciéndolos inaccesibles para la digestión (Patterson et al., 2017). Por lo anterior, se deben emplear técnicas de procesamiento, como la cocción, fermentación, remojo, germinación o métodos mecánicos como descascarado y molienda, con la finalidad de lograr una mejor accesibilidad a los nutrientes de las lentejas mediante la reducción o inactivación de factores antinutricionales. La mejora de la digestibilidad de la lenteja y sus derivados puede disminuir el rechazo por parte del consumidor para aceptar e incluir en su dieta productos a base de lenteja (Dhull et al., 2023).

A la fecha no existe un estudio que detalle el perfil sensorial de las lentejas, así como la relación que guarda con sus propiedades fisicoquímicas y el efecto del procesamiento sobre este. La información relevante en este sentido es únicamente sobre los compuestos aromáticos presentes en la lenteja de las variedades verde y roja (Ma et al. 2016). La composición fisicoquímica de una matriz alimentaria está relacionada con los atributos sensoriales del alimento, siendo la apariencia, color, tamaño y forma lo que principalmente captará la atención del consumidor (Ma et al., 2010), por ejemplo, en la lenteja los carotenoides y antocianinas destacan al color, diferenciando a las variedades negras, marrones, amarillas, verdes y rojas. En segunda instancia, el aroma es el olor de un producto alimenticio, constituido por compuestos volátiles que son percibidos por el sistema olfativo, en la lenteja se reporta el limoneno, octano, tolueno y 2-pentil-furano (Paucean et al., 2018), la cantidad de compuestos aromáticos que se liberan de un producto es afectada por el tipo de procesamiento, temperatura o cuando se produce una reacción enzimática. Otro aspecto es el sabor, el cual incluye a los compuestos aromáticos y las percepciones gustativas (dulce, amargo, salado, ácido y umami), la lenteja roja se caracteriza por tener notas dulces en comparación con la lenteja verde que presenta notas amargas (Chigwedere et al., 2022). El sabor se determina por factores de sensación química (astringencia, sabor metálico). El cuarto conjunto de atributos a considerar es la textura y consistencia que son los percibidos por los sensores de la boca, son propiedades físicas como dureza, viscosidad y granulosidad, en el procesamiento de la lenteja para la obtención de una matriz alimentaria como harina y su transformación en masa, la textura juega un papel fundamental siendo determinada por componentes como la fibra, almidón y proteínas (Meilgaard et al., 2016).

Para desarrollar un perfil sensorial, existen herramientas sensoriales diferenciándose tres tipos de análisis: 1. *El descriptivo* (Análisis de Valoración) que permite obtener información acerca del sabor, el cual es difícil detectar con otras técnicas analíticas, utiliza jueces entrenados para identificar y cuantificar perfiles o características sensoriales, ayuda a direccionar modificaciones en el procesamiento para la obtención de alimentos con mejor calidad sensorial, 2. *El análisis discriminativo*, empleado para determinar las diferencias globales relativamente pequeñas entre dos productos y 3. *El análisis del consumidor* (Prueba hedónica) que expresa si el producto gusta o disgusta,

si lo acepta o lo rechaza, si lo prefiere a otro o no; siendo estos análisis esenciales para saber en qué medida un producto puede resultar agradable y aceptable al consumidor (Lawless & Heymann, 2010).

El empleo de nuevas técnicas de análisis tales como la determinación del aroma y sabor, pueden permitir complementar la información sensorial al reunir información química y la relación que esta guarda con las sensaciones que evoca un alimento al ser degustado. El empleo de las herramientas anteriormente descritas puede posibilitar el desarrollo de un perfil cuantitativo específico de las variedades de lenteja en semilla, harina y masa para encontrar los atributos sensoriales de importancia para el desarrollo de productos con mayor calidad para el consumidor (Pellegrino et al., 2013).

II. JUSTIFICACIÓN

En México, las legumbres forman parte de los alimentos tradicionales de la cultura mexicana. Las lentejas se producen principalmente en el estado de Michoacán (SADER, 2023), estado que ocupa el primer lugar a nivel nacional como productor de dicha legumbre. Del cultivo destaca su valor nutrimental, sus particularidades de sostenibilidad y soberanía alimentaria, sin embargo, su adquisición en el mercado y consumo es bajo (Sáenz-Reyes et al., 2022), han dejado de formar parte habitual de la alimentación cotidiana, reservándose su consumo para épocas tradicionales como cuaresma o fin de año, como símbolo de abundancia y buena fortuna (SADER, 2015).

Entre las razones destaca el estilo de vida cotidiano con un ritmo acelerado, las personas tienen menos tiempo para dedicar a la elaboración de un platillo, siendo los alimentos procesados los que resultan más atractivos para el consumidor. Por otra parte, los compuestos antinutricionales que contiene la lenteja se relacionan con una baja digestibilidad, provocando distensión abdominal y flatulencias, además de las características sensoriales de la legumbre, caracterizada por tener un sabor y olor particular.

En este sentido, una alternativa, es considerar a la lenteja (*Lens culinaris* M.) para la elaboración alimentos o matrices alimentarias versátiles tales como la harina, la cual puede permitir además de incrementar su vida de anaquel, diversificar la forma de consumir la lenteja. Así, las cualidades sensoriales, nutricionales y funcionales son los criterios de mayor importancia (Silva-Cristobal et al., 2010). Los atributos tecno-funcionales y sensoriales de la lenteja están dados por su composición fisicoquímica, definidas propiamente por la variedad en cuestión y el tipo de procesamiento utilizado para la obtención de la matriz alimentaria, dichos atributos son relevantes para su aceptación por parte de la población consumidora.

El cotiledón de lenteja puede tener una amplia gama de colores (amarillo, verde naranja o rojo) aunque las clases más comercializadas son las rojas y verdes (Romano et al., 2021). Las lentejas verde y roja presentan características que marcan las diferencias en su perfil sensorial y tecno-funcional, por ejemplo, además de la coloración, la lenteja verde conserva su cascarilla, requiriendo de un mayor tiempo de cocción, sin embargo, le permite conservar su forma natural, la fibra y compuestos fenólicos se encuentran en

concentraciones más altas en la cubierta de la semilla, su olor es a hierba, a sabor amargo y con notas a frijol (Chigwedere et al., 2022, Khrisanapant et al., 2019), comparativamente la lenteja roja no tiene cascarilla, está en forma dividida por lo que requiere de un menor tiempo de cocción, no conserva su forma natural, tiene mayor porcentaje de carbohidratos destacando el almidón como componente mayoritario, en cuanto a sus características sensoriales sus notas son dulces (Paucean et al., 2018).

El desarrollo de un perfil sensorial descriptivo en conjunto con pruebas analíticas que establezcan el perfil fisicoquímico y tecno-funcional, conforman una herramienta útil para caracterizar a la lenteja y las matrices alimentarias que deriven de ella. Definir el perfil sensorial de la lenteja y establecer la relación que guarda con la variedad de la legumbre, su perfil fisicoquímico y tecno-funcional, puede permitir tener un conocimiento más amplio de los atributos sensoriales que caracterizan a la legumbre, identificar cómo estos son afectados por las condiciones de procesamiento térmico y mecánico para el desarrollo óptimo de matrices alimentarias y de nuevos productos, a través de los cuales se retome el uso y consumo de la lenteja.

III. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las modificaciones que derivan de la transformación de las lentejas verde y roja en harina mediante el procesamiento por cocción?

IV. HIPÓTESIS

La modificación de las lentejas verde y roja en harina presentan diferencias por el efecto que tiene el procesamiento por cocción sobre las propiedades de los componentes que rigen su comportamiento como matriz alimentaria.

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

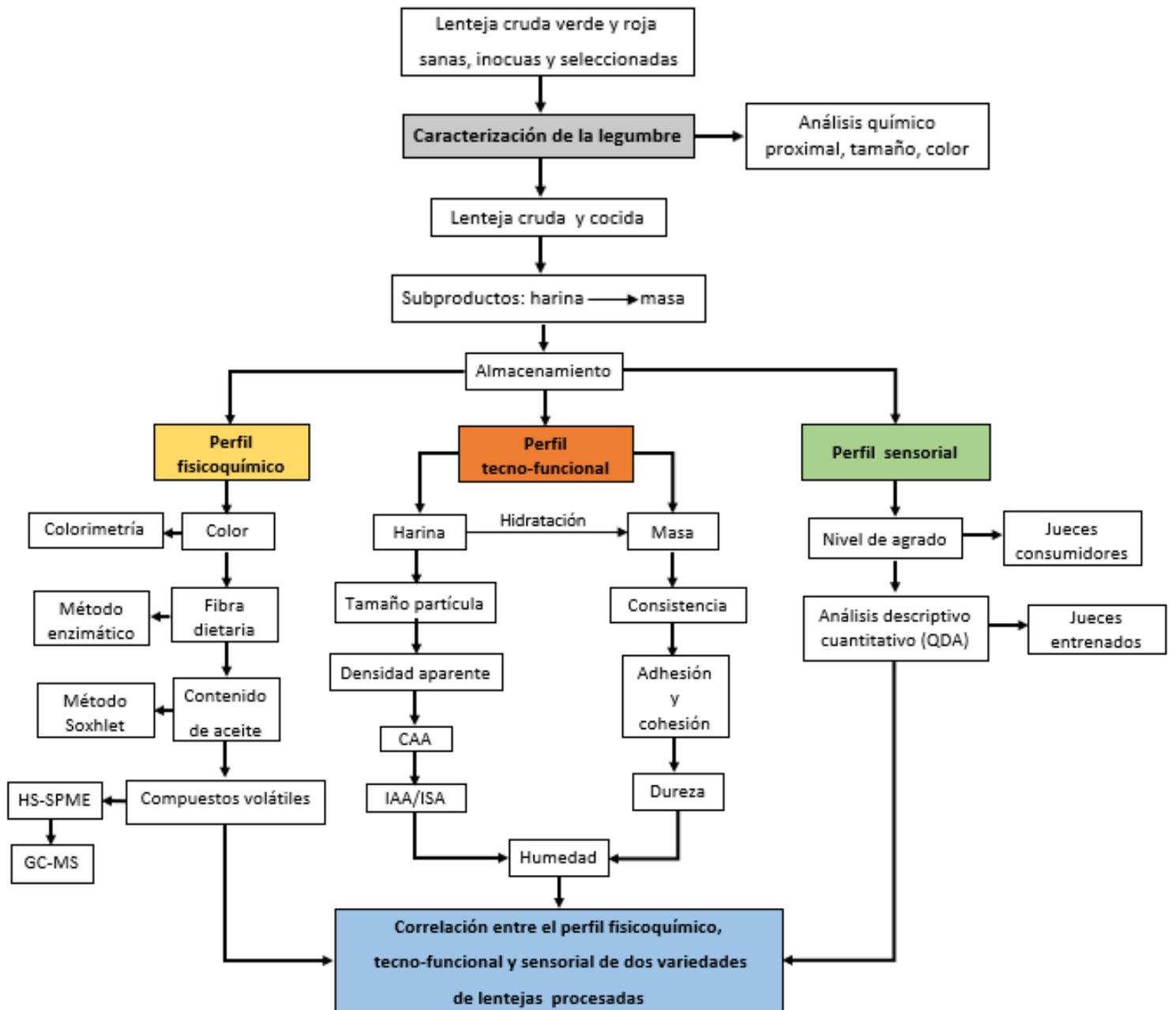
Desarrollar el perfil fisicoquímico, tecno-funcional y sensorial de los productos derivados de la lenteja verde y roja y determinar su relación con las propiedades que rigen su comportamiento como matriz alimentaria, nivel de agrado y aceptación.

5.2. Objetivos Específicos

1. Realizar la caracterización bromatológica de la semilla de dos variedades de lenteja (*Lens culinaris* M.).
2. Establecer las condiciones para la obtención de harina y determinar el perfil fisicoquímico y tecno-funcional de la matriz alimentaria (harina) de lenteja verde y roja.
3. Definir el nivel de agrado de los principales atributos de las matrices alimentarias (harina y masa) de lenteja verde y roja.
4. Producir, determinar y distinguir los atributos que identifican el perfil sensorial de las matrices alimentarias (harina y masa) de lenteja de dos variedades seleccionadas.

5. Correlacionar el perfil fisicoquímico y tecno-funcional con el perfil sensorial de las matrices alimentarias de la lenteja de dos variedades.

VI. ESTRATEGIA EXPERIMENTAL



VII. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

Para presentar el alcance de los objetivos específicos planteados, el apartado de resultados y discusión del presente trabajo de investigación se divide en cuatro capítulos:

- **Capítulo I.** En el capítulo I se presenta la caracterización fisicoquímica de las semillas de lenteja de las variedades verde y roja. Se llevó a cabo un análisis químico proximal y las determinaciones de tamaño y color de las lentejas. Se analizaron y describieron las concentraciones de cada compuesto químico destacando aquellos que ofrecen beneficios potenciales para la salud y la relación que guardan estos componentes con las propiedades sensoriales.
- **Capítulo II.** En este capítulo se establecieron las condiciones de obtención de las matrices alimentarias harina y masa de lenteja variedad verde y roja, mediante el procesamiento (molienda y cocción) y se determinaron sus propiedades fisicoquímicas y tecno-funcionales para conocer cómo el procesamiento modifica su composición fisicoquímica y la funcionalidad para diversas aplicaciones alimentarias. Este capítulo abarca información que apoyará a identificar formas de mejorar la tecno-funcionalidad de las harinas de lenteja mediante el procesamiento térmico.
- **Capítulo III.** El capítulo III abarca el perfil sensorial de las matrices alimentarias de lenteja de dos variedades. La calidad sensorial de las lentejas puede modificarse al ser procesada a través de métodos como molienda, cocción por ebullición. El procesamiento de semillas de lentejas para la obtención de harinas tiene un impacto en las propiedades sensoriales, estas modificaciones pueden ser comprendidas para diversificar el uso de la lenteja en la alimentación. Correlación entre el perfil fisicoquímico, tecno-funcional y sensorial de las matrices alimentarias de la lenteja de dos variedades.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE LA SEMILLA DE LENTEJA VERDE Y ROJA.

I.1 Resumen

México es productor importante de lenteja verde, Michoacán abarca el 90% de la producción nacional y la lenteja roja es un producto de importación. Las lentejas aportan un beneficio importante a la salud en la prevención de patologías como obesidad, enfermedades cerebrovasculares y del aparato digestivo. La lenteja contiene carbohidratos, proteína, fibra y en menor proporción lípidos. El objetivo del trabajo fue realizar la caracterización químico proximal y fisicoquímica de la semilla de dos variedades de lenteja (*Lens culinaris* M.). Se utilizó la semilla de lenteja verde y roja. Se determinó el tamaño de la semilla y su color a través del ángulo de matiz (AM) e índice de saturación (IS). Se analizó la composición de la lenteja mediante un análisis químico proximal (Método AOAC: humedad, aceite, proteína, fibra dietaria total "FDT", cenizas y carbohidratos por diferencia). El mayor componente en las lentejas son los carbohidratos (verde 32.66% y roja 39.7%) seguido de las proteínas (verde 27.98% y roja 25.84%). La FDT ejerce un efecto fisiológico en el cuerpo humano y es otro de los componentes importantes en la lenteja (verde 26.93% y roja 23.20%), la diferencia radica en que la lenteja verde está cubierta por una cutícula donde se concentra la mayor cantidad de fibra mientras que la roja carece de ella. Los lípidos se encuentran en una concentración de 1.56% y 1.02%, cenizas (2.72% y 2.92%) y humedad (8.15% y 7.31%) en lenteja verde y roja respectivamente. Por otra parte, la lenteja verde tiene un tamaño mayor (diámetro de 5.32 mm) que la lenteja roja (4.78 mm). En el color, la lenteja roja es más luminosa, presenta mayor IS y una tonalidad rojiza mientras que la lenteja verde es pálida y de tonalidad amarilla. Estos aspectos definen la calidad de la semilla, fundamental en el procesamiento y desarrollo de alimentos. Las lentejas verde y roja son importantes nutricionalmente, son altas en proteína vegetal, que aunados a su contenido en carbohidratos y fibra tendrán participación importante en las características que tengan sus derivados como matriz alimentaria.

Palabras clave: Legumbre, composición nutricional, matriz alimentaria.

I.2 Estado del arte

Datos históricos del cultivo y consumo de lenteja.

Medikus, médico y botánico alemán dio el nombre científico de *Lens culinaris* a la planta en 1787 (Cubero et al., 2009). La lenteja fue una de las primeras especies de plantas domesticadas junto con el trigo, cebada, guisante, garbanzo, arveja y lino. El inicio del cultivo de lenteja se remonta desde hace 10,000 años en los orígenes de la agricultura en la región del Oriente Próximo y África del Norte. La lenteja se extendió durante la Revolución Agrícola Neolítica al valle del Nilo, Europa y Asia Central. Los españoles introdujeron la lenteja en América del Sur a través de Chile. Recientemente se cultiva en México, Canadá, Estados Unidos, Nueva Zelanda y Australia (Cubero et al., 2009; Sarker et al., 2009). Se considera uno de los cultivos más antiguos, tolerante a terrenos áridos, necesita poca agua para que el cultivo prospere y soporta temperaturas extremas, por lo que su ubicación geográfica está extendida en distintas partes del mundo, incluyendo regiones con climatologías extremas de calor y frío (FAO, 2016; Vidal & Latorre, 2021).

La lenteja se cultiva en Asia, India y Turquía, principales países productores. En Europa, España, Francia y Rusia son los productores mayoritarios. En América, Canadá es el principal productor, seguido de Estados Unidos y México, con producción en Argentina, Chile, Colombia, Ecuador y Perú. A nivel internacional, las lentejas rojas de semillas pequeñas son las más comercializadas, mientras que el mercado de las lentejas verdes de semillas grandes está dominado por Canadá y Estados Unidos. Los países de subcontinente indio, el oeste de Asia y el norte de África son los principales importadores de lentejas rojas. El sur de Europa y América del Sur importan lentejas verdes de semillas grandes. España es un importante importador de lenteja marrón española (Erskine et al., 2009).

Canadá, Estados Unidos y Australia cultivan lentejas para exportarlas a países en vías de desarrollo, considerando que existe un incremento en el consumo de lentejas por sectores de escasos recursos que presentan problemas nutricionales, debido a dietas deficientes de proteínas, fibra dietaria, vitaminas y minerales, y que no pueden adquirir productos cárnicos por su alto costo. El cultivo de lenteja es un elemento importante para una dieta balanceada y para prevenir la desnutrición (Kumar & Pandey, 2020).

En la Edad Media fue un alimento básico para el pueblo, sin embargo, su valor fue decayendo en beneficio del guisante. Las lentejas han tenido un gran crédito alimentario, figuran en el Corán como uno de los productos de la tierra que los judíos imploraron a Dios (Erskine et al., 2009). En Egipto las lentejas fueron muy consumidas, adquirieron una jerarquía mítica y eran apreciadas por su capacidad para iluminar la mente, existe además evidencia de una pasta de lentejas cocidas en monumentos mortuorios de los faraones (FAO, 2016). Los romanos utilizaban las lentejas en sopas. En el siglo I se escribió el libro de cocina más antiguo que incluye una receta de un plato de lentejas y mejillones con miel y vinagre (Díaz, 2015). En México, el cultivo de las lentejas se produce desde la llegada de los españoles.

Los usos culinarios de la lenteja y la simbiosis succulenta que alcanzan con casi cualquier ingrediente animal o vegetal han propagado su consumo por todo el mundo, en la mayoría de los países se utilizan en preparaciones alimenticias tradicionales como sopas y guisos que se combinan con otros alimentos básicos a base de arroz, trigo y otros cereales importantes (FAO, 2016). Las preferencias por las lentejas están relacionadas con su aspecto: tamaño y forma de la semilla, apariencia y color de la cubierta, color del cotiledón y uniformidad. El olor que presentan se diferencia a partir de la variedad, en cuanto al sabor, la sutileza gustativa que poseen absorbe y potencia cualquier ingrediente de acompañamiento, la textura juega un papel importante debido a las múltiples formas en que se puede utilizar (plato entrante, principal, guarnición o ensaladas).

Por otro lado, la tecnología de procesamiento ha permitido que las semillas adquieran otras formas de consumo como la obtención de harina, utilizada para productos de panadería, refrigerios, mezclas preparadas y alimentos listos para su consumo (Vandenberg, 2009; Raghuvanshi & Singh, 2009).

Estadísticas de producción.

A nivel mundial, la lenteja se ubica en el cuarto lugar entre las principales legumbres producidas después del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), guisante (*Pisum sativum* L.) y garbanzo (*Cicer arietinum* L.) (Romano et al., 2021). La lenteja se produce en todo el mundo, pero se concentra en Asia, el norte de África, Europa Occidental y parte de

Latinoamérica. Entre los principales países productores se encuentra, Canadá, India, Turquía, Australia y Estados Unidos, registrando alrededor del 75 % de la producción total (Sáenz-Reyes et al., 2022). La producción mundial anual de lenteja es de aproximadamente 6,6 millones de toneladas, Canadá, India y Turquía son los productores más importantes (FAOSTAT, 2023). Canadá ocupa el primer lugar en exportaciones. India es el segundo productor y el mayor consumidor de lenteja en el mundo, la lenteja que produce se destina en gran medida al consumo interno. Turquía representa un gran mercado interno de lenteja (Rawal & Bansal, 2019; Chelladurai & Erkinbaev, 2020).

En México los principales productores de lenteja son el estado de Michoacán y Guanajuato, se destina primordialmente para alimentación humana, aunque también se utiliza como planta forrajera para alimentación de ganado. La producción de México abastece una quinta parte de la demanda nacional. En Aguascalientes, Ecatepec, Zacatecas y Morelia hay lenteja por importación (Senado de la República, 2019), especialmente de la variedad roja. El consumo de lenteja es en forma de semilla entera, grano partido, grano descascarillado y harina. El nivel promedio de consumo es de aproximadamente 21 gramos per cápita por día, el cual está por debajo de los niveles recomendados y hasta el año 2019, permaneció estancado a nivel mundial (Rawal & Bansal, 2019).

La lenteja que se produce en México es de la variedad verde, en el año 2018, se sembró lenteja en una superficie aproximada de 8,550 ha con un rendimiento total de 8,931 t. En 2021 el cultivo de lenteja registró 10,113 t. De 2018 a 2021, la producción de esta legumbre tuvo un incremento de 12.86 %, mientras que la superficie sembrada aumentó en 12.38 %, al pasar de 8 mil ha a 9 mil ha. En 2018 el estado de Michoacán ocupó el primer lugar con cerca de 7,373 ha con una producción de 7,689 t y un rendimiento promedio de 1 t ha⁻¹. De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) (2023) los estados productores de lenteja fueron Michoacán, con 9,497 t, que equivalen al 93.9 % nacional; Guanajuato, 613 t, y San Luis Potosí, 4.1 t. En México, en el 2022 se registraron 12,448 t, Michoacán produjo 11,701 t, Guanajuato 735 t y San Luis Potosí 12 t. Para el 2023 se esperaba una producción total de 11,179 t, distribuida en

Michoacán 10,358 t, Guanajuato 806 t y San Luis Potosí 14.1 t (SEDRUA, 2018; SADER, 2023; SIAP, 2023).

Clasificación taxonómica y descripción botánica de la lenteja.

A continuación, se presenta la clasificación taxonómica de la lenteja (Vicente, 2017; Chahota et al., 2019):

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae o Leguminosae

Subfamilia: Faboideae

Tribu: Fabeae

Género: *Lens*

Especie: *L. culinaris*
MEDIK.

La lenteja es una planta esporofita anual, germina y se reproduce en menos de un año (Vicente, 2017). La planta de lenteja tiene un sistema de raíces primarias delgadas y raíces laterales fibrosas. Una característica de la raíz es que en su composición se encuentran nódulos radicales que contienen bacterias del género *Rhizobium* que viven en simbiosis con la planta; la bacteria se desarrolla mediante los hidratos de carbono que aporta la legumbre, en tanto que la legumbre utiliza el nitrógeno atmosférico fijado por el *Rhizobium*. Los tallos son delgados, casi erectos y tienden a crecer hacia arriba, en la etapa vegetativa temprana son fibrosos y débiles, en varios genotipos se fortalecen con el avance de la edad. La altura varía de 15 a 75 cm dependiendo del genotipo y del medio ambiente (Nleya et al., 2016).

Las hojas son alternas, formadas por un nervio principal, compuestas de uno a ocho pares de folíolos pequeños, ovados, elípticos o lanceolados, predominan las coloraciones verdes, a bajas temperaturas pueden desarrollar una coloración púrpura que desaparece al incrementar la temperatura. Las flores son irregulares y florecen

después de un período de crecimiento vegetativo. La apertura de todas las flores en una sola rama tarda aproximadamente dos semanas en completarse, al final del segundo y tercer día todas las flores abiertas se cierran por completo.

La vaina comienza a aparecer después de 3 a 4 días de la floración. Las vainas miden entre 6 a 20 mm de largo y de 3 a 12 mm de ancho, contienen de una a tres semillas en su interior. El número de vainas por planta difiere según el genotipo y entorno, lo cual determina el rendimiento de la lenteja (Chahota et al., 2019). Las semillas tienen forma de lente, su diámetro varía de 2 a 9 mm, forma globosa (relación diámetro: espesor 1.5 a 2.5 mm) o aplanada (relación diámetro: espesor 2.5 a 4 mm). Las semillas están compuestas por una envoltura (8 %); cotiledones (90 %) y embrión (2 %), incluyendo la radícula, plúmula y eje embrionario. Las semillas muestran un período de latencia de 3 a 4 semanas después de la cosecha y la duración varía de acuerdo con los genotipos (Saxena, 2009; Vicente, 2017).

La lenteja (*Lens culinaris* M.) y sus variedades.

Existen distintas variedades de lenteja, se identifican por su forma, color de la semilla madura, y tamaño de la planta. Algunas de las principales variedades que se producen en el mundo son identificadas por su color: rojas, verdes, verdes francesas, marrones y negras (**Figura 1**) (Chelladurai & Erkinbaev, 2020). Entre estos cinco tipos, las lentejas rojas y verdes son las más comunes, la coloración que presentan se debe a la presencia de carotenoides como luteína y zeaxantina (Kan et al., 2018).



Figura 1 Tipos de lentejas: (A) verdes, (B) rojas, (C) marrones, (D) verdes francesas, (E) negras.

El nombre “lenteja” deriva de sus semillas en forma de lente. Hay diversos tipos/clases de lentejas que difieren en el tamaño de la semilla, la cubierta y el color del cotiledón. Dependiendo del tamaño, las semillas de lenteja se pueden clasificar en dos tipos: grandes (más de 50 g por 1000 semillas) y pequeñas (45 g o menos por 1000 semillas).

Lenteja verde: es de tamaño pequeño, entre 3.5 y 5 mm de diámetro. Su color es verde claro. Se identifica también como lenteja verdina. *Lenteja roja*: Se conoce como lenteja Crimson o coral, son lentejas pequeñas de 3 a 5 mm de diámetro. Tienen un cotiledón de color rojizo. *Lenteja marrón*: su tamaño se encuentra entre 7 y 9 mm de diámetro, presenta un color verde claro con notas oscuras, la forma de su grano es ancho, aplastado y con forma de lente. *Lenteja verde francesa*: también conocida como lenteja pardina, su tamaño varía entre 3-5 mm de diámetro, son de color marrón rojizo o marrón terroso con pequeños puntos negros en su piel y cotiledón amarillo. *Lenteja negra*: presenta un color negro brillante característico, su cotiledón es amarillo, de forma semiesférica y de tamaño pequeño. Se le conoce como lenteja beluga o caviar (Arqueros, 2020).

Las dos principales clases de lenteja son los tipos verde y roja. La lenteja verde generalmente se comercializa como semilla entera, mientras que la lenteja roja se comercializa como semilla entera o descascarada y partida. La cubierta de la semilla puede variar de verde claro a morado oscuro, gris, rojo, marrón o negro. El color del cotiledón puede ser amarillo, rojo o verde. Las clases de tamaño de las lentejas verdes incluyen: semilla pequeña (2.0 a 4.0 mm), mediana (4.5 a 6.5 mm) y grande (6.5 a 9.0 mm); mientras que la lenteja roja se encuentra en el rango de 2.0 a 5.5 mm (Nleya et al., 2016; Samaranayaka, 2017).

Normatividad aplicable para el manejo de lenteja.

En México no existe una Norma para establecer los criterios de calidad de la lenteja, sin embargo, de acuerdo con la Norma del Codex para determinadas legumbres y Normas de otros países, toman en consideración factores de calidad generales y criterios de calidad extrínseca, que indican que la lenteja deberá ser inocua, apropiada para el

consumo humano, exenta de sabores y olores extraños, de insectos vivos o muertos, exenta de materias extrañas, suciedad y de semillas tóxicas o nocivas. Cada lote deberá estar conformado por una misma variedad (mismo color y forma) (CODEX, 2007). Por otra parte, la forma, aspecto, color, y humedad son criterios de calidad relevantes. En referencia al tamaño de la semilla se expresa por el diámetro en milímetros, es una condición heredable pero que puede ser afectada por el ambiente y algunas enfermedades. Las variedades macrosperma como la castellana, tiene un diámetro medio de 6 mm y la microsperma como la verdina y pardina de 4 mm (López, 1996).

En referencia al color, pueden existir variaciones según los cultivares: la variedad macrosperma es de color verde grisáceo con cotiledones amarillos y la microsperma de color rojo-anaranjado con cotiledones amarillos. Es importante que cada variedad corresponda a su coloración y que no contengan manchas superficiales (NTP, 2019). En referencia a la humedad la normatividad sugiere valores de 15 % para climas tropicales o cuando el almacenamiento será de más de un año agrícola. Un contenido de humedad del 16 % se sugiere para climas moderados o cuando el almacenamiento a corto plazo es la práctica comercial normal (CODEX, 2007).

Finalmente, un punto importante en la normatividad para las legumbres, son las características sensoriales. La normatividad destaca el aspecto: tamaño y apariencia uniforme propia del producto, olor característico de la lenteja sana, seca, limpia, sin olores a humedad, fermentación, rancidez, enmohecido, putrefacto o cualquier otro olor extraño, sabor característico, libre de sabores extraños o desagradables y el color debe ser el propio de la semilla sana, seca y limpia, sin colores extraños, para la variedad verde se especifica de pardo a verde claro o verde amarillento y en lenteja roja coral a rojizo (Nutricional, 2021).

Perfil fisicoquímico y valor nutricional de la lenteja.

Detallar el perfil fisicoquímico de un alimento y hablar sobre su valor nutricional es importante, tomando en cuenta la aplicación que ese alimento vaya a tener, ya sea en su uso como alimento directo en una dieta establecida o bien, su uso como matriz alimentaria para su posterior transformación a alimentos industrializados, entre otros. En este sentido, la lenteja es considerada una importante fuente dietética (Tabla 1),

proporciona energía, proteínas, carbohidratos, fibra, minerales, vitaminas y compuestos antioxidantes (Hall et al., 2016).

A continuación, en la Tabla 1 se especifican los principales componentes de la semilla de lenteja. La energía proporcionada por la lenteja (250-336 kcal/100 g) es similar a la de los cereales como el trigo y otras legumbres como frijol y haba. Sin embargo, es inferior a la energía que aportan las legumbres con mayor contenido graso como la soya (Grusak, 2009).

Tabla 1 Composición química de lenteja cruda (100 g de materia seca).

Nutriente (g)	Rango
Proteína	15.9 – 31.4
Grasa	0.7 – 4.3
Carbohidratos	43.4 – 69.9
Fibra	5.0 – 26.9
Cenizas	2.2 – 4.2

Proteína (N x 6.25). Datos obtenidos de (Hall et al., 2017).

Alrededor de un tercio de las calorías de la lenteja proviene de las proteínas, lo que las convierte en el tercer nivel más alto de proteínas por peso de cualquier legumbre (Samaranayaka, 2017). Las proteínas de la lenteja como otras proteínas de legumbres aportan aminoácidos esenciales: leucina, lisina y arginina, pero es deficiente en aminoácidos esenciales como el triptófano y los que contienen azufre como metionina y cisteína, en su mayoría las proteínas de la lenteja son de almacenamiento, que generalmente son consumidas por el germen durante la germinación de la semilla, las cuales se describen como proteínas biológicamente activas (Faris et al., 2013; Samaranayaka, 2017).

Las lentejas tienen bajo contenido en grasa constituida por ácidos grasos saturados (AGS) 16.7 %, monoinsaturados (AGM) 23.7 % y poliinsaturados (AGPI) 58.8 %. La lenteja tiene mayoritariamente: ácido linoleico (41 al 57 %) y el ácido linolénico (0.3 y 16 %). El ácido oleico y el ácido palmítico comprenden la mayor parte del resto del perfil de ácidos grasos (Faris et al., 2013; Grusak, 2009).

Los carbohidratos totales representan el componente principal de las lentejas, el almidón ocupa la mayor parte. Además, el almidón resistente y los demás carbohidratos no digeribles, incluidos los polisacáridos y oligosacáridos no amiláceos se clasifican como fibra dietética (Faris et al., 2013; Grusak, 2009). Finalmente, el contenido de cenizas es relativamente alto, el contenido mineral se compone de Mg, P, Ca y S. Por otro lado, las lentejas tienen un contenido bajo de Na y relativamente altos contenidos de K, con una relación K: Na alrededor de 30:1 - 90:1 (Faris et al., 2013).

I.3 Objetivo

Realizar la caracterización bromatológica de la semilla de dos variedades de lenteja (*Lens culinaris* M.).

I.4 Materiales y Métodos

Material de estudio

El material de estudio consistió en lenteja (*Lens culinaris* M.) de dos variedades, la variedad roja marca Lima Limón® y la variedad verde marca Verde Valle®, su adquisición fue en un supermercado local y se trasladó al laboratorio de Biotecnología "M.C. Víctor M. Rodríguez Alcocer" de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para su análisis.

Caracterización bromatológica de la lenteja (*Lens culinaris* M.)

Determinación de tamaño y color de la lenteja.

Para determinar el tamaño de las semillas de las dos variedades de lenteja se utilizó un Vernier, se midió el diámetro (mm) de la semilla. Se registró el tamaño de 25 semillas en total seleccionadas al azar. El color de la lenteja de las dos variedades se determinó a través de la metodología por colorimetría utilizando para ello un colorímetro FRU WR10QC. Se obtuvo el valor de luminosidad (L) y las coordenadas de color a y b. A partir

de a y b se calculó el ángulo de matiz (AM) y el índice de saturación (IS), utilizando las ecuaciones:

$$\text{Ángulo de Matiz(AM)} = \arctan \frac{b}{a}$$

$$\text{Índice de Saturación(IS)} = \sqrt{(a^2 + b^2)}$$

Los datos de cada medida fueron el promedio de medidas por triplicado en puntos equidistantes de la muestra.

Análisis químico proximal de las dos variedades de lenteja.

Se evaluó la composición de la lenteja a través de un análisis químico proximal de acuerdo con lo establecido por la AOAC (2005).

Humedad. El método se basa en el secado de la muestra en una estufa y se determina por diferencia de peso entre el material seco y húmedo. En una cápsula de porcelana a peso constante se pesaron 3 g de lenteja pulverizada, se colocó en la estufa NOVATECH® a 105° C durante 4 horas, transcurrido el tiempo se transfirió la capsula al desecador durante 30 minutos, se retiró la cápsula y se pesó.

Cálculos:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{(P_m - P_s)}{M} (100)$$

Donde:

P_m: peso de la cápsula y la muestra húmeda (g)

P_s: peso de en la cápsula y la muestra seca (g)

M: peso de la muestra húmeda (g)

Cenizas. Se realizó mediante incineración, se considera como el contenido de minerales totales o material inorgánico en la muestra. Se pesaron 3 g de la lenteja pulverizada en

un crisol de porcelana a peso constante. Se carbonizó a una temperatura de 150° C, después se incineró en la mufla a 550°C durante 4 horas hasta la aparición de ceniza blanquecina, por último, se enfrió en desecador y se pesó.

Cálculos:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P_{cc} - P_{sc})}{M} (100)$$

Donde:

P_{cc}: peso del crisol con ceniza (g)

P_{sc}: peso del crisol a peso constate (g)

M: peso de la muestra (g)

Contenido de aceite. Se determinó por el método Soxhlet, el aceite de la muestra fue extraído con hexano y evaluado como porcentaje del peso después de evaporar el solvente. Se pesaron 4 g de lenteja pulverizada en base seca en un cartucho de celulosa y se cubrió con algodón, se colocó en la unidad de extracción y se conectó al extractor el matraz balón (llevado previamente a peso constante), se hizo circular el agua por el condensador y se inició el calentamiento del matraz para efectuar la extracción durante 5 horas. Al término, se evaporó el hexano por destilación, posteriormente, se colocó el matraz en la estufa a 110° C/ 4 horas, se enfrió en el desecador durante 30 minutos y se pesó.

Cálculos:

$$\% \text{ Aceite} = \frac{(P_G - P_s)}{M} (100)$$

Donde:

P_G: peso del matraz con grasa (g)

P_s: peso del matraz sin grasa (g)

M: peso de la muestra (g)

Proteína. Su análisis se efectuó por el método Kjeldahl, mismo que evalúa el contenido de nitrógeno total en la muestra. A continuación, se describen la metodología:

1. Digestión o mineralización: Se pesó 1 g de la muestra, 10 g de sulfato de sodio anhidro, 0.7 g de óxido de mercurio y 25 mL de ácido sulfúrico concentrado en un matraz kjeldahl, se colocó en el digestor en un ángulo inclinado y se calentó a ebullición hasta que la muestra se aclarara, posteriormente se atempero hasta la formación de sales cristalinas.

2. Destilación: al matraz kjeldahl se le añadieron 220 mL de agua destilada, 5 perlas de ebullición, 25 mL de tiosulfato de sodio al 8 % y 75 mL de hidróxido de sodio al 45%, se acoplo el matraz al equipo y se destilo la muestra, el destilado se recuperó en matraz Erlenmeyer el cual contenía, 50 mL de ácido sulfúrico 0.1N y 4 gotas de indicador rojo de metilo.

3. Valoración: una vez que el matraz Erlenmeyer alcanzó una capacidad de 200 mL se desacoplo del equipo y se realizó una valoración utilizando hidróxido de sodio 0.1N.

Cálculos:

Se empleó el factor de conversión de 6.25

$$\begin{aligned} & \% \text{ proteína} \\ & = \frac{[(V_{am}N_{am} - V_{bm}N_{bm}) - (V_{ab}N_{ab} - V_{bb}N_{bb})](0.1471\text{meqN})(6.25)]}{M} (100) \end{aligned}$$

Donde:

V_{am}: volumen de ácido de la muestra

V_{bm}: Volumen de la base de la muestra

N_{am}: Normalidad acida de muestra

N_{bm}: normalidad básica de la muestra

V_{ab}: Volumen ácido del blanco

V_{bb}: volumen base del blanco

N_{ab}: normalidad de ácido del blanco

N_{bb}: normalidad base del blanco

M: muestra (g)

Fibra dietaria total (FDT). Se siguió el método enzimático gravimétrico AOAC, Método 985.29, 993.19 y 991.42, el cual se basa en digerir las proteínas e hidratos de carbono con tres enzimas: alfa amilasa, proteasa y amiloglucosidasa (marca Sigma-Aldrich®). Se colocó 1 gr de la muestra, 40 mL de solución tampón MES/TRIS y 50 µL de solución de α-amilasa en un vaso de precipitados cubierto de aluminio, se incubó a 95°C/ 30 minutos y se enfrió a 60 °C, posteriormente se añadieron 50 µL de solución de proteasa y se incubó a 60°C/30 minutos para ajustar el pH a un valor de 4.0-4.7, finalmente se añadieron 150 µL de solución de amiloglucosidasa y se incubó a 60°C/30 minutos. Posteriormente se realizó la precipitación de la fibra dietaria total agregando 220 mL de etanol 95 %/ 60 °C y se dejó reposar por 1 hora, a continuación, se filtró el contenido con papel filtro de poro cerrado bajo vacío, por último, se realizaron los cálculos correspondientes previo descuento del remanente de cenizas y proteína siguiendo los métodos descritos anteriormente.

Cálculos:

$$FDT = \frac{(R_{muestra} - P_{proteínas} - P_{cenizas} - B)}{M} (100)$$

Donde:

Rmuestra: residuo de la muestra (g)

Pproteínas: peso de la proteína (g)

Pcenizas: peso de cenizas (g)

B: blanco

Cuantificación de carbohidratos totales. Se determinaron a partir del porcentaje restante de las determinaciones citadas previamente:

% Carbohidratos totales

$$= 100 - \%Humedad - \%Cenizas - \%Lípidos - \%Proteína - \%FDT$$

Diseño y análisis estadístico.

Se utilizó un diseño completamente al azar con 3 repeticiones. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico JMP11 y fueron comparados mediante un análisis de varianza de una vía, se realizó una prueba de comparación múltiple con nivel de significancia $*P \leq 0.05$.

I.5 Resultados y discusión

Uno de los parámetros importantes en la caracterización de las lentejas es el tamaño y el color, ambos parámetros indican el aspecto general de la semilla, determinan daños, defectos, o características atípicas que afecten la calidad de la lenteja.

I.5.1 Características fisicoquímicas de la semilla de lenteja verde y roja

Determinación del tamaño de la lenteja verde y roja.

El tamaño de la lenteja verde y roja se presenta en la Tabla 2. La semilla de la variedad verde presentó un diámetro mayor (5.32 mm) que la semilla de la variedad roja (4.78 mm), diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$). El tamaño es un aspecto que se relaciona con la clasificación, en este caso la lenteja verde se encuentra en el rango de 5.0 a 6.0 mm de diámetro y se considera de tamaño mediano, mientras que la lenteja roja tiene un tamaño pequeño el cual se caracteriza por tener un diámetro de 4.5 a 5.0 mm (Ministerio de Agricultura y Riego, 2016).

Tabla 2 Tamaño de la semilla de lenteja de las variedades verde y roja.

<i>Tamaño</i>	<i>Lenteja verde</i>	<i>Lenteja roja</i>
<i>Diámetro (mm)</i>	5.32 ± 0.50a	4.78 ± 0.65b

Los datos se expresan como la media ± desviación estándar n=25.

En comparación con otras legumbres el tamaño es mayor, por ejemplo, en guisante 5.85-5.95 mm, en frijol rojo 10.17-10.28 mm y en haba 11.68-13.01 mm (Altuntas & Demirtola,

2007; Altuntas & Yildiz, 2007). El tamaño se considera una propiedad importante para obtener la calidad física óptima de la semilla, en cuanto a la producción y rendimiento. El tamaño de la semilla guarda una relación directa con el tiempo de cocción, una lenteja de diámetro pequeño como la lenteja roja tiene un tiempo de cocción menor que la lenteja verde, el tiempo de cocción aumentará en legumbres de mayor tamaño como haba, frijol y garbanzo, esto a su vez, se verá reflejado en el rendimiento general de las semillas (Dutta et al., 2022).

La aceptación por parte del consumidor se relaciona con propiedades tales como el aspecto y entre ellos el tamaño de la semilla, ya que determina la forma de su consumo, por ejemplo, las lentejas de mayor tamaño comúnmente se utilizan para elaborar sopas y ensaladas, mientras que las lentejas de menor tamaño después de la cocción presentan una consistencia adecuada para realizar purés o mezclas con cereales para hacer productos de panificación (Raghuvanshi & Singh, 2009).

Determinación del color de la semilla de lenteja de las variedades verde y roja.

El color es uno de los aspectos importantes en la elaboración de alimentos, debido a que el consumidor realiza una asociación con los criterios de preferencia influenciada por parámetros físicos. En la apariencia del alimento, si presenta una coloración inusual o no hay uniformidad se puede relacionar con parámetros de descomposición, un color determinado se asocia con el sabor y tendrá un impacto en la aceptación o rechazo (Siddiq & Uebersax, 2022), por lo que es relevante estudiar los parámetros que lo determinan.

Como se muestra en la Tabla 3 los resultados del color de las semillas de lenteja verde y roja indican una luminosidad (L) significativamente ($p \leq 0.05$) mayor en la lenteja roja (63.40) que en la verde (57.35). Los datos sugieren que la variedad roja es una lenteja más luminosa debido a la ausencia de cascarilla. A mayor porcentaje de blanco presenta más claridad.

Tabla 3 Parámetros de colorimetría evaluados en semillas de lenteja roja y verde.

<i>Lenteja</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>IS</i>	<i>AM</i>
<i>Verde</i>	57.35 ± 1.63b	4.04 ± 0.31b	10.43 ± 1.01b	11.18 ± 1.03b	68.83 ± 1.16a
<i>Roja</i>	63.40 ± 1.36a	17.17 ± 1.15a	20.68 ± 1.31a	26.88 ± 1.52a	50.30 ± 1.84b

L: luminosidad, a: posición entre rojo/verde, b: posición entre amarillo/azul, IS: índice de saturación, AM: ángulo de matiz. Los datos se expresan como la media ± DE, n=3.

El índice de saturación (IS) varía entre 0 a 100 corresponde a la pureza o viveza del color expresada como ausencia de blanco y el ángulo de matiz (AM) indica el tono o matiz, expresa las variaciones cualitativas del color y puede variar entre 0 y 360°. Tonalidades rojo-púrpura se observan en 0°, amarillo 90°, azul-verde 180°, y azul 270° (Rivas, 2014). El IS en lenteja roja fue de 26.88 y de 11.18 en lenteja verde, esto significa que la lenteja roja presenta un color más vivo e intenso que la lenteja verde. Estudios desarrollados en lenteja roja muestran un IS de 26.3 (Bragança et al., 2020), similar al obtenido en el presente estudio.

El ángulo de matiz (AM) varió significativamente entre las dos variedades, en la lenteja roja fue de 50.29°, posición cercana al color rojo, en tanto que la verde tuvo un valor mayor (68.79°) (Figura 2). Las variedades no indican una coloración absoluta verde o roja, esto se debe a que las muestras estudiadas (lenteja verde y roja) presentan una combinación de otros colores, entre ellos el amarillo ya que la lenteja presenta luteína, este compuesto es un pigmento amarillo. Estudios previos señalan que existe una correlación entre el parámetro b* y el contenido total de luteína, en la lenteja roja se obtuvo un valor de 20.68, resultado semejante con los presentados en un estudio desarrollado por Zhang et al., (2014) en el que observó un valor de la coordenada de color b en variedades rojas de 16.90 y 18.33 relacionado con un contenido de luteína de 17.3 y 16.4 respectivamente. Por otra parte, en relación con la lenteja verde analizada en la presente investigación, se observó un valor para la coordenada de color b de 10.43 comparable con (10.93) reportado por Zhang et al., (2014), este valor a su vez se relaciona con un contenido de luteína bajo (4.91). Dichas relaciones muestran que la coordenada b podría usarse para predecir el contenido de luteína presente en las

lentejas. De acuerdo con Zhang et al., (2014) el contenido de luteína presente en la lenteja verde es menor que en la lenteja roja. La luteína es un carotenoide dominante en la lenteja, además de la contribución del color, destaca por su función como antioxidante, en la vista y en la piel protegiendo sus estructuras del daño oxidativo (Kan et al., 2018).

Un ángulo de 180° corresponde a verde puro y un tono de 0° a rojo puro, este comportamiento presenta concordancia con los valores descritos en la literatura que indican un AM en lentejas verdes entre 90.10 a 96.70° , en otro estudio se reportó un ángulo de 99.7° siendo valores mayores que en las lentejas rojas, entre 71.23 y 80.37° (Zhang et al., 2014; Bragança et al., 2020).

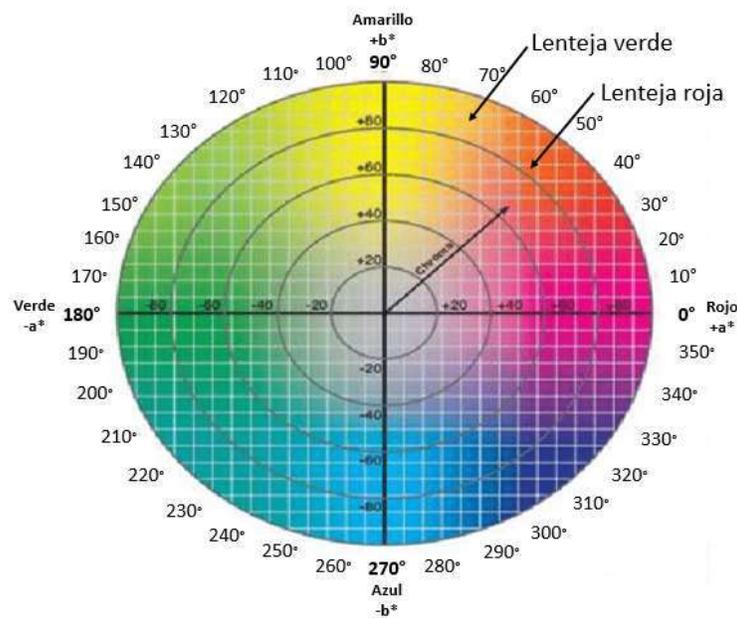


Figura 2 Color en la semilla de lenteja verde y roja.

El color en las lentejas es un atributo de calidad que compromete las preferencias del consumidor, debido a que es el primer atributo que induce en el consumidor su expectativa sobre sabor, gusto y palatabilidad. Si el alimento no presenta una coloración uniforme puede asociarse con una propiedad negativa, o entre la lenteja verde y roja se puede asociar que la roja tiene un sabor dulce (Wadhera & Capaldi-Phillips, 2014).

I.5.2 Análisis químico proximal de la semilla de lenteja variedades verde y roja.

La caracterización de la lenteja verde y roja en su contenido de macronutrientes llevada a cabo a través del análisis químico proximal que se presenta en la Tabla 4. Con respecto al contenido de Humedad, las semillas de lenteja presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las variedades: 8.15 % en lenteja verde y 7.31 % en lenteja roja. Ambos porcentajes de humedad se encuentran en el límite permitido (15 %) de acuerdo con la Norma (CODEX, 2007) para legumbres, considerándose un nivel de humedad estable frente a la contaminación microbiana. La humedad además de relacionarse con propiedades fisicoquímicas guarda relación con los atributos sensoriales (textura, aroma y sabor, entre otros) (Martínez & Carballo, 2021). Estudios realizados por Boye et al., (2010) muestran un contenido de humedad en lenteja verde y roja de 10.68 y 9.27 % respectivamente, mientras que en otro estudio obtuvieron para lenteja verde 6.78 % y en lenteja roja 6.28 %, siendo resultados similares a los obtenidos en el presente estudio, por otro lado, en garbanzo se reportó un 12.06 % de humedad, dichos valores están en lo especificado en la normatividad aplicable (Gharibzahedi et al., 2012).

Tabla 4 Caracterización químico proximal de la semilla de lenteja de las variedades verde y roja.

<i>Determinación (%)</i>	<i>Lenteja verde</i>	<i>Lenteja roja</i>
<i>Humedad</i>	8.15 ± 0.28a	7.31 ± 0.16b
<i>Cenizas</i>	2.72 ± 0.02b	2.92 ± 0.03a
<i>Lípidos</i>	1.56 ± 0.39a	1.02 ± 0.16a
<i>Proteína</i>	27.98 ± 0.06a	25.84 ± 0.14b
<i>Carbohidratos</i>	32.66	39.71
<i>FDT</i>	26.93 ± 0.85a	23.20 ± 0.35b

Carbohidratos: se obtuvieron por diferencia. Proteína: Factor de conversión 6.25. Valores se expresan como porcentaje de peso seco. Medias con letras diferentes presentan diferencia significativa ($P < 0.05$).

En lo que respecta a las cenizas, estas representan el contenido de minerales presentes en la lenteja. Los minerales cumplen con funciones importantes en el organismo humano, los principales minerales contenidos en la lenteja son: fósforo, potasio y magnesio (Bragança et al., 2020). En la Tabla 4 se observan valores significativos ($p \leq 0.05$) de este parámetro en lenteja verde (2.72 %) y de 2.92 % para lenteja roja, estos resultados se

aproximan a otros valores reportados para lenteja de diferentes variedades, con valores entre 2.48 a 3.12 % (Wang et al., 2009; Ghumman et al., 2016). En otro estudio se encontraron concentraciones menores para lenteja verde (2.39 %) y lenteja roja (2.34 %), mientras que el garbanzo presenta un valor semejante (2.76 %) a los obtenidos en lenteja verde (Boye et al., 2010). El contenido de cenizas se relaciona con las condiciones de cultivo, ya que depende de la absorción de los iones minerales que se encuentran en el suelo para el crecimiento y desarrollo de la planta, por otro lado, la cantidad de minerales que componen al suelo confieren a las lentejas su sabor característico (Grusak, 2009). La lenteja verde presenta un sabor más pronunciado que la roja; el hierro, zinc y cobre son minerales que proporcionan un sabor metálico (Rehman et al., 2011). La lenteja verde y roja se componen principalmente de los siguientes minerales: potasio 955 y 1055 mg, fósforo 524.9 y 583.4 mg, magnesio 122.2 y 127.1 mg, calcio 77 y 89.1 mg, hierro 7.55 y 8.55 mg, zinc 4.78 y 4.38 mg, manganeso 1.63 y 1.83 mg y cobre 1.31 y 1.24 mg (Benayad & Abousshaleh, 2021). Algunos autores mencionan que la lenteja roja contiene una menor cantidad de minerales asociados al sabor astringente, caracterizándose por presentar un sabor más suave y dulce que la variedad verde (Rehman et al., 2011; Pellegrino & Panna, 2022). De tal forma que aun cuando los resultados de la presente investigación no muestran diferencias significativas entre las variedades, el tipo de minerales contenidos en cada una puede relacionarse en lo subsecuente con las propiedades sensoriales características de cada una.

El contenido de aceite analizado en las semillas de lenteja fue de 1.56 % en lenteja verde y 1.02 % para lenteja roja, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las variedades (Tabla 4). La concentración de aceite en ambas variedades de lenteja es baja, sin embargo, nutricionalmente es relevante ya que está compuesto por ácidos grasos saturados (palmítico), monoinsaturados y poliinsaturados (linoleico, oleico y linolénico) que confieren beneficios a la salud (Caprioli et al., 2015). La lenteja se caracteriza por un contenido bajo en grasa a diferencia de otras legumbres como el garbanzo (7.34 %) y la soya (16.6 %) (Boye et al., 2010; Ibañez et al., 2020). Los resultados del presente estudio son menores a los reportados por otros autores en lenteja marrón 2.20 %, lenteja verde 2.5 % y lenteja roja 2.7 % (Gharibzahedi et al., 2012; Fouad & Rehab, 2015), dichas diferencias pueden deberse a la procedencia de cada variedad

y los factores ambientales. Las propiedades sensoriales, se ven influenciadas por el contenido de aceite, ya que juega un papel importante en la textura y su interacción con compuestos volátiles repercutiendo en el aroma y sabor (Arancibia, 2013).

Por otra parte, entre los componentes de mayor abundancia se encuentran las proteínas, el contenido proteico en lenteja verde fue de 27.98 % y de 25.84 % para lenteja roja (Tabla 4). Dichos valores concuerdan con los presentados por Gharibzahedi et al. (2012) en lenteja verde 27.30 % y lenteja roja 25.90 %. Otros resultados para diferentes variedades de lenteja oscilan entre 24.34 y 25.63 % (Fouad & Rehab, 2015; Ghumman et al., 2016). Las lentejas son una fuente abundante de ácido glutámico, ácido aspártico, arginina, leucina y lisina, pero tienen un contenido bajo de triptófano y de aminoácidos azufrados (metionina y cisteína) (Samaranayaka, 2017). La lenteja es una de las legumbres que presenta un alto contenido proteico, este comportamiento está determinado por factores tales como la variedad, especie y cultivo, por ejemplo, la soya tiene un contenido de proteína alto 46.4 % en comparación con el garbanzo reportándose un 19.00 % (Boye et al., 2010; Ibañez et al., 2020). Las principales proteínas que conforman a la lenteja de acuerdo con la clasificación de solubilidad son globulinas y albúminas, que imparten propiedades funcionales (retención de agua, gelificación) asociadas a los atributos sensoriales como sabor, olor, textura y palatabilidad, que a su vez juegan un papel importante en la aceptación por parte del consumidor (Chel et al., 2003; Samaranayaka, 2017).

Además de las proteínas, otro componente mayoritario fueron los carbohidratos, estos se estimaron por diferencia a partir de los valores obtenidos del resto de los componentes expresados en el análisis químico proximal (Tabla 4). En lenteja verde y roja se observó un contenido en carbohidratos de 32.66 % y 39.71 % respectivamente. El almidón es la fracción mayoritaria en los carbohidratos y es el responsable de la textura en los alimentos (Aguilera, 2009), los valores del presente estudio son menores a los reportados para diferentes variedades de lentejas que se encuentran en rangos de 46.01 % a 49.73 % (Wang et al., 2009; Fouad & Rehab, 2015). El frijol y garbanzo presentan un contenido de carbohidratos superior al de la lenteja con valores de 54.3 % y 61.14 % respectivamente, este comportamiento es consecuencia del mayor contenido de proteína presente en la lenteja y de las diferentes fracciones que componen los

carbohidratos tales como el contenido de almidón, fibras y carbohidratos solubles (Boye et al., 2010; De Almeida Costa et al., 2006).

Por lo que se refiere a la fibra dietaria, en la Tabla 5 se muestran los valores de la fibra dietaria total (FDT) y en la Tabla 5 sus correspondientes fracciones: fibra dietaria insoluble (FDI) y fibra dietaria soluble (FDS). En el contenido de FDT se aprecian valores de 26.93 % en lenteja verde y 23.20 % en lenteja roja, los cuales son superiores a los reportados en otros estudios (13.11 % a 20.44 %), sin embargo, Faris et al., (2013) reportaron un valor de 30.5 %. La variabilidad de los datos radica principalmente en la procedencia del cultivo y genotipo, aunque las lentejas pertenecen a la misma variedad, su composición fisicoquímica presenta diferencias. La lenteja presenta un contenido de fibra dietaria mayor en comparación con el garbanzo 13.9 % y un resultado similar con el frijol común 22.32 % (De Almeida Costa et al., 2006; Wang et al., 2009). Además, es importante resaltar que, en virtud del alto contenido en fibra en la lenteja, su consumo puede ayudar significativamente a la protección del intestino del estreñimiento y de complicaciones dañinas al aumentar el tránsito y contenido del bolo fecal (Faris et al., 2013).

Tabla 5 Contenido de fibra dietaria total (FDT), fibra dietaria insoluble (FDI) y fibra dietaria soluble (FDS) en las semillas de lenteja verde y roja.

<i>Determinación (%)</i>	<i>Lenteja verde</i>	<i>Lenteja roja</i>
<i>FDT</i>	26.93 ± 0.85a	23.20 ± 0.35b
<i>FDI</i>	23.83 ± 0.30a	20.92 ± 0.04b
<i>FDS</i>	3.10 ± 0.97a	2.28 ± 0.33a

Valores se expresan como porcentaje de peso seco. Medias con letras diferentes presentan diferencia significativa ($p < 0.05$).

La FDI en las lentejas es la fracción mayoritaria de la FDT, dicha fracción en la lenteja verde representa un 88.49 % y en lenteja roja un 90.17 %, la FDS es la fracción minoritaria, en la lenteja verde se obtuvo un 11.51 % y en lenteja roja de 9.83 %. Los resultados de FDI en la variedad verde fueron de 23.83 % y en la variedad roja de 20.92 %, presentando diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) (Tabla 5). El contenido de FDI en la semilla de lenteja verde debido a la presencia de cascarilla, mientras que la

lenteja roja está desprovista de esta. El rango en que oscilan dichos resultados en la literatura es entre 11.41 % a 12.83 %, en tanto que en otro estudio se reportó un valor semejante 19.0 % para lenteja. En otras legumbres como el frijol se encuentra similitud al reportar 19.9 % a diferencia del garbanzo el cual es minoritario 13.9 % (Wang et al., 2009). La fracción de FDS fue de 3.10 % en lenteja verde y 2.28 % en lenteja roja, sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas, los valores reportados son superiores a los encontrados en otras investigaciones (1.44 % a 2.0 %). Los resultados del presente estudio también son comparables con los reportados para el frijol común (2.42 %) (De Almeida Costa et al., 2006; Wang et al., 2009). La fibra dietética presenta funcionalidad relacionada a aspectos sensoriales, mecánicos/físicos y propiedades químicas. Un alto contenido de fibra dietética se relaciona específicamente con la textura y el sabor (Córdoba, 2005).

I.6 Conclusión

La lenteja, en general, posee un alto contenido en proteínas y carbohidratos siendo una fuente nutricionalmente importante. La lenteja de las variedades verde y roja presentan diferencias significativas en su composición. La lenteja verde contiene una mayor concentración de proteínas y fibra dietaria, a diferencia de la lenteja roja que presenta un mayor contenido en carbohidratos.

El color y el tamaño de la semilla de lenteja son parámetros fisicoquímicos importantes en el cumplimiento de la normatividad aplicable para su almacenamiento y comercialización. Estos parámetros pueden incidir significativamente en la obtención de productos industrializados como las harinas, garantizando la calidad de los productos finales y su aceptabilidad en aplicaciones alimentarias.

Las diferencias en la composición de las variedades de lentejas pueden ofrecer oportunidades para la formulación de matrices alimentarias o alimentos con características específicas, adaptándose a las preferencias del consumidor y ampliando las posibilidades de uso en la industria alimentaria.

CAPÍTULO II. PERFIL FISICOQUÍMICO Y TECNO-FUNCIONAL DE LAS MATRICES ALIMENTARIAS DE LENTEJA (*Lens culinaris* M.) VARIEDADES VERDE Y ROJA.

II.1 Resumen

Las preferencias gustativas actuales han conducido a disminuir en parte el consumo de lenteja (*Lens culinaris* M.). Es importante diversificar su forma de consumo, desarrollar matrices alimentarias (MA) alternativas como las harinas. El uso y la calidad de la harina de lenteja dependerán de la variedad, propiedades fisicoquímicas, tecno-funcionalidad y procesamiento. Así, el objetivo del presente trabajo fue determinar el perfil fisicoquímico y tecno-funcional de la MA harina de lenteja verde y roja. Las lentejas se cocieron tradicionalmente 1:2 lenteja/agua, a 94°C/5 min lenteja roja y 15 min verde, se deshidrataron (12 horas/70°C) y molieron obteniendo harina de lenteja cocida verde (HLCOV) y roja (HLCOR). El control fue harina de lenteja cruda verde (HLCRV) y roja (HLCRR), obtenida por molienda de las semillas crudas. Posteriormente, 100 g de cada harina se hidrataron en 64 mL (HLCRV), 60 mL (HLCRR), 154 mL (HLCOV), 140 mL (HLCOR), obteniéndose sus respectivas masas (MLCRV), (MLCRR), (MLCOV), (MLCOR). Se desarrolló el perfil fisicoquímico de harina y masa por color (IS y AM), FDT, aceite, humedad y compuestos volátiles. El perfil tecno-funcional para harinas fue tamaño de partícula (TP), densidad aparente (DA), capacidad de absorción de agua (CAA) e índice de absorción y solubilidad de agua (IAA/ISA), y en masas: consistencia, adhesión, cohesión y dureza. Las modificaciones en las propiedades fisicoquímicas se deben a la cocción y pueden dar lugar a características únicas en cada MA, se observaron cambios en el color, el AM aumentó en las MA de la variedad roja y disminuyó en la variedad verde, el aumento de la FDT en las harinas y masas cocidas está relacionado su estructura, densidad y textura, el aceite en la interacción con compuestos volátiles y repercuten en el olor y sabor, HLCRR tuvo mayor presencia de alcoholes y MLCRV de aldehídos, mientras que HLCOR, HLCRV, HLCOV, MLCRR, MLCOR y MLCOV de terpenos, la humedad se relaciona con la textura y con las propiedades sensoriales de las MA. En la tecno-funcionalidad, el IAA aumentó y el ISA disminuyó en las harinas tratadas térmicamente, relacionado con la gelatinización y retrogradación del almidón. La CAA aumentó en las harinas cocidas debido a una modificación en el almidón, aumentando el rendimiento de masa de buena consistencia en ambas variedades. La dureza, cohesión y adhesión en las harinas rehidratadas de ambas variedades fue menor que en las harinas crudas, esto promueve mejor textura y suavidad. Las harinas de lenteja tratadas térmicamente de ambas variedades presentan tecno-funcionalidad adecuada para obtener una MA útil para desarrollar nuevos productos alimenticios, su vida útil relativamente larga y su buena calidad comestible.

Palabras clave: Matriz Alimentaria, Perfil tecno-funcional, Composición fisicoquímica

II.2 Estado del arte

Formas de consumo de la lenteja y su evolución en el tiempo.

Antiguamente al igual que los garbanzos y las judías, las lentejas se consumían verdes, recién recolectadas, después se observó que las semillas maduras se podían conservar fácilmente sin perder sus propiedades sensoriales. Nuestros antepasados descubrieron que las semillas maduras podían molerse y con agua se formaba una pasta que en crudo era beneficiosa para el organismo, después la misma mezcla calentada, colocándola sobre piedras al fuego, formaba una galleta que si se fermentaba previamente, se parecía al pan que se obtenía de los cereales (Díaz, 2015).

Después surgió la técnica culinaria que implicaba la cocción de las lentejas para la obtención de una menestra (guisado compuesto con diferentes hortalizas y con trozos de carne o jamón) (Real Academia Española, 2024), la cual era base para platillos más sofisticados a través de su mezcla con otros alimentos, esta se convirtió en una forma de consumo básica en la alimentación de diferentes culturas. La lenteja es de gran valor en diversas regiones debido a su alto contenido de proteínas y sus características de cocción con respecto a otras legumbres como el garbanzo o haba (Jarpa-Parra, 2018). La forma en la que se consume puede ser como plato principal, guarnición o ensaladas, debido a la versatilidad de la semilla, se pueden freír y condimentar para el consumo como bocadillos, se puede procesar para obtener harina para hacer sopas, guisos y purés. También se caracteriza por mezclarse con cereales para hacer pan y pasteles. Las vainas de lentejas verdes y frescas se comen crudas o al vapor, mientras que los brotes de lentejas se añaden a ensaladas, sopas, panes y platos salados (Raghuvanshi & Singh, 2009). Normalmente, las lentejas verdes se comen como semillas enteras o partidas y descascaradas, mientras que las rojas generalmente se descascaran antes de cocinarlas y consumirlas (Kaale et al., 2023).

En México, las lentejas suelen consumirse como guarnición o sopa. La cocción mejora el sabor de la semilla, así como la biodisponibilidad y valor nutricional. En los últimos años, la adquisición e ingesta de lentejas ha disminuido, en la actualidad es más frecuente consumirlas en ocasiones tradicionales como cuaresma y año nuevo (SADER,

2015). El consumo de lentejas ha disminuido debido a varias razones, entre ellas, el estilo de vida actual en el que se prefieren alimentos de fácil y rápida preparación, además de que los consumidores buscan opciones que sean atractivas tanto en sabor, aroma, textura y nutrientes. Otra razón es que las lentejas tienen una limitada digestibilidad causa de distensión abdominal y flatulencias (Patterson et al., 2017). Es posible que la falta de variantes en la preparación o procesamiento de las lentejas limite su consumo y aprovechamiento (SADER, 2015).

Una de las principales formas en que actualmente se utilizan las legumbres es en forma de harina, se utiliza comúnmente como espesante, aglutinante, agente gelificante y estabilizador en una amplia gama de productos alimenticios debido a sus propiedades tecno-funcionales (Marchini, 2021). En los últimos años, se han reportado diferentes productos industrializados a base de harina de lentejas: productos de panadería (pan, pasteles, galletas); productos extruidos: pastas, snacks, cereales, y otros como aderezos, sopas, lácteos y productos cárnicos. En la literatura se han reportado productos que incluyen la elaboración de pan de trigo complementado con harina de lentejas (Carboni et al., 2022; Marchini, 2021), pasta tradicional a base de harina de trigo enriquecida con harina de lenteja (Nuñez, 2022), galletas a base de lenteja verde y roja (Han et al., 2010), yogurt fortificado con aislados proteicos de lentejas (Benmeziane, 2021) y barras energéticas (Gao, 2020).

Industrialización de la lenteja para la obtención de matrices alimentarias (MA).

Una MA es una fuente que deriva de un alimento, conjunto de nutrientes y no nutrientes que interactúan física y químicamente para el desarrollo de nuevos productos (Montoya, 2020 y Aguilera, 2018). Una de las MA más comunes en la industria agroalimentaria son las harinas convencionales obtenidas de cereales: trigo, maíz, arroz y avena. Se han desarrollado también harinas alternativas a partir de otras fuentes como las legumbres, estas harinas pueden proporcionar un mayor potencial para mejorar las harinas de materias primas tradicionales (Montoya, 2020).

Las harinas de legumbres destacan en comparación con las harinas de cereales ya que aportan una mayor cantidad de proteínas y fibra dietética total, se ha reportado que al

consumirlas se presentan valores bajos de colesterol total y mayor absorción de calcio (Carboni et al., 2022). Los aminoácidos que forman a las proteínas de la lenteja son ricos en lisina, pero deficientes en aminoácidos que contienen azufre, mientras que las proteínas de los cereales son deficientes en lisina, pero tienen cantidades adecuadas de aminoácidos azufrados. La adición de harina de lenteja a los productos a base de cereales podría ser buena opción para proporcionar un equilibrio de aminoácidos esenciales, ayudando a superar el problema de la desnutrición proteico-calórica (Romano et al., 2021).

Los alimentos deshidratados como las harinas son considerados alimentos de textura modificada, los cuales pueden rehidratarse con la apariencia y textura de alimentos convencionales (Valencia & Montoya, 2021). La deshidratación es una operación cuyo objetivo es eliminar el agua, aumentando su tiempo de conservación. La eliminación de agua proporciona protección frente a las principales causas de alteración de los alimentos, entre ellas los microorganismos, evitando la descomposición del alimento. Además, se disminuye la actividad enzimática con lo que la mayor parte de las reacciones químicas se inhiben o se hacen más lentas, incrementando la vida útil del alimento. Otra ventaja es que al ser de menor peso y volumen facilita el transporte y almacenamiento del alimento (Aguilera, 2009).

La deshidratación en alimentos es una técnica capaz de conservar su estructura primaria o crear una nueva con fines funcionales, las harinas se utilizan como MA en la preparación de diversos productos: panificación (pasteles, galletas), embutidos cárnicos, entre otros (Koukoumaki et al., 2022). Además de la deshidratación, la molienda de los alimentos para la obtención de harinas, facilita su permeabilidad a los fluidos digestivos y la hidrólisis de los macronutrientes por parte de las enzimas digestivas. En cuanto al remojo o la germinación de las legumbres, estos procesos inducen la hidrólisis de los fitatos para reducir los fosfatos de inositol, aumentando la biodisponibilidad del zinc, hierro y calcio, la solubilidad de los polifenoles y la digestión de carbohidratos (Vela, 2020).

Como se mencionó con anterioridad, una de las harinas de mayor uso y comercialización es la harina de trigo, esta presenta ventajas y desventajas. Se caracteriza por presentar

una tonalidad amarillo pálido debido a pigmentos como carotenoides y flavonas. Durante el almacenamiento, se produce una maduración debida a las reacciones entre los componentes de la harina, especialmente los ácidos grasos insaturados y oxígeno. Este proceso da un efecto de blanqueamiento natural con el tiempo y hace que la masa tenga mejores propiedades reológicas y cualidades de horneado (Lamsal & Faubion, 2009). La harina de trigo tiene buenas cualidades, se compone de gluten que es el responsable de la calidad de la textura en la elaboración de alimentos, sin embargo, puede causar reacciones adversas como la enfermedad celíaca. Se utiliza para la producción de pastas y productos horneados como panes, pasteles y galletas, esto se debe a la naturaleza y propiedades funcionales de sus proteínas, el gluten es una proteína constructora de estructura que proporciona viscoelasticidad a la masa, buena capacidad de retención de gases y buena estructura de la miga del producto horneado resultante, por lo que tiene un papel fundamental en la panificación (Tharise et al., 2014). Por otro lado, el almidón presente en la harina de trigo es de rápida digestibilidad y su ingestión produce cambios bruscos en la glucosa y la insulina plasmática por lo que aumenta el índice glucémico (Martín-Cabrejas et al., 2009).

Una alternativa a la harina de trigo y debido al valor biológico de la lenteja es la harina de esta legumbre, los nutrientes que componen las harinas pueden suplir los requerimientos dietarios tales como el contenido proteico y de carbohidratos. La fracción de almidón y fibra otorgan propiedades tecno-funcionales que determinan su uso como MA en una formulación (García et al., 2019). El procesamiento de legumbres puede ser por métodos secos o húmedos, cocción, remojo, germinación, extrusión o fermentación, las harinas se obtienen mediante molienda e implica la trituración de semillas enteras o descascaradas y partidas (Bourré et al., 2019). Las harinas de legumbres no contienen gluten, siendo una oportunidad para explotar su uso en diferentes sistemas alimentarios (Siddiq et al., 2010). Los aminoácidos predominantes en la lenteja son lisina, leucina, ácido aspártico, ácido glutámico y arginina, el contenido de lisina en la harina de lenteja es mayor que el encontrado en la sémola de trigo *durum*, mientras que el contenido de aminoácidos azufrados es menor en las harinas de legumbres que en la sémola de trigo *durum* (Li et al., 2023). En cuanto a la digestibilidad de los carbohidratos, el procesamiento térmico disminuye la fracción de almidón de digestión rápida y aumenta

la fracción de almidón resistente, lo que en conjunto conlleva a un menor índice glucémico (Vela, 2020) a diferencia de la harina de trigo.

Características de calidad de una matriz alimentaria.

Una matriz alimentaria de calidad es aquella que posee alto valor nutritivo, niveles de tecno-funcionalidad adecuados y atributos sensoriales que proporcionen mayor potencial en el desarrollo de un alimento. Además, es importante que las materias primas utilizadas para el desarrollo de MA o alimentos estén disponibles, de fácil acceso y culturalmente aceptables (Montoya, 2020).

Las propiedades tecno-funcionales son propiedades no nutrimentales que dan información acerca de la calidad y comportamiento de una MA. Este comportamiento es proporcionado por componentes como las proteínas, carbohidratos, fibra y su interacción con otros componentes de los alimentos (Jarpa-Parra, 2018). Entre los factores fisicoquímicos que influyen en la calidad de una MA y que afectan el comportamiento tecno-funcional y sensorial en los alimentos es la composición química, la estructura, tamaño y forma molecular, así como las características físicas del alimento (Rani & Grewal, 2014), además de la apariencia, textura, descomposición en boca y liberación de sabor (Aguilera, 2018).

En una matriz alimentaria (MA) como las harinas es importante evaluar las propiedades de tecno-funcionalidad, ya que la MA puede alterarse cuando esta es expuesta a métodos de procesamiento (molturación, deshidratación y/o cocción), afectando las propiedades de los componentes que inciden en la tecno-funcionalidad, tal es el caso de las proteínas y el almidón (gelatinización del almidón y desnaturalización de proteínas). También puede haber repercusiones en la digestibilidad, relacionado con la bio-accesibilidad (fracción liberada de nutrientes durante la digestión) y la bio-disponibilidad (absorción de nutrientes) resultando en MA con características mejoradas preservando la calidad de los alimentos (Aguilera, 2018).

El procesamiento térmico ocasiona cambios en la estructura química y física de los alimentos. La cocción afecta principalmente al almidón, ocasiona una modificación en la estructura y tamaño de los gránulos, se gelatiniza afectando la viscosidad de los productos que se elaboran a partir de la MA harina. Estos cambios inducen transformaciones en las propiedades tecno-funcionales tales como: absorción de agua, capacidad de hinchamiento y gelificación (García et al., 2019). En lo referente a las proteínas el tratamiento térmico provoca un desdoblamiento y rompimiento de las estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria, a excepción de la estructura primaria, generándose alteraciones en la tecno-funcionalidad como la capacidad de retención de agua, aceite, espumante y emulsificante. Además, hay una mejora de la digestibilidad de las proteínas debido a la hidrólisis de las proteínas no digeribles. Los cambios en la estructura secundaria de las proteínas permiten que las enzimas digestivas accedan fácilmente a los enlaces peptídicos, conllevando a una rápida hidrólisis (García et al., 2019; Romano et al., 2021).

El procesamiento de alimentos puede mejorar el sabor, la textura, la seguridad microbiológica, aumentar la digestibilidad y biodisponibilidad de algunos nutrientes (Rakhash et al., 2015; Korkerd et al. 2016)

Composición fisicoquímica y tecno-funcionalidad de una matriz alimentaria a base de lenteja.

El uso de harina como MA está relacionado con la composición fisicoquímica de la lenteja (almidón, proteínas, agua, fibra, pigmentos) la cual modifica el comportamiento de la MA al interactuar entre sí durante el procesamiento para su transformación (mecánico o tratamiento térmico) determinando así las propiedades tecno-funcionales de dicha MA. Los criterios básicos de calidad de las lentejas dependen de sus propiedades como variedad, en las rojas están dictados por los requisitos de molienda (tamaño de partícula), color, tamaño y condición de las semillas partidas o descascaradas que tengan ambos cotiledones adheridos/intactos, mientras que para las lentejas verdes son el diámetro de la semilla, espesor, uniformidad de color y cubiertas intactas, sin arrugas ni manchas (Kaale et al., 2023).

Cabe destacar que entre los componentes de la lenteja, los carbohidratos son la porción mayoritaria (24-68 %), siendo el almidón el polisacárido prevalente con 40-57 % (Li et al., 2023). Se encuentra localizado en gránulos que presentan estructura cristalina, al ser sometidos a temperaturas altas experimentan un aumento en la viscosidad, debido a la formación de un gel por la adhesión de unos gránulos a otros (Aguilera, 2018). El almidón está constituido por dos polímeros: amilosa y amilopectina, las propiedades funcionales vienen determinadas por la organización de estas macromoléculas y por la relación amilosa/amilopectina en el gránulo de almidón (Aguilera, 2009). El procesamiento térmico de la lenteja puede influir también en el contenido y las propiedades funcionales de los componentes de la fibra alimentaria, así como en la velocidad de digestión del almidón en el intestino delgado (Valencia & Montoya, 2021) y (Johnson et al., 2020). El descascarillado y división de las lentejas, como en la variedad roja, disminuye las concentraciones de almidón resistente en comparación con las semillas enteras debido a la eliminación de la cáscara, rica en almidón resistente y fibra (Dhull et al., 2023).

Además, es importante también el papel de la fibra alimentaria, sus efectos benéficos fisiológicos y tecno-funcionales debido a sus propiedades fisicoquímicas. La lenteja verde y roja pueden comportarse tecno-funcionalmente diferente, ya que el mayor porcentaje de fibra se encuentra en la cascarilla presente solo en la lenteja verde (5.1 % a 30.5 %) (Faris et al., 2013; Dhull et al., 2023). Las propiedades fisicoquímicas de la fibra, tales como la porosidad, solubilidad y capacidad de retención de agua de la fibra determinan la forma en que esta interactúa con su entorno. Fisiológicamente, la fibra se degrada y fermenta a lo largo del tracto digestivo, esto depende de su estructura física y química, de las propiedades intrínsecas como el tamaño de partícula y grado de cristalinidad (Fardet, 2017).

Es importante mencionar que las proteínas son otro componente relevante en las lentejas, contiene alrededor de 24 % a 31.5 % (Li et al., 2023) y se componen principalmente de proteínas de almacenamiento clasificadas por solubilidad como albúminas, globulinas y glutelinas. Las propiedades tecno-funcionales de las proteínas están relacionadas con sus propiedades fisicoquímicas y estructura conformacional,

influenciadas a su vez por las condiciones de procesamiento (Jarpa-Parra, 2018). Las proteínas participan activamente en la tecno-funcionalidad de una matriz alimentaria. Las propiedades de hidratación de las proteínas (absorción y retención de agua) dependen principalmente de la interacción proteína-agua y pudieran relacionarse con el contenido de humedad, por otra parte, las propiedades que dependen de la interacción proteína-proteína (gelificación, elasticidad, cohesividad, dureza y adhesividad) participan en la textura de la MA (Treviño-Mejía et al., 2016). Las albúminas y globulinas se caracterizan por tener una cantidad mayor de grupos hidroxilo, tienen mayor afinidad por la unión de agua y por tanto buena tecno-funcionalidad (solubilidad, capacidad emulsionante, espumante, gelificante, absorción de agua y aceite). La tecno-funcionalidad de las proteínas está ligada principalmente a la composición, secuencia, carga neta e hidrofobicidad de sus aminoácidos (Romano et al., 2021).

Otro tipo de compuestos que si bien no tienen una participación directa en la tecno-funcionalidad de una MA de lenteja sí forman parte de sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales. El color en las lentejas es una característica importante, es parte de sus propiedades sensoriales (visuales) con influencia en la aceptación o rechazo por parte del consumidor y por tanto en el valor del producto, garantizando su calidad comercial, además los pigmentos tienen propiedades nutricionales. El color de los cotiledones en las lentejas es uno de los criterios más importantes, se asocia principalmente con las lentejas rojas que suelen ser descascaradas para el consumo, aunque independientemente del tipo de lenteja, el color se correlaciona con otros atributos de calidad. El color está relacionado con el contenido de carotenoides, pigmentos tetra-terpenoides solubles en grasa que confieren a las plantas color amarillo, naranja y rojo. Se pueden subdividir en dos grupos según contengan o no oxígeno: luteína, zeaxantina y violaxantina que contienen oxígeno. Por el contrario, los flavonoides que producen colores púrpura, rojo y azul, son el grupo más grande de metabolitos secundarios, pigmentos solubles en agua y se clasifican en flavonoles, flavonas, flavononas, catequinas, antocianinas y chalconas (Lee et al., 2017).

La degradación de color puede indicar una pérdida de nutrientes y metabolitos secundarios, como los polifenoles (Jackson, 2020). El color de las semillas puede variar

de marrón claro a marrón más oscuro, las lentejas de color marrón oscuro se consideran de baja calidad (Kaale et al., 2023). Las lentejas con cubierta de semilla verde son propensas a decolorarse durante el almacenamiento prolongado (Jackson et al., 2021). Después de la maduración, los cultivos de lenteja se desecan con productos químicos y se dejan reposar en el campo, durante este período, la calidad de los cotiledones puede verse reducida debido a la foto degradación, además de la exposición a la luz en el campo, las semillas pueden quedar expuestas a la luz durante su manipulación y almacenamiento (Jackson et al., 2021).

Finalmente, los compuestos volátiles responsables del olor y sabor de la lenteja son otros componentes importantes, así como aquellos compuestos sápidos responsables de activar los receptores del sabor amargo (Karolkowski et al., 2021). Las saponinas, compuestos fenólicos, alcaloides, péptidos y aminoácidos libres contribuyen al sabor amargo de las legumbres, mientras que los compuestos fenólicos se relacionan con sensaciones astringentes (Briand & Salles, 2016). En las legumbres se han identificado una amplia gama de compuestos volátiles, se originan principalmente a partir de ácidos grasos libres en las semillas y se oxidan en moléculas más pequeñas, esto se intensifica bajo condiciones de estrés (hídrico o mecánico o ataques de herbívoros/insectos) (Vincenti et al., 2019). En las legumbres se han identificado hidrocarburos aromáticos: aldehídos, alcanos, alquenos, alcoholes, cetonas, ácidos, ésteres, pirazinas, terpenos, furanos y lactonas. Cada uno de estos compuestos tienen un olor específico, sin embargo, la percepción de un aroma se debe a una mezcla de diferentes notas aromáticas provenientes de varias moléculas. Las notas aromáticas en las legumbres se describen como frijol, verde, guisante, terroso, heno, graso, picante y metálico (Roland et al., 2017).

Transformación de la Matriz Alimentaria harina a masa.

Las fracciones de almidón, fibra, y ácidos grasos que componen a la harina de lenteja, así como las propiedades físicas y tecno-funcionales van a determinar el comportamiento en un sistema alimentario, estas características afectan a la preparación, procesamiento y almacenamiento en los sistemas alimentarios e influyen en los atributos visuales, de sabor, olor y textura. Las propiedades tecno-funcionales de las harinas van a tener una

incidencia en la rehidratación de la harina formando una pasta suave y cohesiva conocida como masa. La masa está constituida por polímeros de almidón (amilosa y amilopectina) mezclados con gránulos de almidón y lípidos que forman una malla compleja heterogénea dentro de una fase acuosa continua (Cappelli et al., 2020). El tratamiento térmico modifica el contenido total de agua y su distribución dentro de la matriz, debido a la asociación de la amilosa y amilopectina, proceso que impacta en la textura de dicha masa, la gelatinización del almidón se presenta por la cocción y la fricción durante la molienda del grano para la obtención de harina, los gránulos hinchados se dispersan dentro de la matriz y actúan como un pegamento que mantiene unidas las partículas de masa (Aguilera, 2018).

Un tratamiento térmico excesivo produce una masa pegajosa difícil de manejar debido a una mayor gelatinización del almidón, mientras que pequeñas cantidades de gránulos de almidón gelatinizados por una cocción baja produce una masa poco cohesiva (Bello-Pérez et al., 2002). El tamaño de partícula que se obtenga en la harina influye en el daño del almidón y por tanto en la capacidad de unión con el agua, lo que determina la calidad final de un alimento (productos de panificación, cárnicos). Las harinas con fracciones más finas de las partículas obtenidas mediante el tamizado dan como resultado una masa menos pegajosa y tiene un comportamiento similar a la harina de trigo (Bourré et al., 2019). Las harinas de lentejas mejoran significativamente la capacidad de los sistemas alimentarios para retener agua y grasa. Cabe destacar que, incluso con un procesamiento extenso, las proteínas de los granos de lenteja conservan su conformación nativa (Kaale et al., 2023). Las harinas de cereales se componen de gluten, siendo la principal diferencia con las harinas de legumbres que no tienen gluten, por lo que sus propiedades reológicas que indican la capacidad del material para formar una pasta o gel son deficientes, alternativamente la harina se puede tratar hidro térmicamente para inducir la gelatinización del almidón y aumentar su viscosidad cuando se rehidrata, que es esencial para atrapar las burbujas de aire en la masa sin gluten (Pasqualone et al., 2021).

En harinas de lenteja, el agua participa en los fenómenos asociados a la gelatinización del almidón y despliegue de proteínas. Aunque el almidón es el componente principal

para controlar las propiedades reológicas y térmicas, los cambios inducidos por la temperatura en polisacáridos no amiláceos y proteínas también contribuyen en el proceso de gelificación y viscosidad mediante el hinchamiento del almidón, la desnaturalización y el despliegue de las proteínas. El almidón contribuye a la formación de la textura y la calidad de la masa, actúa como disipador de agua activado por la temperatura en productos horneados (Shin et al., 2013). Las proteínas, lípidos y minerales pueden interactuar con el almidón en diversos grados e influir en las características reológicas de la harina (Kaur & Sandhu, 2010).

Parámetros indicativos de la tecno-funcionalidad de la MA.

Los parámetros que se evalúan para determinar las propiedades tecno-funcionales de una MA como la harina son: tamaño de partícula (TP) que define la aplicación de la matriz alimentaria, así como la textura. Un tamaño de partícula fino se asocia a un mayor daño del almidón, menor capacidad de absorción de agua y mayor viscosidad en comparación con fracciones más gruesas (Romano et al., 2021). La densidad aparente (DA) está relacionada con la compactación y la capacidad de almacenamiento de la harina. La capacidad de absorción de agua (CAA), el índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad de agua (ISA) son indicativos del grado de modificación de las proteínas y el almidón, por el contenido e interacción con el agua en tratamientos termomecánicos. Estas propiedades pueden predecir el comportamiento de la matriz alimentaria y su aplicación en la producción de alimentos (Dussán-Sarria et al., 2019). Las propiedades tecno-funcionales de la MA masa se evalúan mediante parámetros texturales, como la dureza, cohesión, adhesión y consistencia, que están directamente relacionados con la suavidad, firmeza, pérdida de elasticidad, pegajosidad y rendimiento de la masa que influyen en mayor medida en la aceptación sensorial y de este modo mejorar la calidad del producto alimenticio (Aguilera, 2018).

En el caso de los compuestos volátiles, la microextracción en fase sólida con espacio de cabeza (HS-SPME) se ha utilizado en combinación con cromatografía de gases (GC) y espectrometría de masas (MS) para el análisis de olor y sabor de diferentes MA

(verduras, frutas, jugos, refrescos y bebidas alcohólicas). HS-SPME combina muestreo, extracción, concentración e introducción de muestras en un único paso sin disolventes mediante la adsorción/absorción de compuestos volátiles en una fibra adsorbente recubierta con una fase estacionaria adecuada (Campoverde et al., 2022). La absorción/adsorción se basa en la partición en equilibrio de los analitos entre la fase sólida de la fibra SPME y la matriz de muestra líquida o sólida. El enfoque ha demostrado ser eficiente como método para la detección sensible de compuestos volátiles, semivolátiles, polares y no polares. En el sistema acoplado, la fibra SPME con los analitos concentrados se transfiere y se desorbe en un puerto de inyección de GC caliente y eluye mediante la fase móvil para el análisis cromatográfico posterior y la detección de EM (Herrera et al., 2022).

Características sensoriales de una matriz alimentaria (Harina y Masa).

Las características sensoriales de una matriz alimentaria están relacionadas con las propiedades fisicoquímicas y tecno-funcionales que presentan las harinas y cuando esta es reconstituida (masa) durante la preparación, procesamiento y almacenamiento del producto desarrollado. Los procesos térmicos previos a su consumo mejoran las propiedades sensoriales como la textura, el sabor y el aroma, debido a que modifica su tecno-funcionalidad (Martínez & Carballo, 2021) diversificando su utilización en el desarrollo de formulaciones para la elaboración de productos y teniendo una mejor aceptación por parte del consumidor.

El almidón es el mayor responsable de la textura y las propiedades sensoriales que presentan los alimentos que lo contienen. Cabe destacar la capacidad de gelificación que posee (Aguilera, 2009). El contenido de agua se relaciona con la suavidad de los alimentos, en tanto que su pérdida se asocia con resequedad y endurecimiento durante el almacenamiento, lo que puede disminuir el nivel de agrado, siendo la textura un factor de aceptabilidad sensorial importante (Salinas-Moerno et al., 2011). Las proteínas de las legumbres confieren propiedades químicas y funcionales en los sistemas alimentarios,

mejoran sus características sensoriales como sabor, olor, textura y palatabilidad (Chel et al., 2003).

La lenteja como matriz alimentaria tiene propiedades tecno-funcionales de gran interés, sin embargo, su sabor a frijol y textura resultan ser una barrea de aceptación. El sabor a frijol es resultado de la oxidación catalizada por la enzima isoenzima lipoxigenasa en el aceite de la lenteja, por lo cual varios estudios se han enfocado en la eliminación de este compuesto volátil mediante el procesamiento, como germinación, cocción por ebullición, tostado y horneado. Estos procesos pueden mejorar su composición nutrimental y sus propiedades fisicoquímicas. En cuanto al tratamiento térmico, es el método más utilizado para la inactivación de la enzima lipoxigenasa, además de promover el desarrollo de nuevos sabores (Shin et al., 2013).

II.3 Objetivo

Determinar el perfil fisicoquímico y tecno-funcional de las matrices alimentarias de lenteja verde y roja.

II.4 Materiales y Métodos

Material de estudio

El material de estudio consistió en lenteja (*Lens culinaris* M.) de dos variedades (roja marca Lima Limón® y verde marca Verde valle®) procedente del estado de Michoacán, su adquisición fue en un supermercado local, se trasladaron al laboratorio de Biotecnología “M.C. Víctor M. Rodríguez Alcocer” de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para su caracterización.

Protocolo para la obtención de las matrices alimentarias de lenteja verde y roja.

Se formaron dos lotes de lenteja por cada variedad, el lote 1 estuvo formado por la semilla de lenteja cruda (Control) y el lote 2 correspondió a la semilla de lenteja procesada por cocción hidrotérmica.

Matriz alimentaria 1. Obtención de harina de lenteja.

Lote 1 (Control). La semilla de lenteja en estado crudo se llevó a molienda en seco en un molino eléctrico Goldenwall® a un tamaño de partícula de 0.25 mm. Las harinas obtenidas fueron: harina de lenteja cruda verde (HLCRV) y harina de lenteja cruda roja (HLCRR).

Lote 2. La lenteja se llevó a cocción en agua (relación 1 a 2) a una temperatura de 94°C. El tiempo de cocción fue de 5 minutos para lenteja roja y 15 minutos para lenteja verde. Una vez concluida la cocción de la lenteja, se llevó a secado en un deshidratador a 70° durante 12 horas hasta alcanzar una humedad del 10 %. La lenteja cocida deshidratada se trituró en un molino eléctrico Goldenwall® a un tamaño de partícula de 0.25 mm. La harina obtenida se colocó en bolsas selladas al vacío hasta su análisis. Las harinas fueron clasificadas de la siguiente manera: harina de lenteja cocida verde (HLCOV) y harina de lenteja cocida roja (HLCOR).

Matriz alimentaria 2. Obtención de masa de lenteja.

La harina obtenida de los lotes 1 y 2 se rehidrató con agua purificada mezclándose manualmente hasta formar una masa moldeable y homogénea, la consistencia se determinó tomando una fracción de masa, se comprimió con las palmas de las manos, si en la masa se formaban grietas indicaba que aún podía absorber más agua y si no había tales grietas entonces la masa tenía la consistencia adecuada. Se pesaron 300 g de harina y se añadió en promedio para dos repeticiones la siguiente cantidad de agua: HLCRR (184.5 mL), HLCRV (200 mL), HLCOR (430.5 mL) y HLCOV (463.5 mL).

Perfil fisicoquímico de harina y masa de lenteja.

Determinación de color, fibra dietética y aceite. Se determinaron con base en la metodología descrita en el capítulo 1, apartado I.4.

Humedad. Se determinó de acuerdo con el método 44-19 de la AACC (1983). Se colocaron 4 g de muestra de harina en charolas de aluminio en una estufa a 103°C durante 24 h. Las pruebas se hicieron por triplicado.

Análisis cualitativo de compuestos volátiles.

Se realizó la extracción de los compuestos volátiles utilizando la técnica HS-SPME. Se preparo un vial con 1 g de muestra y 1 mL de agua, se colocaron en un vial de 20 mL con tapa de magnética y septum de teflón/silicón. La muestra fue agitada a 200 rpm y calentada a 50°C durante 1 hora para su extracción con fibra de microextracción en fase sólida de 2 cm compuesta por PDMS/DVB/CAR (Supelco, Sigma Aldrich, California, EUA). La fibra fue desorbida térmicamente a 250°C en el puerto de inyección en modo splitless de un cromatógrafo de gases 7890A (Agilent Technologies, Inc., California, EUA), acoplado a un detector de espectrometría de masas cuadrupolar modelo 5975C (Agilent Technologies, Inc., California, EUA). Se utilizó una columna capilar HP-5MS (60 m x 250 µm de diámetro, 0.25 µm de espesor de fase, Agilent Technologies Inc., California, EUA). El programa de temperatura del horno fue el siguiente: 40°C por 10 min, seguido de un incremento a 140°C con una velocidad de 3°C/min y tiempo de espera de 20min, seguido de un incremento a 220°C con una velocidad de 3°C/min y tiempo de espera de 5 min, finalmente un incremento a 260°C con una velocidad de 10°C/min donde se mantuvo por 15 min. El gas de arrastre utilizado fue Helio (pureza 99.999%), a flujo constante de 1 mL/min. El detector de espectrometría de masas se utilizó en modo de impacto electrónico a 70 eV, con un Gain Factor de 1, temperaturas de línea de transferencia, fuente de ionización y cuádruplo de 280°C, 230°C y 150°C respectivamente, y un rango de masas de 33 a 600 uma.

La identificación de los compuestos volátiles se realizó a partir de su espectro de masas, comparando con los espectros de la base de datos NIST (Mass Spectra Library, versión 2017, USA) tomando como identificación positiva un porcentaje de similitud mínima de 70%.

Perfil tecno-funcional de la harina y masa de lenteja.

Las propiedades tecno-funcionales de la harina de lenteja se establecieron mediante la determinación de:

Índice de tamaño de partícula (ITP). Se tomaron muestras de 50 g de harina de lenteja y se colocaron en una serie de tamices marca Mont-Inox (US. No. 40, 60 y contenedor), se colocaron en un equipo ROTAP durante 10 min. Las determinaciones se realizaron con dos repeticiones. De cada malla se determinó el peso del material retenido y se calculó el porcentaje con relación al total de la muestra:

$$\% ITP = \frac{(Pm)(100)}{M}$$

Donde:

Pm: peso del material retenido (g)

M: peso de la muestra (g)

Densidad aparente (DA). Se utilizó el método de Koeppe et al., (1987) de la siguiente forma: a temperatura ambiente (25°C) se llenó con harina de lenteja un recipiente de aluminio de 72.5 mL de capacidad, se golpeó suavemente cinco veces, se arrasó con una espátula de acero inoxidable y se pesó en una micro balanza. Se hicieron tres repeticiones de cada muestra. La densidad se obtuvo dividiendo el peso de la harina entre el volumen del recipiente:

$$DA = \frac{(Pt - Pr)}{V}$$

Donde:

Pt: peso total harina y recipiente

Pr: peso del recipiente (g)

V: volumen recipiente (mL)

Capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS). Se determinó de acuerdo con Bedolla (1983) con modificaciones, se pesaron 300 g de harina de lenteja, se colocó en un recipiente de acero inoxidable, se le agregó 50 mL de agua potable a 25° C, se mezcló manualmente hasta obtener una consistencia de masa adecuada. La prueba se realizó por duplicado. La capacidad de absorción se expresó en mililitros de agua por gramo de harina de lenteja.

Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad de agua (ISA). Se analizó mediante el método descrito por Anderson et al. (1969) con modificaciones. Para cada muestra se pesaron 2.5 g de harina de lenteja se suspendió en 15 mL de agua a 30°C en un tubo para centrifuga, previamente tarado, se agitó intermitentemente a velocidad moderada por 30 min. La suspensión se centrifugó a 3020 x g durante 10 min a 30°C utilizando una centrifuga marca internacional clinical, modelo CL. El líquido sobrenadante se decantó en un recipiente tarado para la determinación de sólidos. El gel formado se pesó, y el índice de absorción de agua se calculó con este peso, como gramos de gel por gramos de muestra seca. Se hicieron tres repeticiones. El índice de solubilidad de agua se evaluó pesando los sólidos obtenidos después de la evaporación en una estufa del sobrenadante de las muestras de la determinación de índice de absorción de agua. Se expresó como el porcentaje de sólidos secos. La evaluación se hizo con tres repeticiones.

Cálculos:

$$IAA = \frac{Pc}{Ps - Pe}$$

$$\% ISA = \frac{Pe}{Ps} (100)$$

Donde:

Pc: peso del residuo de centrifugación (g de gel).

Ps: peso seco de la muestra (g de harina base seca).

Pe: peso del residuo de evaporación (g).

Consistencia de la masa. Se determinó de forma subjetiva. Se usaron 300 g de harina de lenteja, se colocó en un recipiente de acero inoxidable y se mezcló con suficiente agua hasta lograr “sentir” una consistencia de masa adecuada, se hizo una pequeña esfera de masa y se presionó, si se mantenía íntegra la capacidad de absorción de agua es correcta, pero si se rompía existe una deficiencia de agua. Con base en la consistencia de las masas se le asignó una calificación de 1 a las masas que presentaron buena consistencia, de 2 a las de consistencia regular, y 3 a las de mala consistencia. Las determinaciones se hicieron una sola vez.

Análisis del perfil de textura (ATP).

Dureza, cohesión y adhesión.

Para la determinación de estas propiedades se utilizó un texturómetro (Texture Analyzer model TA Plus., Loyd Instrument) mediante un software Nexygen plus y por el método de análisis de perfil de textura (APT). Se tomó una muestra de harina rehidratada en una proporción harina: agua de 1:0.5 harina cruda y 1:1.5 para harina de lenteja cruda, cocida por ebullición. Las muestras se moldearon en forma de cilindro circular con un diámetro de 16 mm y 22 mm de altura. Los parámetros de medición que se utilizaron fueron: velocidad 2 mm/s y una compresión en dos ciclos al 70 %, registrando la fuerza máxima (N) requerida en la primera compresión (dureza), la fuerza requerida para comprimir la muestra por segunda vez (cohesión) y la fuerza negativa de la primera compresión (adhesión).

Diseño y análisis estadístico.

El análisis estadístico de los datos obtenidos del perfil fisicoquímico y tecno-funcional de las matrices alimentarias de lenteja se llevó a cabo mediante un análisis de varianza (ANOVA), utilizando la prueba de Tukey y $\alpha=0.05$ para comparación de medias con el programa estadístico JMP11.

II.5 Resultados y discusión

II.5.1 Perfil fisicoquímico de las matrices alimentarias: harina y masa de lenteja verde y roja.

Determinación de color en harina de lenteja verde y roja: Luminosidad, AM e IS.

La medida de color a través de la luminosidad (L), índice de saturación (IS) y ángulo de matiz (AM) de las harinas de lenteja cruda verde y roja (HLCRV y HLCRR) y las harinas de lenteja cocida verde y roja (HLCOV y HLCOR) se presenta en la Tabla 6. Entre las harinas de lentejas crudas y cocidas los valores de L no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), sin embargo, la cocción disminuyó la luminosidad en ambas variedades. Estos resultados de luminosidad en harinas son cercanos a los reportados por otros autores, quienes indican para lenteja cruda roja (80.60) y para la variedad verde (83.3) (Bourré et al., 2019). Los resultados de esta investigación fueron mayores en comparación con los reportados por Ma et al., (2010) para la harina de lenteja cruda verde y roja (53.23 y 57.40 respectivamente) y para la harina de lenteja cocida verde (72.49) y roja (61.69). Estos valores de L hacen referencia a coloraciones más claras cuando las matrices alimentarias han sido expuestas a las condiciones de cocción. En estudios realizados en harinas de garbanzo crudo y cocido (62.77 y 70.82) y guisante amarillo (49.55 y 58.79) los valores fueron inferiores a los obtenidos en la presente investigación (Ma et al., 2010), sin embargo, es claro un incremento en la luminosidad de las harinas de garbanzo tratadas por cocción.

Tabla 6 Color de las harinas de lenteja cruda y cocida de las variedades verde y roja.

<i>MA. Harina de lenteja</i>	<i>L</i>	<i>IS</i>	<i>AM</i>
<i>HLCRR</i>	86.70 ± 1.73a	21.32 ± 1.04a	63.95 ± 0.35d
<i>HLCOR</i>	81.84 ± 2.18a	21.88 ± 1.40a	75.50 ± 0.58c
<i>HLCRV</i>	83.58 ± 1.94a	15.11 ± 0.88b	83.46 ± 0.93a
<i>HLCOV</i>	81.90 ± 1.70a	13.45 ± 0.64b	81.39 ± 0.33b

HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja, HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde. L: luminosidad, IS: índice de saturación, AM: ángulo de matiz. Los datos se expresan como la media ± desviación estándar, n=3. Medias con letras diferentes indican que difieren significativamente ($P < 0.05$).

El índice de saturación (IS) de HLCRR Y HLCOR fue de 21.32 y 21.88 y de 15.11 y 13.45 para HLCRV y HLCOV, estos valores indican que las harinas de la variedad roja presentan mayor saturación estadísticamente significativa ($P < 0.5$), mostrando una coloración más intensa que las harinas de la variedad verde que tienden a una coloración opaca. Las diferencias en el IS son debidas a la variedad y no al procesamiento, ya que la cocción no afecta la pureza del color. Los resultados concuerdan con los reportados por Pieniazek et al., (2015) que presentan un IS en harina de lenteja roja cruda y liofilizada de 26.16 y 24.87. En harinas de otras legumbres, se aprecian valores menores, en frijol rojo, frijol rojo pequeño, frijol arándano y frijol negro (6.28, 5.01, 5.45 y 2.80). Comparativamente, las harinas de lenteja presentan un color intenso comparado con las harinas de frijol (Siddiq et al., 2010). El cambio en la coloración entre la semilla, la harina cruda y la harina cocida en cada una de las variedades se relaciona con el efecto que genera la molienda y la cocción, al permitir una distribución más uniforme de los pigmentos y generar la degradación de pigmentos por efecto de la temperatura empleada (Diego-Zarate et al., 2022).

En referencia al ángulo de matiz (AM) de las harinas de lenteja analizadas, se puede observar en la

Figura 3, que fue significativamente mayor en HLCRV (83.46°) que en HLCOV (81.39°), esta diferencia fue debida al tratamiento térmico, sin embargo, ambas harinas, tanto la cruda como la cocida están en un rango de coloración amarillenta. Los pigmentos responsables de la coloración son los carotenoides (luteína y zeaxantina) y los flavonoides (kaempferol) que al ser objeto de una cocción hidrotérmica pudieron verse transformados o disminuidos. En lo que respecta al AM de HLCRR Y HLCOR fue de 63.95° y 75.50° , hay un cambio estadísticamente significativo en las harinas después del tratamiento térmico, la HLCRR presenta un AM menor y como puede apreciarse en la Figura 3, este valor se sitúa en una zona de tonos naranja-amarillo debido al contenido de antocianinas (delfinidina y cianidina) responsables de la coloración rojiza en la lenteja cruda (7.98 mg/g) (Lee et al., 2017). Estas antocianinas pueden verse degradadas por

efecto de la temperatura de cocción, presentando un cambio en la coloración de rojo a amarillo pajizo.

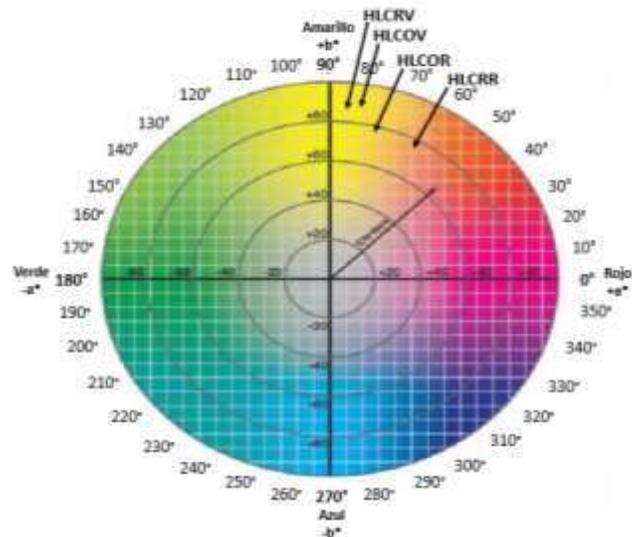


Figura 3 Ángulo de Matiz en el gráfico de color representativo de las harinas de lenteja verde y roja.

El comportamiento en la coloración de cada variedad con respecto a la cocción es inverso, el AM en la variedad roja aumenta y en la verde disminuye, esto se debe a la degradación de sus propios pigmentos, otro factor que puede influir en este cambio es la molienda. Otros autores reportan un AM similar en harina de lenteja roja cruda y liofilizada 70.92° y 72.59° (Pieniazek et al., 2015). En harinas crudas de distintas variedades de frijol se observaron valores semejantes a los encontrados para HLCRV y HLCOV, harina de frijol rojo 84.51°, frijol rojo pequeño 81.96°, frijol arándano 87.93° y frijol negro 74.58° (Siddiq et al., 2010).

Determinación de color en masa de lenteja verde y roja: Luminosidad, AM e IS.

En la Tabla 7 se observan los resultados de color en masa de lenteja cruda y cocida variedades verde y roja. Los parámetros indican que las masas de lenteja difieren significativamente en su color ($p < 0.05$). La luminosidad (L) en MLCRR (88.10) fue mayor que en MLCRV, MLCOR y MLCOV (83.69, 83.39 y 78.53 respectivamente), además, la MLCRR tiende más hacia el color blanco que las harinas correspondientes. En este

sentido, comparativamente con las harinas, en las masas hay diferencias en el valor de L, en MLCRR y MLCOR el valor de L aumentó observándose mayor claridad. En la MLCOV la L disminuyó, cabe resaltar que la diferencia con las otras masas es que en la harina correspondiente se incorporó un alto contenido de agua para lograr una masa de calidad (154 mL/100 g) en comparación con las demás harinas, la duración del amasado fue mayor (5 minutos) con lo que se produjo más oxigenación, resultando en una posible degradación de los pigmentos flavonoides de la harina, siendo en este caso la masa menos luminosa que la harina (Tejero, 2019).

Tabla 7 Parámetros de colorimetría en masa de lenteja cruda y cocida, roja y verde.

MA. Masa de lenteja	L	IS	AM
MLCRR	88.10 ± 0.08a	22.65 ± 0.06a	63.19 ± 0.07d
MLCOR	83.38 ± 0.30c	22.18 ± 0.03b	75.23 ± 0.13c
MLCRV	83.69 ± 0.94b	15.41 ± 0.02c	83.07 ± 0.15a
MLCOV	78.53 ± 0.10d	12.01 ± 0.05d	78.16 ± 0.24b

MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja, MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde. L: luminosidad, IS: índice de saturación, AM: ángulo de matiz. Los datos se expresan como la media ± desviación estándar, n=3. Medias con letras difieren significativamente (P<0.05).

En las masas de lenteja de la variedad roja, el IS es significativamente mayor, MLCRR y MLCOR (22.65 y 22.18), que las de la variedad verde MLCRV y MLCOV (15.41 y 12.01). En las harinas de lenteja de la variedad roja ocurrió el mismo comportamiento, presentando un IS mayor que las harinas de la variedad verde, al hidratar la harina los valores aumentaron en MLCRR, MLCOR y MLCRV, mientras que disminuyeron en MLCOV debido a la degradación de los flavonoides, esto se relaciona con un incremento en la actividad de agua de la MA, la cocción y la concentración de oxígeno (Lee et al., 2017).

En cuanto al AM, en la Figura 4 se aprecia que para la MA masa los valores difieren significativamente entre MLCRR, MLCOR, MLCRV y MLCOV, esto indica que no hay una misma relación entre los valores de a y b, por lo tanto, no presentan la misma

tonalidad o matiz. Cabe recordar que el AM representa el color verdadero, eficaz para la visualización de la apariencia del color de los productos alimenticios (Robles-Sánchez & Rojas-Graü, 2013; Dussán-Sarria et al., 2019).

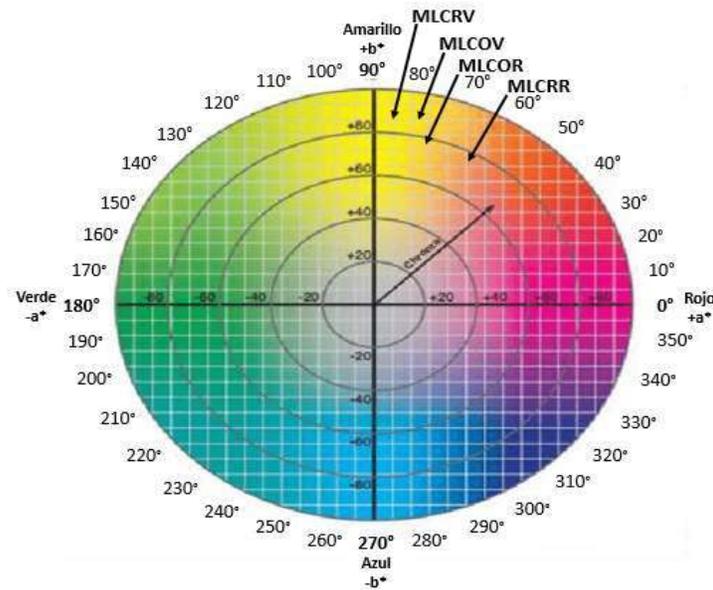


Figura 4 Ángulo de Matiz en el gráfico de color representativo de las masas de lenteja verde y roja.

De acuerdo con Rojas-Garbanzo et al., (2016) un valor positivo alto de a^* indica mayor contenido de carotenoides en una matriz alimentaria, por lo que se puede inferir que la diferencia entre MLCRR que presenta un color rojo y MLCOR que disminuye a una coloración menos rojiza, está influenciado por la temperatura ejercida de cocción a través de la cual los carotenoides pierden estabilidad presentándose un cambio de color.

Como se puede observar en la Figura 4, el AM en MLCOR aumentó (75.23°) en comparación con MLCRR (63.19°) debido a la cocción, tal diferencia denota un matiz distinto entre ambas masas asociado a una pérdida significativa de los pigmentos que proporcionan la coloración rojiza de la MLCRR. Por la temperatura de cocción ejercida los carotenoides pierden estabilidad manifestándose un cambio de color en MLCOR a una coloración amarilla, caso contrario en MLCRV cuyo AM disminuyó de (83.07°) a MLCOV (78.16°), cuya tonalidad tiende a un amarillo tenue. Este tipo de harinas ricas en carotenoides, tienen un efecto notorio importante en la calidad de los alimentos que se

producen, ya que la matriz alimentaria al ser objeto de procesamiento térmico y mecánico puede presentar modificaciones en los carotenoides generando nuevas coloraciones con efecto en la calidad sensorial de los alimentos. El color es considerado el atributo visual más importante en la percepción de la calidad del alimento, es críticamente valorado por los consumidores y figura como la base de su selección o rechazo (Pieniazek et al., 2015).

Algunos factores que pueden influir en los parámetros de color son: la fuerza mecánica aplicada durante la molienda lo que altera la exposición de los pigmentos en la matriz alimentaria dando como resultado una distribución más uniforme de los pigmentos, influyendo directamente en el color final, sin embargo, la molienda también puede generar la oxidación de los pigmentos (Signorelli et al., 2022). Por otro lado, la incorporación de agua para la generación de masa es un factor que influye en la coloración de la matriz alimentaria, ya que puede ayudar en la liberación y dispersión de los pigmentos presentes, lo que puede resultar en la generación de coloraciones más intensas al hidratar los pigmentos solubles, alterando la absorción de luz (Diego-Zarate et al., 2022).

Contenido de Fibra dietética total (FDT), Fibra Insoluble (FI) y Fibra soluble (FS) en harina de lenteja verde y roja.

El contenido de fibra dietaria total (FDT), fibra dietaria insoluble (FDI) y fibra dietaria soluble (FDS), en harinas se muestra en la Tabla 8. Se observaron diferencias significativas entre las harinas de lenteja cocida para ambas variedades, HLCOV y HLCOR (38.68 % Y 31.49%) se caracterizaron por evidencia mayores contenidos de fibra dietaria total que HLCRV y HLCRR (26.96 % y 23.25 %). El incremento de la fibra dietaria total (FDT) en las harinas cocidas puede atribuirse a que el tratamiento térmico, promueve la formación de polisacáridos capaces de resistir la acción enzimática. Se ha reportado que la cocción origina un aumento de fibra dietética total, esto se atribuye a la formación de complejos fibra-proteína que pueden cuantificarse como fibra soluble o insoluble (Montoya, 2023). El valor más alto fue en HLCOV debido a la cascarilla

presente en la semilla, compuesta mayoritariamente por fibra. Otras investigaciones reportaron valores similares en harina de lenteja cruda (19.0 % y 26.86 %) mientras que en harina de lenteja cocida los resultados fueron menores a los investigados (22.77 % y 22.80 %) (De Almeida Costa et al., 2016).

Tabla 8 Contenido de fibra dietética en harina de lenteja cruda y cocida, variedad verde y roja.

MA. Harina de lenteja	FDI (%)	FDS (%)	FDT (%)
HLCRR	20.97 ± 0.04c	2.28 ± 0.33c	23.25 ± 0.36d
HLCOR	24.93 ± 0.25b	6.56 ± 0.65b	31.49 ± 0.86b
HLCRV	23.83 ± 2.62bc	3.10 ± 0.97c	26.93 ± 0.87c
HLCOV	31.32 ± 0.29a	7.36 ± 0.28a	38.68 ± 2.42a

HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja, HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde. FDI: Fibra dietaria insoluble, FDS: Fibra dietaria soluble, FDT: Fibra dietaria total. Valores se expresan como porcentaje de peso seco. Los datos se expresan como la media ± desviación estándar, n=3. Medias con letras difieren significativamente (P<0.05).

Los valores obtenidos para las fracciones insoluble (FDI) y soluble (FDS) con referencia a la HLCRV indica un valor de 23.83 % en FDI y de 3.10 % para FDS, mientras que la HLCRR presento valores inferiores (20.97 % y 2.28 % respectivamente). Sin embargo, no existe una diferencia estadística significativa (P<0.05) entre ambas variedades de harina de lenteja cruda. Por otro lado, las harinas de lentejas llevadas a cocción hidrotérmica por ebullición presentaron un aumento en ambas fracciones de fibra dietaria, la HLCOV obtuvo un valor de 31.32 % en FDI y de 7.36 % para FDS, representando un aumento de 7.49 % y 4.26 % respectivamente. Para la HLCOR presento un valor de 24.93 % para FDI y de 6.56 % en FDS, figurando un aumento de 3.96 % y 4.28 %. El incremento en FDS se debe a una mayor solubilización de sustancias pécticas, las cuales presentan una estructura ramificada y son más susceptibles de sufrir una ruptura durante la deshidratación (Aguilera, 2009). Por lo tanto, es posible apreciar un incremento mayor en cada una de las fracciones de fibra dietaria en la harina de lenteja verde en comparación con la roja, existiendo diferencia estadísticamente significativa (P<0.05).

Los valores obtenidos se asemejan a los reportados en harina de lenteja por De Almeida Costa et al., (2006) siendo de 21.4 % para FDI y de 1.37 en FDS. Por otro lado, Dueñas et al., (2016) reportaron contenidos semejantes de FDI en harina de lenteja cruda, cocida y germinada (24.46 %, 21.01 % y 18.85 %), reportando un contenido superior en FDS para harinas de lenteja cocida y germinada (17.6 % y 12.8 %).

Contenido de Fibra dietética total (FDT), Fibra Insoluble (FI) y Fibra soluble (FS) en masa de lenteja verde y roja.

Los resultados del contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en masas se observan en la Tabla 9. El contenido de FDT en MLCOV y MLCOR fue de 63.75 % y 62.86 % y en MLCRV y MLCRR 54.04 % y 48.29 %. De estos valores, la fracción mayoritaria fue la insoluble, observándose valores de FDI para MLCOV y MLCOR (49.04 % y 45.90 %) y para MLCRV y MLCRR de (42.72 % y 34.18 %). La fracción soluble (FDS) en MLCOV y MLCOR fue de (14.70 % y 16.96 %) y para MLCRV y MLCRR (11.35 % y 14.10 %). Es importante resaltar que los valores son mayores en las masas cocidas debido al procesamiento térmico utilizado, presentando diferencias estadísticamente significativas. La MA harina a través de su capacidad de retención de agua para formar la masa, atrapa polisacáridos solubles en el gel que forman, siendo resistentes a la acción enzimática, promoviendo un mayor contenido de fibra dietaria en la masa. Un alto contenido de fibra está relacionado con las propiedades de hidratación y formación de soluciones viscosas, por lo tanto, va a influir en la textura proporcionando consistencia, adhesión y viscosidad (Hall et al., 2017).

Tabla 9 Contenido de fibra dietética en masa de lenteja cruda y cocida, variedad verde y roja.

MA. Masa de lenteja	FDI (%)	FDS (%)	FDT (%)
MLCRR	34.18 ± 0.57b	14.10 ± 0.21b	48.29 ± 0.79b
MLCOR	45.90 ± 0.74ab	16.96 ± 1.04a	62.86 ± 0.99a
MLCRV	42.72 ± 1.22ab	11.35 ± 0.35c	54.04 ± 0.88ab
MLCOV	49.04 ± 10.01a	14.70 ± 0.70b	63.75 ± 9.47a

MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja, MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde. FDI: Fibra dietaria insoluble, FDS: Fibra dietaria soluble, FDT: Fibra dietaria total. Valores se expresan como porcentaje de peso seco. Los datos se expresan como la media \pm desviación estándar, n=3. Medias con letras difieren significativamente (P<0.05).

Contenido de aceite en las matrices alimentarias harina y masa de lenteja de las variedades verde y roja.

Los resultados obtenidos para el contenido de aceite en harinas y masas de lenteja se muestran en la Tabla 10. Con referencia a las harinas de lenteja cruda, la HLCRV presento un valor de 1.56 % y la HLCRR de 1.02 %. Por otro lado, las harinas de lenteja obtenidas por cocción presentaron valores semejantes, siendo 1.54 % para HLCOV y de 1.48 en HLCOR. Sin embargo, no se aprecia una diferencia estadística significativa (P<0.05) entre variedades y tratamiento empleados.

Tabla 10 Contenido de aceite en harina y masa de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja.

MA. Harina de lenteja	Contenido de aceite (%)	MA. Masa de lenteja	Contenido de aceite (%)
HLCRR	1.02 \pm 0.16a	MLCRR	1.56 \pm 0.30ab
HLCOR	1.48 \pm 0.09a	MLCOR	1.18 \pm 0.02ab
HLCRV	1.56 \pm 0.39a	MLCRV	1.78 \pm 0.43a
HLCOV	1.54 \pm 0.15a	MLCOV	0.90 \pm 0.08b

HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja, HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja, MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde. Valores se expresan como porcentaje de peso seco. Los datos se expresan como la media \pm desviación estándar, n=3. Medias con letras difieren significativamente (P<0.05).

En comparación a otras legumbres, (Simons, 2017) obtuvo valores para frijol pinto crudo y cocido de 1.36 % y 2.33 %, así mismo Hernández-Olivas et al., (2016) obtuvieron valores de 6.88 % en harina de garbanzo. Por su parte, (Arenas, 2022) reporta valores semejantes en harina de lenteja cruda y germinada (0.77 % y 1.27 %), mientras que (Pasqualone et al., 2021) reporta valores de 1.42 %, 1.04 % y 1.18 % en harina de lenteja descascarada, cruda y extrudida. El contenido de aceite en la masa fue similar al observado en las harinas, siendo mayoritario en MLCRV. El único valor diferente

significativamente fue el observado en MLCRV con respecto a MLCOV, asociado dicho cambio al tiempo de cocción.

Contenido de humedad en harina y masa de lenteja de las variedades verde y roja.

El contenido de humedad en las harinas y masas de lenteja de las variedades verde y roja se presentan en la

Tabla 11. Las harinas de lenteja cruda presentaron una humedad de 2.20 % para la verde y de 2.44 % en la roja, la diferencia entre ambas fue de 0.24 %. Con referencia a las harinas de lenteja llevadas a cocción por ebullición en HLCOV se observó una humedad de 3.43 %, representando un aumento de 1.23 % con respecto a la HLCRV. Por otro lado, en la HLCOR también aumento el porcentaje de humedad (2.91 %) con un incremento de 0.47 %. De acuerdo con los resultados obtenidos, se aprecia que no existe diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre HLCRR, HLCOR y HLCRV. Sin embargo, cabe mencionar que las harinas analizadas se encuentran en los límites permitidos (15 %) por la (NOM-247-SSA1-2008). En comparación a otras harinas de legumbres y cereales, (Hernández-Olivas et al., 2016) obtuvieron valores semejantes para harina de garbanzo, frijol y maíz (0.97 %, 1.04 % y 6.57 %), así mismo (Doxastakis et al., 2002) reportaron valores de 12.6 % para harina de trigo y de 7.4 % en harina de soya, dicha diferencia puede estar directamente relacionada con el envasado y condiciones de almacenamiento que tuvieron las harinas.

Tabla 11 Contenido de humedad en harina y masa de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja.

MA. Harina de lenteja	Humedad (%)	MA. Masa de lenteja	Humedad (%)
HLCRR	2.44 ± 0.06b	MLCRR	42.66 ± 0.36c
HLCOR	2.91 ± 0.55ab	MLCOR	52.99 ± 0.65b
HLCRV	2.20 ± 0.20b	MLCRV	44.39 ± 1.77c
HLCOV	3.43 ± 0.06a	MLCOV	55.91 ± 0.78a

HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja, HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja, HLCRV: Masa de lenteja cruda verde, HLCOV: Masa de lenteja cocida verde. Valores se expresan como porcentaje de peso seco. Los datos se expresan como la media ± desviación estándar, n=3. Medias con letras difieren significativamente ($P < 0.05$).

De acuerdo con la metodología para la reconstitución de las harinas para formar masas se utilizaron las siguientes cantidades: HLCRR (182 mL/300 g), HLCRV (192 mL/300 g), HLCOR (419 mL/300 g) y HLCOV (462 mL/300 g). Por lo que se refiere a las masas, la MLCRV presentó una humedad de 44.39 %, superior al obtenido en MLCRR (42.66 %), sin embargo, no se presenta una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$). De igual manera las masas obtenidas de lentejas sometidas a cocción presentaron un incremento en el contenido de humedad, siendo de 55.91 % para MLCOV, figurando un aumento de 11.52 %. Con respecto a MLCOR, presentó un contenido de humedad de 52.99 %, representando un aumento de 10.33 %, estos resultados son estadísticamente significativos ($P < 0.05$). Los resultados obtenidos se aproximan a los reportados por (Hernández-Olivas et al., 2016) en masa de maíz (62.98 %) y masa de maíz-frijol (57.32 %). Así mismo se asemejan al valor reportado por (Valderrábano, 2005) en masa de maíz nixtamalizado (51 – 55 %). El porcentaje de humedad obtenido difiere en las masas debido a que la cantidad de agua utilizada para formar una buena masa es diferente, lo cual está relacionado con la consistencia de la masa.

Compuestos volátiles identificados en las matrices alimentarias harina y masa de lenteja verde y roja.

El sabor y aroma de la lenteja está definido en gran parte por compuestos volátiles y por aquellos con características de aromaticidad (Khrisanapant et al., 2019). La presencia de estos compuestos en las MA harinas y masas de lenteja depende de varios factores, entre ellos la variedad, condiciones de cultivo, procesamiento, tratamiento térmico, forma de deshidratación, entre otros. La forma de procesar a las lentejas como matriz alimentaria afecta a los compuestos volátiles, estos pueden perderse o disminuir su concentración.

Los grupos químicos de compuestos volátiles identificados en la MA harina de lenteja verde y roja se presentan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Figura 4a y 5b. Los grupos químicos de volátiles identificados fueron alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, terpenos, hidrocarburos, furanos, compuestos

bencénicos, azufrados y nitrogenados. Entre estos grupos los mayoritarios fueron: aldehídos, cetonas, alcoholes y terpenos. En la Figura 4a se observa que en HLCRV, HLCOR y HLCOV los terpenos fueron el grupo dominante seguido de los aldehídos a diferencia de HLCRR, donde los alcoholes y las cetonas fueron los grupos principales, lo que se explica por una menor oxidación de los lípidos (Azarnia et al., 2011).

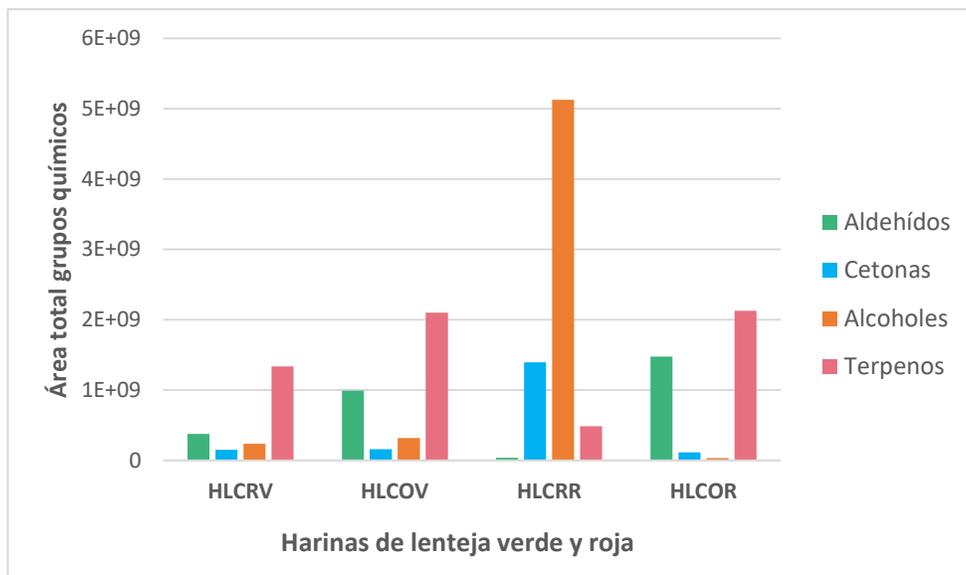


Figura 4a Grupos químicos mayoritarios de los compuestos volátiles identificados en las harinas de lenteja verde y roja. HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja.

En el caso de los alcoholes, en las MA de la variedad verde su presencia fue menor que en HLCRR, aunque el área se mantuvo prácticamente igual en HLCRV y HLCOV, en tanto que en la HLCRR tuvo una cantidad muy alta perdiendo a este grupo de compuestos tras la cocción (HLCOR), el mismo comportamiento se observó en las cetonas, mientras que los terpenos en ambas MA (HLCOV y HLCOR) incrementaron, aunque tuvieron concentraciones distintas.

El resto de los grupos químicos de compuestos volátiles considerados minoritarios por su concentración en las harinas de lenteja verde y roja fueron éteres, ésteres, hidrocarburos, compuestos azufrados, nitrogenados, bencénicos y furanos (Figura 5b).

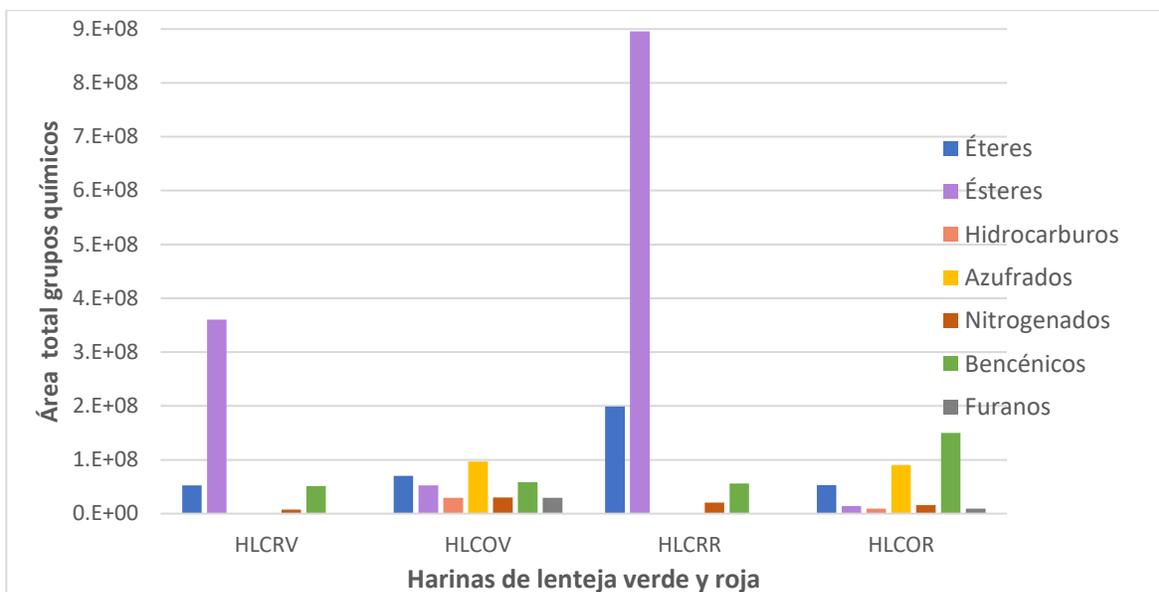


Figura 5b Grupos químicos minoritarios de los compuestos volátiles identificados en las harinas de lenteja verde y roja. HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja.

Se observó que en las harinas crudas (HLCRV y HLCRR) se identificaron cuatro grupos, éteres, ésteres, nitrogenados y bencénicos. Los mayoritarios en la variedad roja fueron los éteres, ésteres y nitrogenados. En las harinas de lenteja cocidas (HLCOV y HLCOR) se identificaron: éteres, ésteres, hidrocarburos, azufrados, nitrogenados y furanos, estos grupos fueron mayoritarios en HLCOV que en HLCOR, esto puede estar relacionado con el tiempo de cocción, en la variedad verde fue de 15 min y en la roja 5 min. En el caso de los compuestos bencénicos estos solamente aumentaron en HLCOR.

En las Figuras 5a y 6b se muestran los grupos químicos de compuestos volátiles que se identificaron en la MA masa procedente de la harina de lenteja verde y roja rehidratada. Los grupos químicos de volátiles identificados en las masas de lenteja fueron los mismos que los encontrados en las harinas: alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, terpenos, hidrocarburos, furanos, compuestos bencénicos, azufrados y nitrogenados (Figura 5a) Entre estos grupos químicos de compuestos volátiles los mayoritarios fueron aldehídos, cetonas, alcoholes y terpenos, estos últimos fueron el grupo más abundante en MLCOR, MLCOV y MLCRR, mientras que en MLCRV fueron los aldehídos. La cocción incrementó la concentración de terpenos (MLCOV y MLCOR) siendo más alta en la variedad roja. En comparación con las harinas, las masas obtuvieron más alta concentración de

terpenos. En MLCRV, los aldehídos fueron predominantes y se redujeron en la MLCOV. Caso contrario se observó en la MLCRR donde la presencia de aldehídos fue menor, aumentando en MLCOR. Cabe destacar que los aldehídos tuvieron una mayor presencia en las masas de lenteja crudas (MLCRV y MLCRR) que en las harinas de lentejas crudas (HLCRV y HLCRR), sin embargo, las masas cocidas fueron minoritarias (MLCOV y MLCOR) que las harinas (HLCOV y HLCOR). Los alcoholes y cetonas se registraron como mayoritarios en las masas crudas (MLCRV y MLCRR), sin embargo, después de la cocción disminuyeron. Las cetonas solamente fueron mayores en MLCRV que HLCRV, los alcoholes fueron más abundantes en MLCRV y MLCOR que en sus harinas precursoras HLCRV y HLCOR.

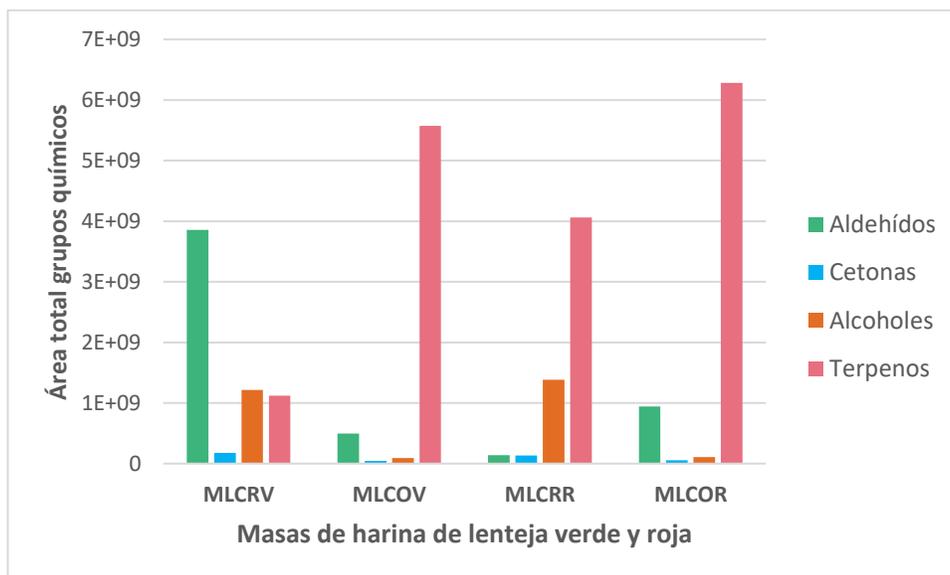


Figura 5a Grupos químicos minoritarios de los compuestos volátiles identificados en las masas de lenteja verde y roja. MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja.

Los grupos químicos minoritarios fueron éteres, ésteres, hidrocarburos, compuestos azufrados, nitrogenados, bencénicos y furanos (Figura 5b). En MLCRR se registraron únicamente 4 familias químicas: éteres, ésteres, bencénicos con una concentración más alta que en el resto de las masas (MLCRV, MLCOV y MLCOR). Y furanos, siendo el segundo grupo mayoritario seguido de MLCRV. En MLCOR se generaron hidrocarburos, azufrados, nitrogenados y furanos. La diferencia entre MLCRR y HLCRR fue que se generaron furanos en la masa, pero los compuestos nitrogenados desaparecieron. En la

masa los compuestos bencénicos fueron mayoritarios, a diferencia de los éteres y ésteres que fueron minoritarios.

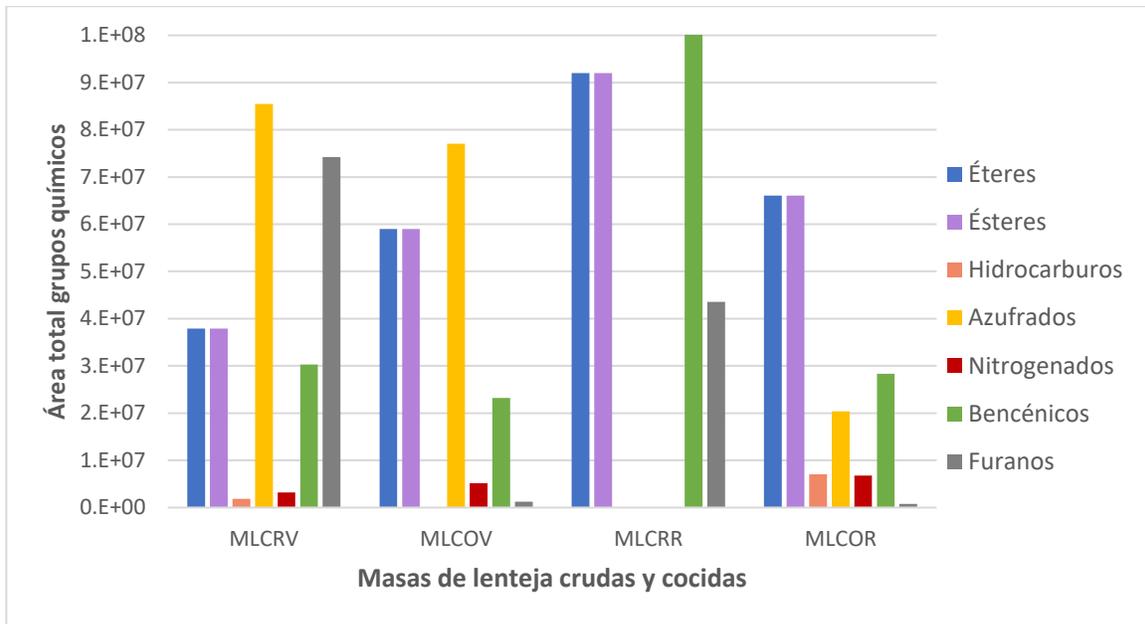


Figura 6b Grupos químicos minoritarios de los compuestos volátiles identificados en las masas de lenteja verde y roja. MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja.

La MLCOR presentó más éteres y ésteres que HLCOR, hidrocarburos, azufrados, nitrogenados, bencénicos y furanos fueron menores en MLCOR que HLCOR. MLCRV fue abundante en azufrados y furanos, el procesamiento térmico aumentó en MLCOV éteres, ésteres y nitrogenados, eliminó hidrocarburos y disminuyó azufrados, bencénicos y furanos. En MLCRV se confirmó la presencia de siete grupos químicos mientras que en HLCRV solo fueron 4 familias químicas y fueron mayores que en MLCRV (éteres, ésteres, nitrogenados y bencénicos).

Descripción de los grupos químicos de compuestos volátiles identificados en las matrices alimentarias harina y masa de lenteja verde y roja.

A continuación, se describen los compuestos volátiles identificados en cada grupo químico en las harinas de lenteja (HLCRV, HLCRR, HLCOV y HLCOR) y de las masas respectivas (MLCRV, MLCRR, MLCOV y MLCOR).

Aldehídos

Los compuestos carbonílicos como los aldehídos derivan de la descomposición enzimática o autooxidativa de ácidos grasos, principalmente linoleico y linolénico, estos compuestos contribuyen al sabor y aroma de las plantas, la alteración de tejidos podría causar autooxidación enzimática de los ácidos grasos presentes en las lentejas lo que conlleva a la formación de aldehídos (Azarnia et al., 2011). Como se muestra en las Tablas 12 y 13 el principal aldehído encontrado en las harinas y masas de lenteja fue el hexanal.

Tabla 12 Aldehídos identificados en harinas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	HLCRR	HLCOR	HLCRV	HLCOV
ALDEHÍDOS					
Hexanal	000066-25-1	36330083	489163666	133628225	246818214
2-Nonenal, (E)-	018829-56-6	ND	45819843	27419822	29400343
2-Nonenal, (Z)-	060784-31-8	ND	ND	21480082	ND
β -cyclocitral	000432-25-7	ND	ND	9501374	ND
Cinamaldehído	014371-10-9	ND	ND	9000390	ND
Heptanal	000111-71-7	ND	179911920	ND	ND
Octanal	000124-13-0	ND	ND	ND	49032468
2-Hexenal, (E)	006728-26-3	ND	ND	108050052	ND
2,4-Hexadienal, (E, E)	000142-83-6	ND	ND	7606024	ND
2-Metilbutanal	000096-17-3	ND	5017233667	ND	5500686
3-Metilbutanal	000590-86-3	ND	ND	5302912	ND
Pentanal	000110-62-3	ND	16387243	ND	ND
Nonanal	000124-19-6	ND	548063568	11949645	459453022
Benzaldehído	000100-52-7	ND	193981731	17772231	203157043
Pentadecanal	002765-11-9	ND	ND	25284682	ND

HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

En las semillas crudas, el ácido linoleico se oxida a hidroperóxidos en presencia de oxígeno y el hexanal puede formarse mediante la escisión del ácido 13-hidroperoxilinoico por liasas, este proceso ocurre a menudo en semillas de legumbres que se alteran durante el procesamiento, por lo que el tratamiento térmico aplicado aumentó la concentración de este aldehído en las HLCOR y HLCOV, por otro lado, el hexanal fue mayor en MLCRV, lo cual está relacionado con el contenido de aceite que

fue mayoritario para las MA anteriormente mencionadas. El hexanal formado contribuye al olor y sabor graso, verde, herbáceo y afrutado. La presencia de hexanal se ha reportado anteriormente en lentejas variedad verde y roja, frijoles, soja y guisantes (Ma et al., 2016). Otros aldehídos alifáticos saturados que se encontraron en las harinas de lenteja (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 12) incluyen el 2-metilbutanal, 3-metilbutanal, pentanal, heptanal, nonanal, octanal y benzaldehído. El aminoácido fenilalanina es probablemente el precursor de la mayoría de los aldehídos aromáticos de las legumbres, incluido el benzaldehído. Se ha reportado la presencia de 2-metilbutanal, 3-metilbutanal, heptanal y benzaldehído en diversos cultivares de frijol. Ma, et al. (2016) reportaron la identificación de benzaldehído en harina de lenteja verde en estado crudo, en esta investigación bajo la misma técnica (HS-SPME-GC-MS) se encontró en HLCRV, sin embargo, también fue un compuesto mayoritario identificado en HLCOR y HLCOV.

Por otro lado, puede observarse en la Tabla 13 que el benzaldehído estuvo presente en todas las masas, siendo predominante en MLCOR, se caracteriza por tener un sabor a almendra. El 2-metilbutanal fue el compuesto principal en HLCOR, aunque también se encontró en HLCOV y MLCRV, 3-metilbutanal en HLCRV y MLCOR, Heptanal en HLCOR y MLCOR, Octanal en HLCOV, MLCOR y MLCO, los cuales han sido reportados en harina de lenteja verde y en guisantes (Azarnia et al., 2012).

En HLCRR se identificó un aldehído, después del procesamiento térmico (HLCOR) se generaron 7 compuestos, y en masa que se deriva de estas harinas en MLCRR hay 4 aldehídos en tanto que su harina precursora solo tiene uno, MLCOR tiene 9 compuestos mientras que su harina precursora tiene 7, por lo tanto, se generaron 2 compuestos más. HLCRV presentó la mayor cantidad de aldehídos, fueron 11, y por la cocción (HLCOV) se redujo a 6 compuestos, en las masas se observó el mismo comportamiento, en MLCRV fueron 9 compuestos y en MLCOV disminuyó a 4 aldehídos. El Nonanal fue un compuesto predominante en HLCOR y HLCOV, también se identificó en HLCRV y MLCOR, se reportó en harina de lenteja verde en estado crudo, tostada, harinas precocidas liofilizadas y secadas por aspersion (Ma et al., 2016).

Tabla 13 Aldehídos identificados en masas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	MLCRR	MLCOR	MLCRV	MLCOV
ALDEHÍDOS					
Hexanal	000066-25-1	69696083	349563820	537922850	142444470
2-Nonenal, (E)-	018829-56-6	ND	37882220	51341128	20511110
2-Nonenal, (Z)-	060784-31-8	ND	ND	51341128	ND
Bencenoacetaldehído	000122-78-1	ND	6286682	16470720	ND
Tetradecanal	000124-25-4	14367519	ND	53941758	ND
Heptanal	000111-71-7	ND	26366329	ND	ND
Octanal	000124-13-0	ND	36480063	ND	27206193
2-Hexenal, (E)	006728-26-3	ND	ND	1549274308	ND
2-Hexenal	000505-57-7	ND	ND	1549274308	ND
2-Metilbutanal	000096-17-3	ND	ND	4524866	ND
3-Metilbutanal	000590-86-3	ND	7428563	ND	ND
Pentanal	000110-62-3	ND	7428563	ND	ND
Nonanal	000124-19-6	ND	328534318	ND	ND
Benzaldehído	000100-52-7	28719085	144909826	43806215	77328724
Pentadecanal	002765-11-9	24944222	ND	ND	ND

MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

Entre los aldehídos alifáticos insaturados, el 2-hexenal en MLCRV y 2-nonenal se detectó en HLCRV, HLCOR, HLCOV, MLCRV, MLCOR y MLCOV, su producción ha sido relacionada con el daño físico infligido al mezclar semillas en estado crudo con agua (Khrisanapant et al., 2019).

Cetonas

Las cetonas son compuestos carbonílicos que se forman por la actividad de la lipoxigenasa a partir de la descomposición de hidroperóxidos de ácidos grasos insaturados. Se reportan en las Tablas 14 y 15, se encontró 2-heptanona en HLCRR y MLCRR, acetona y acetofenona en HLCOR y HLCOV, se reportó acetofenona en MLCRV, MLCOV y MLCOR, siendo mayoritario en este último, 3-pentanona en HLCRV, 3-octanona HLCRR, HLCOR y HLCOV y MLCRV, los compuestos mencionados

anteriormente se han reportado en diferentes cultivares de frijol (Karolkowski et al., 2021).

Tabla 14 Cetonas identificadas en harinas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	HLCRR	HLCOR	HLCRV	HLCOV
CETONAS					
Acetona	000067-64-1	ND	65117106	ND	69579299
Acetofenona	000098-86-2	ND	10392162	ND	7818109
3-Pentanona	000096-22-0	ND	ND	6571658	ND
2-Heptanona	000110-43-0	22793168	ND	ND	ND
Metilheptenona	000110-93-0	ND	26061888	ND	42555887
3-Octanona	000106-68-3	27987544	ND	56476555	24614117
Butanodiona	000431-03-8	158914251	ND	ND	ND
Acetoína	000513-86-0	1158123363	ND	ND	ND
Geranilacetona	003796-70-1	ND	13455505	ND	15635202
γ -Nonalactona	000104-61-0	26753769	ND	ND	ND
2-pentadecanona,6,10,14-trimetil	000502-69-2	ND	ND	4835244	ND

HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

En HLCRR se observaron 5 cetonas, pero debido al tratamiento térmico se perdieron y en HLCOR se generaron 4 nuevas cetonas, en MLCRR se reportaron 3 cetonas y 2 en MLCOR, en HLCRV se identificaron 4 y posterior a la cocción aumentaron 6 en HLCOV, en MLCRV fueron 3 y en MLCOV se redujo a una cetona.

Tabla 15 Cetonas identificadas en masas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	MLCRR	MLCOR	MLCRV	MLCOV
CETONAS					
Acetofenona	000098-86-2	ND	12390783	5635058	4900266
γ -Decalactona	000706-14-9	10844290	ND	ND	ND
2-Heptanona	000110-43-0	53739245	ND	ND	ND
3-Octanona	000106-68-3	ND	ND	109690520	ND
Geranilacetona	003796-70-1	ND	10637519	ND	ND
γ -Nonalactona	000104-61-0	6193397	ND	6648334	ND

MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

Alcoholes

Los alcoholes identificados se muestran en las Tablas 16 y 17. La formación de n-hexanol, como 1-hexanol, generalmente se logra mediante la transformación de n-hexanal en presencia de alcohol oxidorreductasa. En HLCRR, HLCRV y HLCOV se identificó 1-hexanol, este compuesto se encontró en otros estudios en harina de lenteja verde cruda y tostada (Ma et al., 2016)

Tabla 16 Alcoholes identificados en harinas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	HLCRR	HLCOR	HLCRV	HLCOV
ALCOHOLES					
Etanol	000064-17-5	1409075579	ND	ND	ND
1-Penten-3-ol	000616-25-1	ND	ND	7437975	ND
1-Hexanol	000111-27-3	634463693	ND	231910026	26265217
Isobutanol	000078-83-1	31641852	ND	ND	ND
Butanodiol	000513-85-9	2140743641	ND	ND	ND
Metionol	000505-10-2	63194701	ND	ND	ND
Guayacol	000090-05-1	90021726	ND	ND	ND
Alcohol bencílico	000100-51-6	89987811	9642766	ND	16590432
Alcohol fenético	000060-12-8	67609740	ND	ND	ND
1-Octanol	000111-87-5	ND	ND	ND	42403304
3-nonen-1-ol, (Z)-	010340-23-5	70258020	ND	ND	ND
p-vinilguaiacol	007786-61-0	55903676	ND	ND	ND
Fenol	000108-95-2	ND	10584216	ND	ND
Maltol	000118-71-8	ND	ND	ND	89377091

HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

En HLCRV se encontró 1-penten-3-ol, también se reportó en harina de lenteja cruda verde, la formación de 1-penten-3-ol implica una vía similar: la oxidación del ácido linolénico conduce a la formación de 16-hidroperóxido, luego se forma 1-penten-3-ona mediante isomerización enzimática de 16-hidroxiperóxido y la 1-penten-3-ona finalmente se reduce a 1-penten-3-ol en presencia de alcohol oxidorreductasa. Los alcoholes saturados e insaturados fueron componentes cuantitativamente dominantes y se ha reportado que desempeñan un papel importante en el sabor de las legumbres (Ma et al.,

2016). El 1-penten-3-ol procedente de la oxidación del linoleato tiene un olor etéreo penetrante a hierba (Karolkowski et al., 2021). Cada alcohol tiene características distintas que podrían afectar el sabor de las legumbres. El 1-octanol tiene un olor fresco a rosa y un sabor dulce y aceitoso (Azarnia et al., 2011).

Tabla 17 Alcoholes identificados en masas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	MLCRR	MLCOR	MLCRV	MLCOV
ALCOHOLES					
Etanol	000064-17-5	820100675	ND	45173231	30340192
2-hexen-1-ol, (E)-	000928-95-0	86651405	ND	ND	ND
1-Hexanol	000111-27-3	356393503	ND	1129329531	ND
Benzenemethanol, 4-(1-methylethyl)	000536-60-7	14914524	ND	ND	ND
1-Pentanol	000071-41-0	10139331	ND	ND	ND
1-nonanol	000143-08-8	ND	ND	ND	14586651
Alcohol bencílico	000100-51-6	ND	9002102	30843670	10417243
1-Octanol	000111-87-5	ND	ND	ND	25129322
3-nonen-1-ol, (Z)-	010340-23-5	50400931	ND	ND	ND
Fenol	000108-95-2	ND	21092771	ND	ND
Maltol	000118-71-8	ND	36885149	ND	ND

MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

La oxidación de lípidos por la lipoxidasa conduce a la formación de alcoholes alifáticos e insaturados en guisantes secos. Se ha reportado la ausencia o cantidades pequeñas de ácidos grasos libres, sin embargo, durante el almacenamiento o la congelación, su concentración aumenta debido a la acción enzimática, también los alcoholes pueden producirse por daño físico o procesamiento de materiales vegetales (Azarnia et al., 2011), lo cual confirma más abundancia de alcoholes en HLCRR (10) y MLCRR (6) debido a que la cubierta de la semilla de lenteja roja es más suave y es propensa a sufrir daño mecánico durante las operaciones de manipulación cuando es descascarada y posteriormente en la molienda (Chelladurai & Erkinbaev, 2020), mientras que en HLCOR (2) y MLCOR (3) los compuestos se perdieron por efecto de la temperatura, en

comparación con las matrices alimentarias provenientes de la lenteja verde hubo un aumento después de la cocción HLCRV (2), HLCOV (4), MLCRV (3), MLCOV (4).

Terpenos

La presencia de monoterpenos en las plantas puede ser el resultado de la biosíntesis endógena de isoprenoides o de la degradación de carotenoides por la lipoxigenasa (LOX) o los hidroperóxidos (Khrisanapant et al., 2019). Los terpenos presentes en harinas y masas de lenteja se observan en las Tablas 18 y 19.

Tabla 18 Terpenos identificados en harinas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	HLCRR	HLCOR	HLCRV	HLCOV
TERPENOS					
β-mirceno	000123-35-3	ND	46370467	ND	43767518
α-Guaieno	003691-12-1	ND	ND	17159402	ND
D-Limoneno	005989-27-5	177020987	759691618	578726253	925316041
Limoneno	000138-86-3	974286466	974286466	578726253	1117572109
(1R)- (+)-α-Pineno	007785-70-8	ND	ND	23033134	ND
γ-terpineno	000099-85-4	ND	ND	11454672	ND
Terpinoleno	000586-62-9	109122980	69725635	34226311	ND
p-cimeno	000099-87-6	ND	ND	54812984	ND
α-Pineno	000080-56-8	ND	ND	15789649	ND
α-terpineno	000099-86-5	ND	44953478	ND	ND
β-Pineno	000127-91-3	ND	46952323	ND	ND
Sabineno	003387-41-5	ND	ND	6005959	ND
δ-cadineno	000483-76-1	ND	ND	8416312	ND
γ-cadineno	039029-41-9	ND	ND	10631986	ND
γ-muroleno	030021-74-0	ND	ND	10631986	ND
β-Felandreno	000555-10-2	ND	46533380	ND	ND
α-tujeno	002867-05-2	ND	ND	7662211	ND
Ylangeno	014912-44-8	ND	ND	26381282	ND
3-Careno	013466-78-9	ND	33018195	ND	ND
Calameneno	073209-42-4	ND	ND	8928391	ND
α-cadinene	024406-05-1	ND	ND	10255447	ND
Estragol	000140-67-0	ND	26921196	ND	ND
Anetol	000104-46-1	ND	26921196	ND	ND

HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

El limoneno, caracterizado por tener un agradable olor a limón, es considerado el terpeno predominante y más abundante en las harinas, principalmente en HLCRV, y masas de lenteja (MLCRR, MLCOR y MLCOV). 3-careno en HLCOR, α -Pineno en HLCRV, MLCRV, MLCOR y MLCOV y β -Pineno en HLCOR, MLCRR MLCOR y MLCRV, D-limoneno se presentó en todas las harinas y masas de lenteja. Se encontraron terpenos, incluidos 3-careno, α -Pineno y β -Pineno, D-limoneno en frijoles blancos crudos y tratados térmicamente, frijoles rojos, lentejas y guisantes verdes y amarillos (Karolkowski et al., 2021). El estragol tiene notas dulces, se demostró su presencia en HLCOR y MLCOV.

Tabla 19 Terpenos identificados en masas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	MLCRR	MLCOR	MLCRV	MLCOV
TERPENOS					
β -mircenol	000123-35-3	51204609	34955413	9040584	38715371
Linalool	000078-70-6	35174704	ND	ND	ND
D-Limoneno	005989-27-5	1708206247	3026820112	667751003	2698787374
Limoneno	000138-86-3	1708206247	3026820112	374855240	2698787374
(1R)- (+)- α -Pineno	007785-70-8	ND	34056506	13789234	22373857
γ -terpineno	000099-85-4	78018098	54244007	ND	45773672
Terpinoleno	000586-62-9	66401972	ND	ND	ND
L-beta-pineno	018172-67-3	15821459	ND	ND	ND
α -Pineno	000080-56-8	ND	23138302	18681892	22373857
α -terpineno	000099-86-5	46265396	ND	ND	ND
β -Pineno	000127-91-3	22066499	21869811	26939076	ND
Acetato de terpenilo	000080-26-2	148116841	ND	ND	ND
Delta-3-Careno	000498-15-7	48867981	ND	ID	ND
Estireno	000100-42-5	10842027	10837748	7653400	11552540
p- α -dimetilestireno	001195-32-0	91311444	ND	ND	ND
β -Felandreno	000555-10-2	ND	48727710	ND	35367638
3-Careno	013466-78-9	29244466	ND	3807111	ND
Eugenol	000097-53-0	ND	ND	10801158	ND
Estragol	000140-67-0	47111387	3085078	ND	ND

MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

En el presente estudio los terpenos fueron la familia química predominante en las masas de lenteja y después en las harinas de lenteja, en la literatura se ha reportado que entre las diferentes legumbres (soja, frijol, garbanzo, haba) las lentejas tuvieron el mayor número de terpenos (Khrisanapant et al., 2019). La HLCRV presentó el mayor contenido de terpenos (16), después de la cocción se redujeron a 3, en tanto que MLCRV y MLCOV fueron 9, solo 6 compuestos fueron los mismos, en HLCRR se registraron 3 terpenos, por el tratamiento térmico aumento en HLCOR un total de 10 y en las masas sucedió lo mismo, MLCRR a 14 y MLCOR 9 terpenos.

Éteres

Los éteres en la MA harina y masa identificados en la presente investigación (Tablas 20 y 21) no se han reportado anteriormente en la literatura, aunque presentan actividad aromática, por ejemplo, el difenil éter tiene descriptores florales y metálicos, identificado en HLCRR, HLCOR, HLCOV, MLCRR y MLCOR.

Tabla 20 Éteres identificados en harinas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	HLCRR	HLCOR	HLCRV	HLCOV
ÉTERES					
Difenil éter	000101-84-8	28927123	25935647	ND	42082668
Éter terc-butilmetílico	001634-04-4	ND	ND	52276818	ND

HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

Tabla 21 Éteres identificados en masas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	MLCRR	MLCOR	MLCRV	MLCOV
ÉTERES					
Difenil éter	000101-84-8	ND	ND	ND	13840290

MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

Ésteres

Los ésteres detectados en la MA harinas y masa se pueden observar en las Tablas 22 y 23. El acetato de etilo estuvo presente en mayor abundancia en HLCRR, HLCOV comparado con MLCOR y MLCOV, este compuesto tiene un olor a éter y brandy y un sabor dulce y afrutado y también ha sido reportado en soja, guisantes y frijol, ácido hexanóico, metil éster se encontró en HLCRV y se ha identificado en guisantes, tienen un olor a éter y piña (Azarnia et al., 2012).

Tabla 22 Ésteres identificados en harinas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	HLCRR	HLCOR	HLCRV	HLCOV
ESTÉRES					
Acetato de etilo	000141-78-6	169831424	ND	ND	27830643
Ácido butanóico, 2-metil, etil éster	007452-79-1	76192080	ND	ND	ND
Ácido butanóico 3-metil, etil éster	000108-64-5	46255715	ND	ND	ND
Ácido propanoico, 2-metil, etil éster	000097-62-1	23165431	ND	ND	ND
1-butanol, 3-metil-, acetato	000123-92-2	24959582	ND	ND	ND
Ácido decanoico, etil éster	000110-38-3	75726567	ND	ND	ND
Ácido hexanóico, metil éster	000106-70-7	ND	ND	9188551	ND
Ácido formico, hexil ester	000629-33-4	ND	ND	208439495	ND
Ácido hexanóico, etil éster	000123-66-0	ND	ND	35742304	ND
Ácido acético, hexil éster	000142-92-7	ND	ND	43639285	ND
Ácido benzoico, metil éster	000093-58-3	ND	ND	ND	11293588
Ácido benzoico, etil éster	000093-89-0	ND	ND	13733716	ND
Ácido butanóico, etil éster	000105-54-4	ND	ND	ND	23476023
Ácido butanóico, metil éster	000623-42-7	ND	ND	12920032	ND
Acetato de butilo	000123-86-4	ND	ND	5887553	ND
Ácido benzoico 2-amino metil éster	000134-20-3	16517249	13853897	ND	17591556
Palmitato de isopropilo	000142-91-6	ND	ND	9748865	ND
Ftalato de dibutilo	000084-74-2	ND	ND	ID	ND
Ácido hexanóico	000142-62-1	633129281	ND	ND	ND
Homosalato	000118-56-9	ND	ND	1542725	ND
3-hexenilacetato	003681-71-8	ND	75218623	84834642	117642104
Ácido acético	000064-19-7	474364613	14416075	ND	26646700
Acetato de trans-3-hexenilo	003681-82-1	ND	ND	ND	117642104

HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

En HLCRR se observan 9 ésteres mientras que en HLCOR se pierden y solo se identificaron 3, MLCRR tuvo 5 y en MLCOR 8, en HLCRV fueron 10 y en HLCOV también se perdieron quedando 7 ésteres, MLCRV tuvo 4 y en MLCOV 7.

Tabla 23 Ésteres identificados en masas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	MLCRR	MLCOR	MLCRV	MLCOV
ÉSTERES					
Acetato de etilo	000141-78-6	ND	9812627	ND	7926943
Dihidrojasmonato de metilo	024851-98-7	ND	ND	16334464	ND
Salicilato de metilo	000119-36-8	ND	ND	5959607	5157327
1-butanol, 3-metil-, acetato	000123-92-2	ND	18960652	ND	11561159
Formic acid, 1-methylethyl éster	000625-55-8	ND	2290676	ND	ND
Ácido hexanóico, etil éster	000123-66-0	81916106	ND	ND	ND
Ácido butanóico, etil éster	000105-54-4	ND	23901725	ND	22079830
Ácido benzoico 2-amino metil éster	000134-20-3	10095330	11116688	15635008	12278996
Ácido acético	000064-19-7	9614689	10029133	ND	12628473
Acetato de trans-3-hexenilo	003681-82-1	35062354	31973716	ND	ND
3-hexenilacetato	003681-71-8	62299397	31973716	52480725	27409306

MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

Hidrocarburos

En las harinas y masas de lenteja se encontraron hidrocarburos (Tablas 24 y 25). El diclorometano estuvo presente en HLCOR y MLCOR, este compuesto se produce por la exposición a compuestos orgánicos clorados, es un compuesto natural en las plantas, según se reporta, los alcanos volátiles contribuyen al olor o sabor deseable de las judías verde y los guisantes (Azarnia et al., 2012).

Tabla 24 Hidrocarburos identificados en harinas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	HLCRR	HLCOR	HLCRV	HLCOV
HIDROCARBUROS					
2-Dodecenal, (E)-	020407-84-5	ND	ND	ND	29400343
Diclorometano	000075-09-2	ND	9093605	ND	ND

HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

Tabla 25 Hidrocarburos identificados en masas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	MLCRR	MLCOR	MLCRV	MLCOV
HIDROCARBUROS					
1-Octene	000111-66-0	ND	ND	1820945	ND
Diclorometano	000075-09-2	ND	7037595	ND	ND

MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

Compuestos de azufre

Los compuestos azufrados identificados en harinas y masas se reportan en Tablas 26 y 27. Estos compuestos se encuentran naturalmente en los alimentos y pueden formarse durante el procesamiento térmico y el almacenamiento. Los compuestos que contienen azufre generalmente tienen un sabor muy activo debido a sus bajos umbrales de sabor y olores característicos.

Tabla 26 Azufrados identificados en harinas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	HLCRR	HLCOR	HLCRV	HLCOV
AZUFRADOS					
Metanotiol	000074-93-1	ND	21968056	ND	15231680
Metional	003268-49-3	ND	21968056	ND	ND
Dimetil sulfuro	000075-18-3	ND	46113258	ND	81743196

HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

El dimetil sulfuro se identificó en HLCOR, HLCOV, MLCRV y MLCOV, tiene un olor intenso y difuso a cebolla, fue el compuesto predominante encontrado en las legumbres como guisantes verdes crudas y en judías verde cocidas, se ha reportado que resulta de la descomposición del metanotiol.

Tabla 27 Azufrados identificados en masas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	MLCRR	MLCOR	MLCRV	MLCOV
AZUFRADOS					
Metanotiol	000074-93-1	ND	17065347	ND	ND
Disulfuro de dipropilo	000629-19-6	ND	3285896	ND	ND
Dimetilsulfóxido	000067-68-5	ND	ND	14565487	ND
Dimetil sulfuro	000075-18-3	ND	ND	70940553	77037553

MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

El metanotiol, se detectó en HLCOR, HLCOV y MLCOR tiene un olor desagradable a repollo o ajo en descomposición, se encontró en muestras crudas y tratadas térmicamente de judías blancas, rojas, frijol, lenteja verde y guisante amarillo (Azarnia et al., 2012).

Compuestos nitrogenados

Los nitrogenados fueron compuestos minoritarios en la MA harina y masa (Tablas 28 y 29). Se detectó metilpirazina en HLCRR, las pirazinas tienen baja presión de vapor y un olor intenso y contribuyen a la deseable sabores y aromas de vegetales frescos (Xu et al., 2019). El pirrol fue un compuesto dominante que se encontró tanto en HLCOR, HLCRV, HLCOV y en sus masas MLCOR, MLCRV y MLCOV, siendo mayoritario en las matrices alimentarias tratadas térmicamente.

Tabla 28 Nitrogenados identificados en harinas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	HLCRR	HLCOR	HLCRV	HLCOV
NITROGENADOS					
Piridina	000110-86-1	2267617	ND	ND	ND
Metilpirazina	000109-08-0	17935151	ND	ND	ND
Pirrol	000109-97-7	ND	15017206	7359905	29706203

HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

En HLCRR se detectaron 2 compuestos nitrogenados, solamente uno en HLCOR, MLCOR, HLCRV, HLCOV, MLCRV y MLCOV.

Tabla 29 Nitrogenados identificados en masas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	MLCRR	MLCOR	MLCRV	MLCOV
NITROGENADOS					
Pirrol	000109-97-7	ND	6797442	3218960	5146655

MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

Compuestos aromáticos

Los compuestos aromáticos (compuestos cíclicos que contienen un determinado número de dobles enlaces) están presentes en una amplia variedad de alimentos en pequeñas cantidades. En semillas de legumbres se originan a partir de la oxidación de ácidos grasos insaturados, incluyen a los compuestos bencénicos y furanos, tales como tolueno, etilbenceno, estireno y furanos (Viana & English, 2021). Se observan en las Tablas 30 y 31.

Tabla 30 Compuestos aromáticos identificados en harinas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	HLCRR	HLCOR	HLCRV	HLCOV
FURANOS					
2-Metilfurano	000534-22-5	ND	ND	29911549	ND
2-Pentilfurano	003777-69-3	ND	25645955	ND	32419712
2-Etilfurano	003208-16-0	ND	1405511	7575784	5363081
BENCÉNICOS					
Tolueno	000108-88-3	47227788	57737461	32737611	31762748
1,3-dimetilbenceno	000108-38-3	8501088	65397779	18419167	26729353

HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

Se detectó 2-metilfurano en frijol blanco, rojo, lentejas verdes y guisantes amarillos. Otros furanos, por ejemplo, 2-etilfurano, que tiene un olor potente, dulce y quemado aparecieron después del tratamiento térmico. Se encontró que 2-metilfurano y tolueno son los compuestos aromáticos más abundantes en los guisantes amarillos. También se detectaron otros aromáticos, estireno que tiene un característico olor dulce, balsámico casi floral, se ha informado en varios cultivares de guisantes, frijoles y lentejas. Los diferentes niveles de oxidación de los ácidos grasos insaturados como resultado del procesamiento térmico pueden explicar las diferencias observadas en la formación de compuestos aromáticos en las muestras de lenteja estudiadas (Krause et al., 2022).

Tabla 31 Compuestos aromáticos identificados en masas de lenteja verde y roja.

COMPUESTO	CAS	MLCRR	MLCOR	MLCRV	MLCOV
FURANOS					
2-Metilfurano	000534-22-5	43572010	ND	63212196	ND
2-Etilfurano	003208-16-0	ND	807287	10991355	1231963
BENCÉNICOS					
Tolueno	000108-88-3	111238056	28323731	30308415	23231851

MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCOV: Masa de lenteja cocida verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja, MLCOR: Masa de lenteja cocida roja. CAS: número de identificación único para compuestos químicos, ND: no detectado.

En HLCRR se registraron 2 compuestos aromáticos, en HLCOR aumentó a 5 ya que se generaron furanos que en la harina cruda no se detectaron, en MLCRR y MLCOR fueron dos compuestos aromáticos. En HLCRV y HLCOV fueron 4, en MLCRV se perdió uno y en MLCOV dos.

II.5.2 Perfil tecno-funcional de la harina y masa de lenteja verde y roja.

Matriz Alimentaria Harina de Lenteja

Índice de tamaño de partícula (ITP) y Densidad aparente (DA). En la Tabla 32 se observan los resultados referentes al tamaño de partícula y la densidad aparente de las harinas de lenteja de las variedades verde y roja. Los resultados indican que el mayor porcentaje de retención de las harinas de lenteja crudas y cocidas fue en la malla no. 60, indicando un tamaño de partícula de 0.25 mm, no se presentaron diferencias significativas entre las harinas crudas y cocidas. Una harina con alta uniformidad de granulometría promueve una mejor calidad sensorial en características como textura, sabor y apariencia visual al producto final, ya que absorbe el agua homogéneamente (Dussán-Sarria et al., 2019). En harina de garbanzo, frijol y maíz se reportó un ITP menor al de harina de lenteja con una retención del 69.53 %, 32.89 % y 48.15 % en malla no. 100, indicando un tamaño de 0.15 mm obtenido del proceso molienda (Hernández-Olivas et al., 2016).

Tabla 32 Tamaño de partícula y densidad aparente de harina de lenteja verde y roja

<i>Harina lenteja</i>	<i>TP (%)</i>	<i>DA (g/mL)</i>
HLCRR	78.90 ± 2.12a	0.70 ± 0.03a
HLCOR	67.80 ± 14.42a	0.67 ± 0.06a
HLCRV	62.90 ± 5.23a	0.78 ± 0.04a
HLCOV	57.80 ± 9.05a	0.73 ± 0.04a

HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja, HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde. TP: Tamaño de partícula, DA: Densidad aparente. Los datos se expresan como la media ± desviación estándar. Medias con letras difieren significativamente (P<0.05).

Con respecto a la densidad aparente esta se define como la masa de muchas partículas de material harinoso dividida por el volumen total que ocupan, está relacionada con las propiedades tecno-funcionales, cuanto más baja sea la DA de un producto, mayor porosidad presentará, esto a su vez se relaciona con una mayor retención de agua (Rachel, 2012). La DA entre las harinas crudas HLCRR y HLCRV y cocidas HLCOR y HLCOV no presentó diferencias estadísticas significativas, sin embargo, las harinas de la variedad verde tienen una mayor DA y cuando la harina procede de la lenteja llevada a cocción, se observa una disminución de la DA. Otros autores encontraron una DA en harina de lenteja crudas de (0.81 y 0.83 g/mL), en lenteja pardina de (0.9 g/mL), en harina de lentejas extruidas de (0.72 y 0.75 g/mL) y en harina de lenteja cocida de (0,51 g/mL) (Pasqualone et al., 2021). En harinas de otras legumbres se encontraron valores similares: frijol pinto, frijol rojo, frijol arándano, frijol negro y garbanzo (0.68, 0.56, 0.54, 0.51 y 0.57 g/mL) (Siddiq et al., 2013)

La DA de las harinas podría usarse para determinar sus requisitos de manipulación, también es importante mencionar que este indicador puede cambiar dependiendo de la variedad de lenteja que se trate, el tipo de molienda o procesamiento aplicado (Hernández et al., 2023). Valores altos de DA indican una granulometría fina en las harinas, influyendo en diversas propiedades, como su capacidad de absorción de agua y su comportamiento en la integración con otros ingredientes, así mismo puede influir en el tiempo de cocción/horneado (Villena-Carrión, 2023).

Capacidad de absorción de agua (CAAS), Índice de absorción de agua (IAA) e Índice de solubilidad en agua (ISA).

En la Tabla 33 se presentan los resultados obtenidos para CAAS, IAA e ISA. En los resultados se aprecian diferencias significativas entre la variable CAAS de las harinas de lenteja tratadas por cocción con un valor mayor con respecto a las harinas crudas de ambas variedades de lenteja. La capacidad de absorción de agua fue más alta en HLCOV y HLCOR (1.54 y 1.43 mL/g), que en HLCRV Y HLCRR (0.67 y 0.61 mL/g), dicho incremento puede atribuirse a la cocción de la semilla de lenteja independientemente de la variedad. Estos valores se asemejan a otros valores reportados para harina de lenteja

cocida (1.2 y 1.9 mL/g), sin embargo, para frijol se reporta un resultado más alto (3.3 mL/g). Estudios previos demuestran que el tratamiento térmico desnaturaliza a las proteínas generando cambios en su estructura tridimensional, al desplegarse se exponen más sitios hidrofílicos, facilitando la unión y absorción de moléculas de agua. Además, los carbohidratos por su naturaleza hidrofílica, la gelatinización del almidón y el hinchamiento de la fibra dietética también son contribuyentes a este incremento en la capacidad para absorber agua al ser sometidas a procesos térmicos.

Un contenido alto de fibra (HLCOV 38.68 % y HLCOR 31.49 %) (Tabla 8) presenta relación con la capacidad de absorber agua (García et al., 2019). Es importante mencionar que la DA y TP son variables que pueden influir en CAAS, ya que una harina con DA alta y TP gruesa requieren una mayor cantidad de agua para lograr una consistencia similar a una harina con DA y TP bajo (Herrero, 2022).

Tabla 33 Capacidad de absorción de agua subjetiva, índice de absorción y solubilidad de agua en harina de lenteja verde y roja.

<i>Harina lenteja</i>	<i>CAAS (mL/g)</i>	<i>IAA (g/g)</i>	<i>ISA (%)</i>
<i>HLCRR</i>	0.61 ± 0.01b	3.68 ± 0.07c	19.20 ± 2.10a
<i>HLCOR</i>	1.43 ± 0.05a	4.09 ± 0.06a	9.71 ± 0.61c
<i>HLCRV</i>	0.67 ± 0.03b	3.63 ± 0.07c	15.28 ± 0.83b
<i>HLCOV</i>	1.54 ± 0.01a	3.89 ± 0.04b	8.93 ± 0.71c

HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja, HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde. CAAS: Capacidad de absorción de agua subjetiva, IAA: Índice de absorción de agua, ISA: Índice de solubilidad de agua. Los datos se expresan como la media ± desviación estándar. Medias con letras difieren significativamente (P<0.05).

En referencia al IAA en harinas de lenteja verde y roja, crudas y cocidas, las harinas evaluadas presentaron valores en un rango de 3.63 a 4.09 g/g. En la HLCOV y HLCOR se obtuvieron valores significativamente mayores de IAA (3.89 y 4.09 g/g) comparado con las harinas de lenteja cruda HLCRR y HLCRV (3.63 y 3.68 g/g). Este incremento en el IAA está directamente relacionado con el tratamiento térmico, sin embargo, con relación a la variedad roja llevada a cocción, esta obtuvo el mayor valor con respecto al resto de los tratamientos para dicha variable. Debido al efecto de la temperatura existe

un aumento en el contenido de humedad e incremento en la absorción de agua, debido al cambio estructural generado en las moléculas de almidón, proteínas y fibra. Resultados similares fueron observados en harina de lenteja cruda (3.51 g/g) y en harina de lenteja extruida (4.10 g/g) (Pasqualone et al., 2021). En harinas de otras legumbres se encontraron valores menores: harina de frijol pinto y blanco crudo (1.41 a 2.51 g/g) y en cocido (2.10 a 3.09 g/g) (Simons, 2017; Sidding et al., 2013).

Por otro lado, en harinas de legumbres crudas se reportaron valores mayores a los de la presente investigación, lenteja (4.76 g/g), frijol negro (4.40 g/g), frijol rojo (4.79 g/g), garbanzo (6.13 g/g) (Shuang-kui et al., 2013). El aumento en IAA está relacionado con la CAAS, proporcionando mayor estabilidad de las harinas durante el procesamiento, obteniendo productos finales con textura más suave (Contreras, 2015).

Con relación al ISA, este se utiliza como medida para la degradación del almidón; significa que al presentar un valor más bajo hay una degradación menor del almidón y tal condición conduce a menor número de moléculas solubles en las harinas. Un contenido de humedad alto puede disminuir la desnaturalización de proteínas y degradación del almidón (Jabeen et al., 2018). En las harinas de lenteja analizadas, el ISA osciló entre 8.93 % y 19.20 %. Las HLCOV y HLCOR presentaron valores más bajos (8.93% y 9.71 %) en comparación con HLCRV y HLCRR (15.28 % y 19.20 %), este comportamiento destaca la relación que existe entre las harinas cocidas que tienen un porcentaje de humedad mayor que las harinas crudas, debido al cambio estructural generado en los gránulos de almidón, proteína y fibra por efecto de la temperatura, relacionándose a su vez con el aumento en su IAA y CAAS.

Los resultados reportados en otras investigaciones para harinas de lenteja crudas indican valores de ISA de (20.17 % - 26.15 %) y en extruidas (23.83 % – 24.80 %) (Pasqualone et al., 2021) con similitud a los obtenidos en la presente investigación. En otras legumbres se registran ISA para garbanzo de 24.08 %, frijol rojo 21.69 %, frijol blanco 25.92 %, frijol negro 20.97 %, frijol pinto 19.44 % y frijol ojo negro 25.04 % (Shuang-kui et al., 2013). En harina cruda y cocida de frijol pinto los valores de ISA presentan el mismo comportamiento con los del presente estudio 27.32 y 10.4 % (Simons, 2017). De acuerdo con (Sánchez, 2014) la disminución en el ISA es

considerado favorable, mejorando la textura final del producto y evitando la pérdida de nutrientes solubles en agua durante el procesamiento.

Matriz Alimentaria Masa de Lenteja

La tecno-funcionalidad de la matriz alimentaria masa obtenida por rehidratación de la harina de lenteja se presenta a través de la consistencia de la masa y el análisis del perfil de textura.

Consistencia de la masa. Las masas recibieron una calificación de acuerdo con la consistencia después de hidratar la harina y obtener una masa moldeable y homogénea (ver Apartado II.4). Cabe destacar que las masas elaboradas a partir de la harina de lenteja cocida para las dos variedades requirieron de un mayor contenido de agua para alcanzar una buena consistencia. La adición de agua para cada harina fue la siguiente: HLCRV (192 mL), HLCOV (462 mL), HLCRR (182 mL) y HLCOR (419 mL), las masas provenientes de las harinas cocidas (MLCOV y MLCOV) obtuvieron una calificación de 1 debido a su consistencia buena, mientras que MLCRV y MLCRR presentaron una calificación de 2 por presentar una consistencia regular. Las masas procedentes de harina cocida necesitan el doble de agua para formar una buena masa HLCOR (419 mL) y HLCOV (462 mL), lo que puede deberse a que por efecto de la temperatura aumenta el porcentaje de almidón dañado y el grado de gelatinización, por lo que su capacidad de absorción de agua es mayor (Contreras, 2015)..

Las harinas de legumbres se pueden utilizar solas o en combinación con cereales, por lo tanto, la forma en que las harinas pueden funcionar en un alimento específico es relevante. Las propiedades fisicoquímicas de las harinas presentan modificaciones debidas a la temperatura utilizada en la cocción, inducen específicamente cambios en el color, el contenido de fibra dietaria y el contenido de aceite, el cual en el presente estudio solo aumentó en la variedad roja por el tratamiento térmico. Estos cambios pueden estar directamente relacionados con las propiedades tecno-funcionales, el tamaño de partícula es un factor para determinar la densidad aparente de las harinas, en presencia de lípidos, las moléculas tienden a compactarse más porque los triglicéridos actúan como

adhesivos en la aglomeración de moléculas de carbohidratos y proteínas (ya sea solos o juntos) permitiendo una mayor densidad aparente, lo cual se observó en las harinas de la variedad verde que presentaron un mayor tamaño de partícula y contenido de aceite. Las harinas con bajo contenido de aceite disminuyen la densidad aparente, en este caso se observó en las harinas de la variedad roja (HLCRR y HLCOR).

La disminución de la densidad aparente en las harinas con bajo contenido graso serían útiles cuando se desean harinas livianas con más volumen, tal es el caso de las formulaciones de alimentos infantiles (Joshi et al., 2015). La capacidad de absorción de agua está relacionada con la cantidad óptima de agua que se debe agregar a una masa antes de que se vuelva excesivamente pegajosa para procesar y poder lograr la consistencia deseada y crear un producto alimenticio de calidad (Iwe et al., 2016), las harinas tratadas térmicamente presentaron un valor más alto en la capacidad de absorción de agua, lo cual se encuentra relacionado con una mejor consistencia en comparación con las harinas en estado crudo, la CAA y el IAA, son importantes en volumen y consistencia de los alimentos, así como en aplicaciones de horneado (Awuchi et al., 2019).

Análisis de perfil de textura (ATP).

Con relación al análisis del perfil de textura (ATP) de la masa procedente de las harinas objeto del presente estudio, se muestran en la Tabla 34. El ATP consistió en la determinación de dureza, cohesión y adhesión. La cohesión es la fuerza que existe entre los enlaces internos de las distintas partículas que integran una matriz alimentaria. La masa de lenteja verde cruda rehidratada presentó una cohesividad de 0.21 N, disminuyendo a 0.12 N posterior al proceso de cocción. La masa de lenteja roja presentó una mayor cohesividad en estado crudo (0.24 N), disminuyendo de igual manera al ser sometida a cocción (0.15 N). Los resultados indican que el proceso de cocción fue estadísticamente significativo ($\alpha=0.05$), sin embargo, no se presenta diferencia significativa entre variedades. La disminución en este indicador es favorable ya que, a valores bajos de cohesión, la textura de un alimento terminado será mejor, al relacionarse con la suavidad/dureza que podría tener un alimento (Sánchez, 2014). Los resultados

obtenidos son inferiores a los reportados por (Cruz, 2008) en masa elaborada con diferentes marcas comerciales de harina de trigo comercial, reportando un rango de cohesividad de 0.312 a 0.551 N. Así mismo (Aparicio & Agudelo, 2018) reportan una cohesividad semejante a la obtenida en masa de lenteja y sagú (0.12 y 0.10 N). Por otro lado, (Cordero et al., 2022) reportaron una cohesividad mayor en harina de trigo (0.52 N). De acuerdo con (Hernández-Hernández et al., 2023) la cohesión está influenciada por la interacción entre almidón, fibra y proteínas, disminuyendo debido al cambio estructura generado por efecto de la temperatura.

Tabla 34 Perfil de textura: Cohesión, adhesión y dureza en la matriz alimentaria masa de lenteja.

<i>Masa lenteja</i>	<i>Cohesión (N)</i>	<i>Dureza (N)</i>	<i>Adhesión (N)</i>
MLCRV	0.21 ± 0.01a	21.41 ± 0.36a	5.33 ± 0.18a
MLCOV	0.12 ± 0.02b	18.87 ± 0.67b	2.83 ± 0.46b
MLCRR	0.24 ± 0.02a	17.15 ± 0.19c	5.87 ± 0.35a
MLCOR	0.15 ± 0.01b	15.41 ± 0.95d	3.64 ± 0.40b

HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja, HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde. Los datos se expresan como la media ± desviación estándar. Medias con letras difieren significativamente (P<0.05).

Por otra parte, la dureza se refiere a la fuerza necesaria para lograr una deformación determinada en el alimento, en este sentido la masa obtenida de la harina de lenteja cruda verde rehidratada tuvo una dureza mayor (21.41 N) que la correspondiente a la variedad roja (17.15 N). Por otro lado, la cocción genera una disminución de esta variable en la masa de harina rehidratada verde y roja (18,87 y 15.41 N) presentando una diferencia estadísticamente significativa ($\alpha=0.05$) entre variedades. La disminución en la dureza posterior al proceso de cocción se relaciona con la temperatura empleada y el efecto que genera sobre las estructuras del almidón, ya que al gelatinizar este polisacárido forma redes y confiere a la matriz alimentaria una dureza adecuada (Monter et al., 2023). Los valores obtenidos se asemejan a los reportados por López-Espíndola et al (2020) en masa de maíz nixtamalizada, reportando valores en un rango de 10.06 a 18.71 (N). Así mismo, Gasca-Mancera y Casas-Alencáster (2017) reportaron una dureza de 15.54 (N) en maíz nixtamalizado. Por otro lado, González et al., (2016) determinaron una dureza de 14.90 N para masa de sémola de trigo-chayotextle (70-30 %). Finalmente,

en un estudio realizado por (Noreña, 2022) al enriquecer con fibra mediante sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum*) por harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) reporta que, a mayor contenido de fibra, mayor dureza presentara una masa. Esta conclusión se relaciona con los valores obtenidos en el presente estudio, al presentar una mayor dureza en MLCRV y MLCOV con respecto a MLCRR y MLCOR debido al contenido de fibra superior en la variedad verde.

Finalmente, la adhesión es la fuerza requerida para separar la matriz alimentaria de una determinada superficie. La masa de harina de lenteja verde rehidratada presentó una mayor adhesión en estado crudo (5.33 N) disminuyendo a 2.83 N posterior a la cocción por ebullición. Comparativamente con la harina de lenteja roja cruda, presentó una adhesividad de 5.87 N, disminuyendo al ser sometida a cocción (3.64 N). Sin embargo, no se presenta diferencia estadísticamente significativa ($\alpha=0.05$) entre variedades. Al igual que la cohesividad, una disminución en adhesividad es considerada favorable, ya que una adhesividad elevada genera una matriz alimentaria difícil de manejar. Los valores obtenidos son superiores a los reportados por (Gasca-Mancera & Casas-Alencáster, 2017) e inferiores en masa de maíz nixtamalizado (2.46 N). Así mismo, (Aguirre & Salasar, 2021) reportaron una adhesividad ligeramente superior en harina de trigo 6.70 N. Por otro lado, (Aparicio & Agudelo, 2018) reporta valores semejantes en masa de trigo (4.46 N), quinua (3.61 N) y lenteja.

La adhesión en una masa está dada por el contenido de almidón y su interacción con proteínas y fibra (Herrera et al., 2023) esto puede estar relacionado con la diferencia presentada entre MLCRV y MLCOV con respecto a MLCRR y MLCOR, siendo superior en la variedad roja al presentar un mayor porcentaje de almidón. La adhesividad es una variable que genera alta viscosidad en masas, dificultando su manejo; por lo tanto, una disminución es considerado favorable (Sánchez, 2014).

II.6 Conclusión

Las propiedades fisicoquímicas de las harinas evaluadas son afectadas durante el procesamiento de la semilla, las modificaciones en el perfil fisicoquímico están

directamente relacionadas con la tecno-funcionalidad de las harinas, la temperatura utilizada en la cocción inducen cambios en el color, el AM aumentó en la variedad roja y disminuyó en la variedad verde, el contenido de aceite aumentó solo en HLCOR, y en las masas se redujo, relacionado en la interacción con compuestos volátiles que repercuten en el olor y sabor, se presentó un mayor contenido de FDT y humedad en las MA harina y masa cocidas de ambas variedades, aportando estabilidad en los alimentos modificando su estructura, densidad y textura lo cual está relacionado con la CAA y el IAA debido a una modificación en el almidón, una mayor absorción de agua aumentó el rendimiento de la masa, y favoreciendo una buena consistencia en la masa de ambas variedades por lo que la dureza, cohesión y adhesión en las harinas fue menor que en las harinas crudas, esto promueve mejor textura y suavidad. Las harinas cocidas presentan tecno-funcionalidad adecuada para obtener una matriz alimentaria (masa) útil para desarrollar nuevos productos. Factores adicionales que deben ser considerados en aplicaciones alimentarias incluyen el color, olor, sabor y textura por su impacto en la aceptación.

CAPÍTULO III. PERFIL SENSORIAL DE LAS MATRICES ALIMENTARIAS DE LENTEJA VERDE Y ROJA. CORRELACIÓN ENTRE EL PERFIL FÍSICOQUÍMICO Y TECNOLÓGICO Y EL PERFIL SENSORIAL DE LAS MATRICES ALIMENTARIAS DE LENTEJA DE DOS VARIEDADES.

III.1 Resumen

La harina de lenteja es una matriz alimentaria (MA) alternativa al consumo tradicional y puede utilizarse para desarrollar nuevos productos. Actualmente, no existen estudios que permitan conocer el perfil sensorial de la lenteja y sus MA, la lenteja tiene un aroma y sabor propios, cuando se somete a un tratamiento térmico hay cambios en sus características sensoriales (color, olor, sabor y textura) por lo que es importante determinar su perfil sensorial, existen diferentes metodologías para su establecimiento: pruebas afectivas que determinan la aceptación o nivel de agrado, y pruebas analíticas para generar descriptores del alimento evaluado. Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue definir el nivel de agrado de los principales atributos de las matrices alimentarias (harina y masa) de lenteja y producir, determinar y distinguir los atributos que identifican el perfil sensorial de dichas MA de lenteja verde y roja. La harina se obtuvo por molienda directa de lenteja verde (HLCRR) y roja (HLCRV) y por cocción de la lenteja verde (HLCOV) y roja (HLCOR). Las harinas fueron a su vez reconstituidas con agua para la obtención de masa de lenteja, a partir de harina cruda se obtuvo masa de lenteja cruda verde (MLCRV) y roja (MLCRR) y de la harina cocida, masa de lenteja cocida verde (MLCOV) y roja (MLCOR). Se realizó una prueba afectiva con jueces consumidores, evaluaron el nivel de agrado de las MA en una escala hedónica de 1 a 9 puntos, se desarrolló un Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA) mediante un panel de jueces entrenados que describieron los atributos de las MA, por último, se seleccionaron los compuestos volátiles asociados con descriptores de olor y sabor, y se relacionaron con los atributos generados en el QDA. Los resultados muestran que HLCOR y MLCOR tuvieron mayor nivel de agrado, relacionado con la identificación de los descriptores generados por el QDA y los compuestos volátiles que fueron para HLCOR olor a nuez, almendra y sabor a cacahuete (2-nonenal, hexanal, acetofenona y benzaldehído) y para MLCOR olor a nuez, grasa y sabor a papa y nuez (octanal, nonanal, geranilacetona). Por lo tanto, comprender el perfil sensorial de las MA de lenteja y sus variedades es esencial para explicar las preferencias de los consumidores por sus atributos sensoriales y que permitan conducir el desarrollo de productos alimenticios con aceptación en la dieta regular.

Palabras clave: Evaluación sensorial, Consumidores, Descriptores, Compuestos volátiles.

III.2 Estado del arte

Antecedentes de las pruebas sensoriales.

Las pruebas sensoriales de los alimentos cobraron importancia después de la Primera Guerra Mundial, ya que el ejército presentaba un estado de desnutrición después del combate, debido en parte, a que la comida de las cocinas militares carecía de atractivo sensorial, negándose a comerla. En 1953 el Instituto de Intendencia de Alimentos y Contenedores de las Fuerzas Armadas realizaron pruebas sensoriales en los alimentos y afirmaron que estas pruebas tuvieron un impacto en la mejora de la calidad sensorial de los alimentos para la población y las Fuerzas Armadas (Chambers, 2019).

Los análisis sensoriales descriptivos frecuentemente son realizados por expertos, como maestros cerveceros, catadores de vinos, perfumistas y saboristas con la finalidad de guiar el desarrollo de productos y el aseguramiento de la calidad. Con la introducción de nuevos productos en el mercado, surgió la necesidad de describir a los alimentos, de tal forma que se comenzaron a promover las pruebas sensoriales descriptivas para medir cuantitativamente la percepción sensorial de los atributos de los alimentos, desarrollando el método de perfil de sabor que demuestra que es posible obtener información sensorial mediante evaluadores capacitados, siendo un elemento clave en la ciencia sensorial (Chambers, 2019). El método se basa en analizar mediante un panel de 4 a 6 evaluadores la percepción de aroma, sabor y resabio de un producto, sus intensidades, orden de aparición e impresión general, sin embargo, la desventaja era que los datos no podían ser analizados estadísticamente.

Más adelante se desarrolló el perfil de atributos que implicó el uso de evaluaciones individuales de atributos visuales, táctiles y auditivos con el uso de categorías, escalas y análisis estadístico incorporado (Alba-Martínez, 2023). A mediados de la década de 1970 se desarrolló el método análisis descriptivo cuantitativo (QDA), en el que se analizaban los alimentos con individuos seleccionados y capacitados guiados por un líder, el panel generaba términos descriptivos y evaluaban las muestras con escalas de líneas no estructuradas y análisis estadístico. El QDA permitía obtener descripciones de las

diferencias de los alimentos, evaluación del rendimiento del panel y la variabilidad entre productos (Kemp et al., 2018).

Hábitos alimenticios y de compra de alimentos e insumos.

La dieta de cada persona depende de diversos factores, como su cultura, educación, medio ambiente y salud. Actualmente, debido al ritmo de vida acelerado, las comidas rápidas y los alimentos altos en calorías son una alternativa en la dieta de muchas personas. Hoy en día, los patrones dietéticos más comunes son: omnívoros, vegetarianos y veganos, este último ha ganado mayor popularidad. Además de los patrones dietéticos, surgen tendencias como: dieta baja en carbohidratos, alta en grasas y alta en proteínas. Independientemente del tipo de dieta o de las elecciones que se hagan, los sabores y gustos son atributos clave para saborear la comida (Latham, 2002). En un estudio se mostró que la principal influencia en la elección de alimentos es el sabor, seguido del costo. Los alimentos más atractivos para el consumidor tienen sabores dulces, salados y grasos, en tanto que los menos atractivos son los sabores amargos (Hernández et al., 2018).

Por otra parte, los consumidores al contar con una mayor conciencia sobre el efecto de los hábitos alimentarios en la salud, demandan opciones más saludables, por lo que, para satisfacer estas demandas, se han desarrollado productos alternativos bajos en grasas, azúcar, sodio, libres de alérgenos y ricos en proteínas. En la tendencia actual, dirigida hacia el alto consumo de proteínas, resaltan las proteínas vegetales como la de soja y de los guisantes formando parte de la formulación de diversos productos alimentarios (Loyola, 2021). Sin embargo, los consumidores esperan que estos productos además de tener un aporte nutricional importante, sean agradables al degustarlos o que sus propiedades sensoriales sean igual o parecidas a sus homólogos habituales. Los productos a base de proteínas vegetales tienden a tener malos sabores, mientras que, en los productos con contenido reducido de azúcar, el almidón o la dextrina cambian la matriz del producto y alteran el predominio de los atributos de sabor. Por lo tanto, los productos más saludables tienden a tener mal sabor o carecen de la

experiencia sensorial (aroma, sabor y sensación en la cavidad bucal) que se encuentra en un producto calórico regular (Murillo, 2020).

Así, la evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para analizar, interpretar y medir características particulares de los alimentos de acuerdo con su percepción por los sentidos: olfato, oído, vista y gusto. La correcta reproducción de los datos se logra mediante la degustación de alimentos llevada a cabo en varias sesiones, con el objetivo de evaluar su calidad sensorial y comparar su similitud con otros productos (Espinosa, 2007). A través de sus sentidos, el ser humano desde que tiene uso de razón emplea consciente o inconscientemente el análisis sensorial con la finalidad de aceptar o rechazar un alimento. Los criterios de aceptación y rechazo de un alimento dependerán de la percepción de cada persona, por lo que obtener datos homogéneos y confiables conlleva un grado de dificultad elevado al implementar una evaluación sensorial (Apaza, 2023).

Las lentejas, como las legumbres en general, destacan por su alto contenido de proteína, fibra, minerales y vitaminas, siendo superior al presente en otros alimentos. Además, las lentejas son fáciles de cultivar y económicas, sin embargo, los hábitos alimenticios y la compra de lenteja han presentado cambios significativos a lo largo del tiempo, disminuyendo debido a factores culturales, socioeconómicos, ambientales, cambio en el estilo de vida y preferencias culinarias en la población (Santos-Gómez, 2023).

Atributos sensoriales en alimentos.

Los atributos sensoriales son características particulares de cada alimento y se utilizan como herramienta para su evaluación, permiten la descripción de un producto en cuanto a su olor, textura, sabor y color (Gómez et al., 2023). La apariencia de los alimentos evoca expectativas sobre sus propiedades saciantes, mejorando o no su aceptabilidad. El color es uno de los primeros elementos que se observan en la apariencia de un producto alimenticio. Los consumidores desde su nacimiento asocian los colores con alimentos y los equiparan con sabores y gustos a lo largo de su vida (Álvarez et al., 2022).

El olor es debido a una sustancia volátil con características de aromaticidad que es percibida por el olfato. Simultáneo a la percepción del sabor se estimulan receptores olfativos desarrollándose la percepción del aroma, la cual es perceptible por el sistema olfatorio y la vía retronasal durante la degustación (García-Quiroga, 2013). El olor es importante en la aceptación y elección de alimentos. Si un olor indeseable es percibido o no corresponde a las expectativas, el producto será rechazado (Ponce, 2019). El sabor está relacionado con el gusto y el olfato, es una respuesta compuesta por diversas sensaciones y cuyo resultado es aceptar o rechazar un alimento (Wanjiru, 2018).

La textura de los alimentos es un indicador de calidad que afecta su aceptación, es la manifestación funcional y sensorial de las propiedades tanto mecánicas como estructurales detectadas por la vista, oído y tacto. Este atributo se relaciona con el espesor, cremosidad, firmeza, suavidad, entre otros. También es asociado con efectos de saciedad influyendo en su aceptación, ya que son alimentos que requieren de mayor masticación, aumentando la capacidad oro-sensorial debido al procesamiento intencionado y prolongado de los alimentos en la boca, bajo esta acción se liberan péptidos gastrointestinales, incrementándose la sensación de saciedad (Wanjiru, 2018). Cabe mencionar también que alimentos más espesos y masticables se relacionan con ser ricos en nutrientes, entre ellos carbohidratos y proteínas, además de fibrosos.

Algunos estudios realizados para determinar los atributos sensoriales de la lenteja y otras legumbres incluyen la evaluación de panelistas sobre el color, olor, textura y sabor, (Flores & Soto, 2017). Por otro lado, se ha investigado el efecto del procesamiento (germinación, cocción, extrudido y fermentación) sobre el sabor y textura, como parte de los atributos sensoriales en legumbres, logrando con ello mejorar su digestibilidad, sabor, textura y olor (Soledad, 2022). Otros estudios se han enfocado en evaluar la relación entre la composición nutricional y los atributos sensoriales, esto debido a la percepción de los consumidores sobre el sabor que tienen los alimentos elaborados a base de legumbres y que son altos en proteínas vegetales, fibra y carbohidratos (Nasser, 2024).

Pruebas sensoriales en alimentos.

En una evaluación sensorial, las pruebas aplicadas se seleccionan con base en el objetivo sensorial. Entre las pruebas de evaluación sensorial que existen se encuentran: pruebas discriminatorias, afectivas y descriptivas, las cuales tiene como objetivo conformar un panel de análisis sensorial. Es importante mencionar que pueden implementarse varias pruebas para identificar la apreciación del degustador sobre un alimento o sustancia (Shaun et al., 2016).

Las pruebas afectivas están conformadas por consumidores comunes quienes indican su nivel de agrado o preferencia por el alimento evaluado, estas respuestas son subjetivas, ya que el consumidor común carece de una capacitación previa para evaluar el alimento. *Las pruebas descriptivas* son aquellas donde participan jueces con un entrenamiento previo y funcionan como instrumentos de detección con el objetivo de cuantificar las diferencias presentes entre diversos productos. Los jueces señalan los descriptores que definen las características sensoriales de un alimento y a través de la prueba se describen los atributos sensoriales utilizando a su vez pruebas que establecen la intensidad de cada atributo y el sabor residual, así como olor y sabor general. Finalmente, *las pruebas discriminatorias* no precisan la sensación subjetiva que provoca un alimento, sin embargo, permiten establecer si existe alguna diferencia entre el alimento evaluado y otros ya existentes (Almora-Hernández et al., 2021). Forman parte de las pruebas discriminatorias: las pruebas de comparación apareada simple, triangular, dúo-trío, comparación múltiple y de ordenamiento (Cárdenas-Mazón et al., 2018).

Las pruebas sensoriales afectivas se pueden dividir en dos categorías básicas, pruebas cuantitativas y pruebas cualitativas, estas se centran en las respuestas de los consumidores (gusto, preferencia, emociones). Entre las pruebas cuantitativas existe la prueba de aceptación, la cual es referida como un método hedónico que, a través de un grupo de consumidores, en un lugar central, por ejemplo, un centro comercial, una escuela, un centro comunitario, evalúan individualmente los productos y responden a una serie de preguntas hedónicas, las cuales posteriormente permiten comprender las opiniones subjetivas emitidas. El diseño del método estará determinado por factores como: número de consumidores para obtener confiabilidad estadística en los resultados,

reclutamiento del consumidor, tipo de producto, número de productos, fatiga del producto, procedimiento de evaluación y entorno del lugar para la evaluación (Drake et al., 2023). Este tipo de paneles se lleva a cabo con panelistas inexpertos, son consumidores voluntarios con buen estado de salud. Se recomienda un mínimo de 80 a 100 consumidores para una evaluación de 2 a 4 muestras, cuando son más de cuatro muestras o muestras fatigantes, es posible implementar la evaluación en diferentes días o una presentación parcial (Meilgaard et al., 2016). Para la evaluación se aplica una escala hedónica de 1 a 9 puntos (desde “me gusta muchísimo” hasta “me desagrada muchísimo”). En cuanto al producto, debe ser presentado en forma anónima mediante la implementación de códigos de identificación, conformado por un número aleatorio de tres dígitos (Marful, 2019).

Entre las pruebas sensoriales objetivas o analíticas existe el análisis descriptivo cuantitativo (QDA) establecido bajo las especificaciones de las normas ISO 11035, ISO 8586. Es un método sensorial objetivo para caracterizar el perfil sensorial de un producto alimenticio, se lleva a cabo con individuos demostrado sensibilidad sensorial para uno o varios productos, es importante la edad, sexo, estado de salud, carácter y responsabilidad, afinidad con el material de prueba y la disponibilidad de tiempo. Generalmente participan entre 6 y 12 panelistas, estos evaluadores reciben capacitación para identificar y cuantificar los atributos sensoriales a través de escalas de intensidad apropiadas, los atributos pueden abordar aspectos sensoriales del producto: visual, auditivo, gustativo y olfativo, no existen puntos de vista subjetivos ni medidas de agrado (Drake et al., 2023). En la capacitación de los panelistas estos desarrollan un léxico sensorial establecido, cada atributo en el léxico tiene una descripción de su significado y generalmente una referencia alimentaria o química para ayudar al panel a identificar y/o escalar el atributo sensorial correcto (Marques et al., 2022). Los datos se analizan estadísticamente para abordar objetivos sensoriales analíticos específicos.

El perfil sensorial comprende la caracterización de los atributos de color, olor, sabor y textura percibidas en un alimento, proporciona una representación de los aspectos cualitativos y cuantitativos de la percepción humana, que permite la medición de la reacción sensorial a los estímulos generados por un producto, así como conocer la

preferencia y gusto por ciertos atributos (Peralta, 2022). Se han desarrollado diferentes tipos de perfiles sensoriales:

- Aceptabilidad de los atributos de textura de los productos a base de lentejas (Hamid et al., 2023).
- Diferencias en los brotes de semilla de lenteja verde según su apariencia, olor, sabor y textura (Troszyńska et al., 2011).
- Potencial del uso de la fermentación y la germinación para alterar las propiedades sensoriales de las bebidas a base de frijoles y lentejas (Cichońska et al., 2024).
- Efecto de la variedad de maíz y la nixtamalización sobre el perfil aromático de masa, harina y tortilla (García, L., 2016).
- Propiedades sensoriales de lentejas molidas cocidas y crudas fortificadas con concentraciones variables de Fe y Zn (Podder et al., 2020).
- Perfil sensorial descriptivo y aceptación general del consumidor en galletas enriquecidas con lentejas (Li, 2020).

Relación entre los atributos sensoriales y el perfil fisicoquímico de la lenteja.

La tendencia hacia los alimentos preparados y listos para el consumo ha estimulado el interés en el procesamiento de semillas de legumbres para la obtención de harinas, existen alternativas para utilizar legumbres y sus fracciones en el desarrollo de diversos productos alimenticios (panadería, cárnicos, sopas, purés, snacks extruidos, pastas, yogures y aderezos para ensaladas). Sin embargo, el contenido de compuestos antinutricionales y algunos sabores indeseables presentes en las legumbres son desafíos que deben abordarse en la formulación, ya que el sabor se considera un rasgo de calidad importante para determinar la aceptabilidad de los alimentos (Blajman & Zarate, 2020).

La harina de lenteja se produce moliendo semillas enteras o descascaradas, la cubierta de la semilla de lenteja suele tener un sabor amargo e indigerible, su eliminación mediante el descascarado mejora el sabor y la palatabilidad. Los métodos para procesar

la lenteja pueden influir en el color, la digestibilidad y textura, por ejemplo, la desnaturalización de proteínas y gelatinización del almidón (Dhull et al., 2023).

Los sabores frescos de las legumbres están asociados con compuestos naturales, el metabolismo de las plantas y los sabores producidos por la degradación enzimática durante la cosecha, el almacenamiento y el procesamiento. Los aldehídos y alcoholes volátiles son los principales compuestos químicos producidos tras la alteración física de los tejidos de las plantas comestibles, esto ocurre como resultado de la oxidación aeróbica de los ácidos linoleico y linolénico en presencia de lipoxigenasas y alcohol oxidoreductasa o por descomposición autooxidativa (Mejía & Díaz, 2023).

El sabor asociado con las legumbres cocidas, por ejemplo, olor verde, a frijol y terroso se debe a reacciones enzimáticas, no enzimáticas y químicas inducidas durante el procesamiento térmico dependiendo de la temperatura aplicada. Los compuestos químicos identificados hasta el momento incluyen aldehídos, alcoholes, cetonas y compuestos heterocíclicos, desempeñan un papel importante en la determinación de los perfiles de olor y sabor de las legumbres y pueden alterarse significativamente durante la cocción (Chigwedere et al., 2022). Asimismo, la aparición de nuevos compuestos químicos y los cambios en sus concentraciones durante el tratamiento térmico también podrían tener un impacto significativo en el olor y sabor del producto alimenticio terminado (Ma et al., 2016).

III.3 Objetivo

Producir, determinar y distinguir los atributos que identifican el perfil sensorial de los subproductos de lenteja de dos variedades.

Definir el nivel de agrado de los principales atributos de los subproductos de lenteja verde y roja.

Correlacionar el perfil fisicoquímico y tecno-funcional con el perfil sensorial de las matrices alimentarias de la lenteja de dos variedades.

III.4 Materiales y Métodos

Material de estudio

Se utilizó lenteja (*Lens culinaris* M.) de dos variedades: verde marca Verde Valle® y roja marca Lima Limón®. Se adquirieron en un supermercado local de la ciudad de Morelia y se trasladaron al laboratorio de Biotecnología “M.C. Víctor M. Rodríguez Alcocer” de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para su análisis. Se colectó el mismo lote de producción de las lentejas para la conformación de las matrices alimentarias: harinas y masas.

Obtención de las matrices alimentarias derivadas de las semillas de lenteja verde y roja.

Por cada variedad se formaron dos lotes de lenteja, el lote 1 estuvo formado por la semilla de lenteja en crudo y representó al control, el lote 2 correspondió a la semilla de lenteja sujeta a un proceso de cocción. A continuación, se describe el proceso mediante el cual se produjo harina y masa de lenteja de cada uno de los lotes descritos anteriormente.

Matriz alimentaria 1. Obtención de harina de lenteja.

Lote 1. La semilla de lenteja cruda se llevó a molienda en seco a un tamaño de partícula de 0.25 mm, se utilizó un molino eléctrico Goldenwall®. Las harinas obtenidas fueron: harina de lenteja cruda verde (HLCRV) y harina de lenteja cruda roja (HLCRR).

Lote 2. La lenteja se llevó a cocción en agua (relación 1 a 2) a una temperatura de 94°C. Preliminarmente se determinó el tiempo óptimo de cocción mediante una prueba subjetiva de dureza de la legumbre por suavidad de la lenteja al tacto, siendo de 5 minutos para lenteja roja y 15 minutos para lenteja verde. Una vez concluida la cocción de la lenteja, se llevó a secado en un deshidratador a 70° durante 12 horas hasta alcanzar una humedad del 10 %. La lenteja cocida deshidratada se trituró en un molino eléctrico Goldenwall® hasta un tamaño de partícula de 0.25 mm. La harina obtenida se colocó en bolsas selladas al vacío hasta su uso. Las harinas fueron clasificadas de la

siguiente manera: harina de lenteja cocida verde (HLCOV) y harina de lenteja cocida roja (HLCOR).

Matriz alimentaria 2. Obtención de masa de lenteja.

La harina obtenida de los lotes 1 y 2 se rehidrató con agua purificada mezclándose manualmente hasta formar una masa moldeable y homogénea, la consistencia adecuada se determinó tomando una fracción de masa, se oprimió con las palmas de las manos, si en la masa se formaban grietas indicaba que aún podía absorber más agua y si no había tales grietas la masa tenía la consistencia adecuada. Se pesaron 300 g de harina y se añadió en promedio para dos repeticiones la cantidad siguiente: HLCRR (184.5 mL), HLCRV (200 mL), HLCOR (430.5 mL) y HLCOV (463.5 mL).

Desarrollo del perfil sensorial de las matrices alimentarias de lenteja de las dos variedades seleccionadas.

Para desarrollar el perfil sensorial de las harinas y masas de lenteja variedad verde y roja, se seleccionaron ocho muestras de cada matriz alimentaria descrita anteriormente. Para esta etapa se trabajó con jueces entrenados, los cuales pasaron por un proceso de selección, capacitación y formación del panel para finalmente establecer un análisis descriptivo cuantitativo (QDA) de los atributos de sabor y olor en las matrices alimentarias de lenteja.

Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA).

El desarrollo del QDA se realizó de acuerdo con lo establecido en la norma ISO 11035 e ISO 8586 y se dividió en las etapas siguientes:

Preselección de jueces. Se realizó un reclutamiento interno mediante una convocatoria en el laboratorio de Biotecnología “M.C. Víctor M. Rodríguez Alcocer”, de la Facultad de Químico Farmacobiología de la UMSNH. A la convocatoria acudieron once personas interesadas (candidatos: ocho mujeres y tres hombres) para formar parte del grupo de jueces entrenados (panelistas). A las personas participantes se le explicó a detalle el

Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA) y a cada uno se les aplicó una entrevista para conocer su estado de salud y hábitos en general, el objetivo fue evaluar la aptitud de los candidatos para describir las percepciones sensoriales (olor y sabor), los candidatos con mayor grado de éxito se desempeñarán mejor en el entrenamiento.

Selección de los panelistas. A los candidatos para el estudio, incorporados en la preselección de jueces, se les aplicaron pruebas para determinar la agudeza sensorial con dos objetivos: familiarizar a los candidatos con los métodos del análisis sensorial y con los materiales que se emplean en las evaluaciones. Las pruebas utilizadas para determinar la agudeza sensorial fueron:

Prueba de emparejamiento.

Detección de sabores. Se prepararon muestras de materiales sápidos en concentraciones superiores al umbral de reconocimiento (Tabla 35) A cada muestra se le fijó un código numérico diferente de tres dígitos y escogido al azar. Se le presentó a cada candidato una muestra de cada tipo para que se familiarizaran con sus propiedades de sabor, mediante la degustación de las muestras.

Tabla 35 Sustancias y sus concentraciones utilizadas para la prueba de emparejamiento.

Sabor	Sustancias	Concentración en agua (g/L)
Dulce	Glucosa	16
Ácido	Ácido cítrico	1
Amargo	Cafeína	0.5
Salado	Cloruro de sodio	5

Posteriormente, se les presentó una serie de los mismos productos rotulados con diferentes números aleatorios de tres cifras. Se les solicitó que aparearan cada una de las muestras con las del conjunto original y que describieran la sensación que experimentaron. Ninguna de las muestras fue tan intensa como para producir efectos intensos duraderos e influir sobre los ensayos subsiguientes. Se dispuso de agua

purificada a temperatura ambiente sin olor, ni sabor para poder enjuagar la cavidad bucal entre una evaluación y otra. Los candidatos que obtuvieron menos del 80% de las respuestas correctas no fueron seleccionados.

Prueba para la discriminación entre niveles de intensidad de un estímulo.

Prueba de ordenamiento. En cada prueba se les presentó a los candidatos, en un orden aleatorio, cuatro muestras con diferentes intensidades de olor, y se les solicitó que las ordenaran en forma creciente según su intensidad. En la Tabla 36 se indica la sustancia empleada. Aquellos candidatos que invirtieron el orden de más de un par de muestras adyacentes fueron considerados inadecuados como jueces para este tipo de análisis.

Tabla 36. Sustancia y concentración utilizada para la prueba de discriminación olfativa.

<i>Prueba</i>	<i>Sustancia</i>	<i>Concentración en agua (g/L)</i>
<i>Discriminación olfativa</i>	Acetato de bencilo	0,05; 0,15g; 0,4; 0,7

La selección de los panelistas se estableció con base en los siguientes criterios: Interés, buen estado de salud y hábitos, disponibilidad de tiempo, compromiso, uso adecuado de los sentidos y capacidad para expresar los estímulos percibidos. De acuerdo con los criterios de selección y los aciertos de las pruebas realizadas mostrados en la Tabla 37 de los once candidatos participantes se seleccionaron a ocho personas como candidatos a jueces para llevar a cabo el entrenamiento correspondiente, estos fueron aquellos que obtuvieron las calificaciones más altas en ambas pruebas, 5 mujeres y 3 hombres, con edades entre 23 y 27 años.

Tabla 37 Pruebas de preselección para la conformación del panel entrenado.

Candidato	ACIERTOS (%)	
	Detección de sabores	Descripción de olores
1*	95	80
2*	95	73
3*	100	67
4*	100	93
5*	100	100
6	50	25
7	25	60
8	50	25
9*	100	100
10*	100	73
11*	100	80

Los candidatos marcados con un (*) fueron los seleccionados para realizar el entrenamiento.

Entrenamiento. Una vez seleccionados los candidatos a jueces, recibieron un entrenamiento que constó de tres etapas: **Primera etapa:** A los candidatos seleccionados se les presentaron las matrices alimentarias (harina y masa) de lenteja variedad roja y verde en la misma cantidad (10 g) durante 8 sesiones. Para cada matriz alimentaria los panelistas desarrollaron una lista de descriptores (atributos) para olor y sabor, primero de forma individual y después mediante una lluvia de ideas con todos los panelistas presentes, evaluando dos muestras por sesión, durante ocho sesiones con ocho panelistas. **Segunda etapa:** Se realizó la confirmación de atributos en las muestras a partir de la preparación de estándares de referencia para la identificación y verificación de cada uno de los descriptores anteriormente generados, se fijó una escala de 3 puntos de intensidad para los descriptores 3 intensidad baja, 7 intensidad media y 11 intensidad alta, los panelistas recibieron las muestras sin la escala correspondiente para que relacionaran la intensidad de olor y sabor que percibían, se realizaron sesiones hasta que no hubo variabilidad en los datos mediante el consenso y uniformización de los conceptos. Posterior a ocho sesiones de trabajo con cinco panelistas, el panel sensorial demostró tener el mismo nivel en las escalas de intensidad establecidas, ya que generó en común acuerdo sensorial, una lista única de los atributos de olor y sabor que describían mejor a cada muestra, logrando identificar la misma intensidad en cada descriptor propuesto. **Tercera etapa:** Para la obtención del Análisis Descriptivo

Cuantitativo (QDA), cinco jueces entrenados realizaron la evaluación sensorial de las harinas y masas de lenteja variedad verde y roja (Figura 6 y 7) con base en la lista de los descriptores de olor y sabor generada en la segunda etapa y calificaron la intensidad de cada atributo en una escala estructurada de 14 puntos, donde 0 indicó nula percepción y 14 la mayor intensidad (Figura 8) se presentaron 10 g de las muestras de harina y masa fueron evaluadas por triplicado de forma aleatoria y codificadas, por tres días consecutivos.



Figura 6 Panel de jueces entrenados evaluando la MA harina de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja.



Figura 7 Panel de jueces entrenados evaluando la MA masa de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja.

PANEL SENSORIAL DE HARINA DE LENTEJA

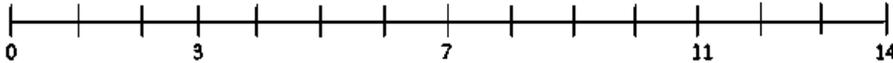
Nombre _____ Fecha _____

Instrucciones: oler y probar cada una de las muestras para indicar la intensidad de cada uno de los descriptores establecidos en la harina de lenteja.

➤ **HARINA CRUDA ROJA**

DESCRIPTORES DE OLOR:

CANELA



DESCRIPTORES DE SABOR:

ALMENDRA

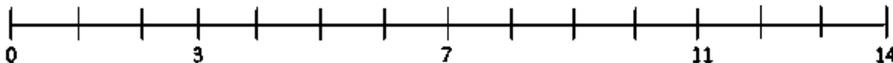


Figura 8 Formato de evaluación para la identificación de escalas para cada descriptor de olor y sabor en harina de lenteja.

Análisis estadístico.

Se desarrolló un análisis de componentes principales para determinar diferencias en la intensidad de los atributos evaluados para cada uno de las matrices alimentarias de lenteja utilizando para ello el paquete estadístico JMP 11. Se desarrollaron gráficos de telaraña para la formación de la huella aromática de cada matriz alimentaria mediante las evaluaciones de los atributos generados por el panel de jueces entrenados.

Relación entre los atributos de olor y sabor en el QDA y los compuestos volátiles identificados en las matrices alimentarias de lenteja verde y roja.

Se realizó una investigación de los descriptores de olor y sabor que caracterizan a cada compuesto volátil con actividad aromática y se relacionaron directamente con los descriptores generados por el panel de jueces entrenados (QDA).

Determinación del nivel de agrado de los principales atributos de las matrices alimentarias de lenteja verde y roja.

Evaluación sensorial con jueces consumidores. Se realizó una prueba afectiva y se evaluó el nivel de agrado de los atributos sensoriales (color, olor, sabor y textura) de las MA de lenteja variedad verde y roja a través de una escala hedónica de nueve puntos. La conformación del panel de jueces consumidores (no entrenados) fue de 100 personas, 60 mujeres y 40 hombres, entre 18 y 30 años.

Para llevar a cabo la prueba sensorial afectiva se dispuso de un espacio en el laboratorio de Biotecnología “M.C. Víctor M. Rodríguez Alcocer” de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Se determinó el nivel de agrado o desagrado de las muestras correspondientes de las harinas de lenteja (Figura 9) HLCRV, HLCRR, HLCOV y HLCOR, las muestras (10 g) se colocaron y presentaron en vasos de plástico codificados con tres dígitos aleatorios 217, 520, 806, 310, respectivamente. Las masas de lenteja (Figura 10) MLCRV, MLCRR, MLCOV y MLCOR (10 g) se presentaron en platos de unicel codificados con tres dígitos escogidos al azar, 903, 521, 313 y 846.



Figura 9 Representación de la evaluación del nivel de agrado en la MA harina de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja



Figura 10 Representación de la evaluación del nivel de agrado en la MA masa de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja.

La evaluación se realizó en una papeleta (Figura 11) a través de una escala hedónica de nueve puntos, que va desde “me gusta muchísimo” hasta “me desagrada muchísimo”, para calificar el nivel de agrado.

Evaluación sensorial

Nombre: _____ Sexo: _____ Edad: _____

Instrucciones: Se le presentan cuatro muestras codificadas, pruebe cada muestra e indique su nivel de agrado marcando el punto en la escala que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos.

MUESTRA 903

ESCALA/ATRIBUTOS	Color	Olor	Sabor	Textura
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho				
Me gusta				
Me gusta poco				
No me gusta ni me disgusta				
Me disgusta poco				
Me disgusta				
Me disgusta mucho				
Me disgusta muchísimo				

MUESTRA 521

ESCALA/ATRIBUTOS	Color	Olor	Sabor	Textura
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho				
Me gusta				
Me gusta poco				
No me gusta ni me disgusta				
Me disgusta poco				
Me disgusta				
Me disgusta mucho				
Me disgusta muchísimo				

Figura 11 Hoja de evaluación utilizada por jueces consumidores para la determinación del nivel de agrado de harinas de lenteja.

Análisis estadístico.

El análisis estadístico de los datos obtenidos en la prueba con jueces consumidores para las matrices alimentarias de lenteja se llevó a cabo mediante un análisis de varianza (ANOVA), utilizando la diferencia mínima significativa (LSD) y $\alpha=0.05$ para comparación de medias con el programa estadístico Minitab versión 21.4.1.

III.5 Resultados y discusión

III.5.1 Perfil sensorial de las matrices alimentarias de lenteja de dos variedades: Evaluación sensorial con jueces entrenados y Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA).

El panel de jueces entrenados quedó conformado a través de la capacitación referenciada en la metodología ISO 8586. El panel identificó satisfactoriamente cada uno de los descriptores de olor y sabor con sus diferentes escalas de intensidad en las matrices alimentarias de lenteja, con ello se procedió a obtener el análisis descriptivo cuantitativo (QDA).

Harinas y masas de lenteja variedades verde y roja en estado crudo.

Los descriptores y valores promedio de la evaluación del QDA de las harinas de lenteja cruda de la variedad verde y su respectiva MA masa (HLCRV, MLCRV), se presentan en la Tabla 38. Las calificaciones otorgadas en una escala de 0 al 14 por el panel sensorial de jueces entrenados, generaron para cada MA sus propios descriptores. En HLCRV se obtuvieron 2 atributos de olor y 3 atributos de sabor, la evaluación muestra que el atributo sabor chícharo obtuvo la mayor calificación, seguido del sabor amargo.

Tabla 38 Atributos de olor y sabor identificados en harina y masa de lenteja cruda variedad verde.

<i>Harina de lenteja cruda variedad verde</i>			
<i>OLOR</i>	<i>Promedio</i>	<i>SABOR</i>	<i>Promedio</i>
<i>Alfalfa</i>	5.3	<i>Chícharo</i>	7.5
<i>Harina de garbanzo</i>	5.9	<i>Frijol verde</i>	5.2

		Amargo	7.0
Masa de lenteja cruda variedad verde			
Pasto	5.1	Espinaca	6.9
Semilla calabaza	5.7	Harina de garbanzo	6.5
Calabacita	7.0		
Alfalfa	5.4		

El promedio se obtuvo por triplicado y se midió con una escala de intensidad de 14 puntos donde 0=ausencia y 14= alta intensidad.

En MLCRV se observa que al hidratarse la HLVC incrementa el número de descriptores de olor de 2 a 4, permaneciendo solamente el olor a alfalfa. En sabor disminuyen los descriptores de 3 a 2, siendo diferentes entre ambas matrices, solamente comparten el descriptor harina de garbanzo que en HLCV es en olor y en MLCV en sabor. Los valores promedio más altos en la evaluación fueron el descriptor olor calabacita y sabor espinaca. En la MA masa no se reportó el atributo olor harina garbanzo, sin embargo, el panel sensorial identificó otros atributos como calabacita, pasto y semilla de calabaza. En el caso del sabor, los atributos chícharo y frijol verde no se identificaron en la masa, el sabor a frijol se ha reportado como un sabor desagradable (Troszyńska et al., 2011), el descriptor harina de garbanzo identificado en la masa tiene notas de sabor a verde.

La relación que existe entre la MA harina y masa se centró en el descriptor olor a alfalfa que estuvo presente en ambas MA. En general, las MA descritas presentan descriptores que conducen a un sabor amargo, como el descriptor espinaca y haba. Se ha reportado que los compuestos fenólicos, proteínas y ácidos grasos libres presentes en las legumbres son los causantes del amargor percibido (Chigwedere et al., 2022).

Existe una modificación en los descriptores entre harina y masa, ya que las legumbres exhiben una mayor capacidad para generar volátiles con actividad aromática mediante la hidratación y el esfuerzo mecánico aplicado en la harina para formar la masa, donde se inició la oxidación de lípidos que dependía de la actividad de la lipoxigenasa y del perfil de ácidos grasos presente en la harina (Murat et al., 2013; Kaczmarek et al., 2018)

En la Tabla 39 se presentan los atributos identificados en la harina de lenteja roja en estado crudo (HLCRR) y su respectiva masa (MLCRR). En HLCRR se reconocieron 4 atributos de olor y 3 de sabor, el descriptor olor nuez y sabor almendra tuvieron mayor

presencia en la harina, relacionados estos con notas de olor y sabor graso. En MLCRR se reportaron 5 atributos de olor y 2 atributos de sabor, los descriptores predominantes fueron el olor calabacita y sabor haba. Es importante mencionar que derivado de la formación de MLCRR a partir de HLCRR se modifican los descriptores de olor y se genera un descriptor más, caso contrario en los descriptores de sabor, al formar la MLCRR se pierde el sabor cacahuate y permanecen almendra y haba.

Tabla 39 Atributos de olor y sabor identificados en harina y masa de lenteja cruda variedad roja.

<i>Harina de lenteja cruda variedad roja</i>			
OLOR	Promedio	SABOR	Promedio
<i>Canela</i>	3.8	<i>Almendra</i>	6.3
<i>Harina garbanzo</i>	4.5	<i>Cacahuate</i>	5.4
<i>Alfalfa</i>	4.9	<i>Haba</i>	6.1
<i>Nuez</i>	6.8		
<i>Masa de lenteja cruda variedad roja</i>			
<i>Calabacita</i>	5.7	<i>Almendra</i>	4.8
<i>Aceite</i>	3.0	<i>Haba</i>	7.7
<i>Alfalfa</i>	5.1		
<i>Cáscara tamarindo</i>	2.4		
<i>Nuez</i>	1.9		

El promedio se obtuvo por triplicado y se midió con una escala de intensidad de 14 puntos donde 0=ausencia y 14= alta intensidad.

La HLCRR y MLCRR compartieron los descriptores de olor alfalfa (misma intensidad), olor nuez (intensidad disminuida) en la masa. El atributo canela y cáscara de tamarindo se consideran similares ya que se relacionan con un olor picante. En la evaluación sensorial de legumbres e ingredientes derivados de legumbres, el término picante es considerado como un sabor o aroma (Chigwedere et al., 2022), una especia como la canela imparte cierto sabor y estímulo picante. En un estudio en frijol caupí se describió la sensación picante como un atributo aromático asociado con el olor de una especia (Penicela, 2010). Los descriptores haba y almendra se encontraron en diferentes intensidades, el sabor almendra fue mayoritario en la harina y el de haba en la masa, el sabor cacahuate no se describió para la masa.

Entre HLCRR y MLCRR se puede observar que se generaron descriptores diferentes debido a que la oxidación de ácidos grasos insaturados catalizada por lipoxigenasa se considera un importante contribuyente a la liberación de compuestos aromáticos durante

el amasado y el esfuerzo mecánico como el amasado. Se ha reportado que las legumbres como guisantes, garbanzos, altramuces y lentejas tienen la capacidad para generar marcadores de aroma y contribuir al sabor general durante el desarrollo de alimentos a base de legumbres sometidos a tratamientos mecánicos (Paucean et al., 2018; Xu et al., 2019).

Para mostrar el perfil sensorial de las matrices alimentarias harina y masa de lenteja cruda variedades verde y roja, se desarrollaron gráficos de telaraña (Figura 12 y 13) para demostrar visualmente las evaluaciones de los atributos generados por el panel de jueces entrenados. En el gráfico de telaraña de las harinas de lenteja crudas variedades verde y roja (Figura 12) se observa que el panel sensorial percibió que ambas variedades comparten dos descriptores: olor a harina de garbanzo y a alfalfa, aunque con menor intensidad en HLCRR. En cuanto al sabor en HLCRR el descriptor haba se relacionó con notas amargas similar al sabor amargo en HLCRV. Cabe señalar que el panel sensorial estuvo conformado por seis mujeres y dos hombres, las mujeres con respecto a los hombres suelen tener mayor sensibilidad a los receptores del sabor amargo, lo que puede explicar por qué el amargor predominó en las harinas crudas (Troszyńska et al., 2011).

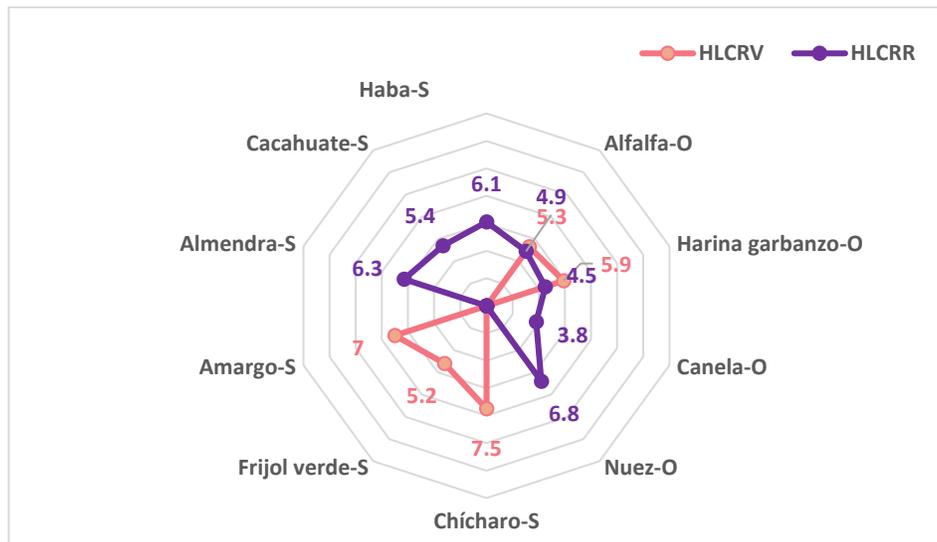


Figura 12 Representación gráfica del perfil sensorial de olor y sabor de las matrices alimentarias harinas de lenteja crudas variedades verde y roja. O: descriptor olor, S: descriptor sabor. HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja.

Por otra parte, las diferencias entre ambas harinas radican en que HLCRR presentó olor a nuez y canela, siendo predominante el atributo nuez, HLCRV presentó descriptores asociados a un sabor vegetal (chícharo) y sabores que se consideran desagradables (frijol verde). Se ha reportado que el principal factor que contribuye a la reducción de la aceptabilidad por parte del consumidor de los productos elaborados con legumbres está asociado con el sabor a frijol, en comparación HLCRR no presentó dicho sabor desagradable, más bien destacó por presentar sabores grasos (almendra y cacahuate) que se caracterizan por ser sabores agradables.

En lo que se refiere al perfil sensorial de las masas de lenteja cruda variedades verde y roja (Figura 11) se observa que ambas masas MLCRV y MLCRR compartieron dos atributos: olor a calabacita siendo predominante en MLCRV y olor a alfalfa con un puntaje parecido en ambas masas. En MLCRV se identificó el atributo olor a semilla de calabaza y en MLCOR los atributos olor a nuez y aceite; entre estos atributos existe una asociación, ya que se caracterizan por presentar un olor graso.

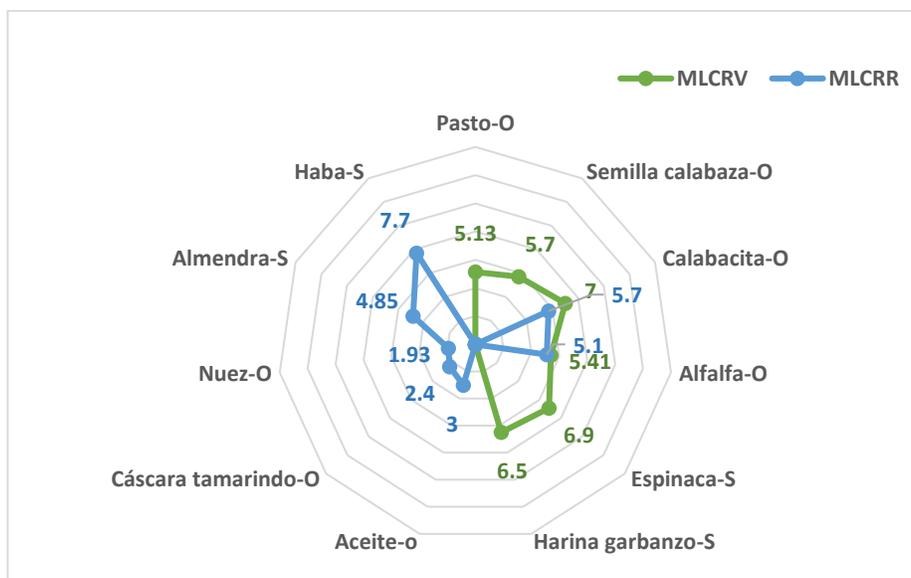


Figura 13 Representación gráfica del perfil sensorial de olor y sabor de las matrices alimentarias masas de lenteja crudas variedades verde y roja. O: descriptor olor, S: descriptor sabor. MLCRV: Masa de lenteja cruda verde, MLCRR: Masa de lenteja cruda roja.

Es destacable que los descriptores que marcan la diferencia entre ambas MA de las variedades verde y roja fue el descriptor olor a pasto (nota verde) en MLCRV y cáscara

de tamarindo (olor picante) en MLCRR. El sabor fue similar a través del atributo haba presente en MLCRR referido como un sabor amargo el cual se identificó en MLCRV, aunque hubo una diferencia mediante el atributo almendra en MLCRR relacionado con notas grasas y ligeramente dulces, mientras que en MLCRV estuvo presente el descriptor harina de garbanzo con notas verdes. En un estudio se reportó un aroma picante en semillas de lentejas obtenidas de plantas estresadas por sequía y suplementadas con silicio (Biju, 2021).

Por último, en la representación gráfica del perfil de olor y sabor, se puede observar que las huellas obtenidas en la MLCRV y la MLCRR son distintas, aunque comparten dos descriptores, al comparar con las figuras obtenidas de las harinas respectivas, la cocción aumenta el área observada en la variedad verde, lo que está relacionado con el número de descriptores y la intensidad en su percepción.

Harinas y masas de lenteja variedades verde y roja procesadas por cocción tradicional.

En la Tabla 40 se presentan los atributos de olor y sabor identificados en HLCOV y MLCOV. Cuando la lenteja verde es tratada por cocción tradicional se identifican en la MA 2 atributos de olor y 3 de sabor, el descriptor sabor frijol verde obtuvo el valor promedio mayoritario y para olor fue hierbabuena. En MLCOV se describió solamente un descriptor para olor y 2 para sabor, siendo mayoritario sabor almendra. Es importante señalar que los atributos entre harina y masa, no solamente difiere en la cantidad de descriptores sino también en el tipo de descriptores, ya que entre ambas MA no comparten ninguno de ellos.

En la harina se describieron los atributos olor hierbabuena y pasto, estos descriptores refieren notas verdes y herbáceas. En la masa se destacó con alta intensidad el olor a harina de garbanzo (nota verde) con respecto a los atributos encontrados en harina.

Tabla 40 Atributos de olor y sabor identificados en harina y masa de lenteja variedad verde llevada a cocción tradicional.

<i>Harina de lenteja cocida variedad verde</i>			
OLOR	Promedio	SABOR	Promedio
<i>Hierbabuena</i>	4.7	<i>Nuez</i>	5.6
<i>Pasto</i>	3.9	<i>Frijol verde</i>	6.9
		<i>Nota láctea</i>	2.4
<i>Masa de lenteja cocida variedad verde</i>			
<i>Hierbabuena</i>	5.5	<i>Espinaca</i>	5.0
		<i>Almendra</i>	6.9

El promedio se obtuvo por triplicado y se midió con una escala de intensidad de 14 puntos donde 0=ausencia y 14= alta intensidad.

HLCOV presentó el sabor nuez, al formar la MLCOV se ausenta el sabor nuez y aparece el sabor almendra, estos se perciben ambos como notas grasas y dulces, percibiéndose con mayor intensidad en la masa. En HLCOV también se identificó una nota láctea que está relacionada con el dulzor, pero su percepción fue baja, se percibió el sabor a frijol verde con notas verdes y de frijol verde siendo predominante, estos atributos no se identificaron en MLCOV, por el contrario, se identificó un sabor amargo, pero se percibió almendra con un valor promedio alto y esto es referido a lo dulce.

Con respecto a los atributos de olor y sabor identificados en HLCOR y MLCOR se pueden observar en la Tabla 41. Se reportaron 3 atributos de olor y 3 atributos de sabor para la HLCOR, el descriptor sabor cacahuate y almendra obtuvieron la calificación más alta, para el olor fue el descriptor nuez. En MLCOR se evaluaron 4 atributos de olor y 3 de sabor, el descriptor olor manteca y sabor papa presentaron la mayor intensidad en comparación con los demás atributos descritos por el panel sensorial. HLCOR y MLCOR solo compartieron el olor nuez, teniendo mayor intensidad en la masa. Cabe recordar que el sabor cacahuate (HLCOR) y nuez (MLCOR) son atributos semejantes debido a sus notas grasas.

Tabla 41 Atributos de olor y sabor identificados en harina y masa de lenteja variedad roja llevada a cocción tradicional.

<i>Harina de lenteja cocida variedad roja</i>			
OLOR	Promedio	SABOR	Promedio
<i>Nota láctea</i>	3.0	<i>Cacahuete</i>	7.2
<i>Nuez</i>	4.7	<i>Nota</i>	3.6
<i>Almendra</i>	3.3	<i>láctea</i>	6.9
		<i>Almendra</i>	
<i>Masa de lenteja cocida variedad roja</i>			
<i>Aceite</i>	6.5	<i>Harina</i>	5.5
		<i>garbanzo</i>	
<i>Nuez</i>	7.2	<i>Papa</i>	8.1
<i>Hierbabuena</i>	5.7	<i>Nuez</i>	5.8
<i>Manteca</i>	8.1		

El promedio se obtuvo por triplicado y se midió con una escala de intensidad de 14 puntos donde 0=ausencia y 14= alta intensidad.

La harina se diferencia por presentar descriptores como nota láctea y almendra (olor dulce y graso) con una intensidad baja en comparación con los atributos reportados para la masa: aceite y manteca que presentaron una intensidad más alta, siendo predominante el atributo manteca y en menor intensidad hierbabuena. Por otra parte, el sabor en la HLCOR presentó nota láctea y almendra (sabor dulce y graso) y la MLCOR harina de garbanzo y papa (nota verde y dulce).

Los datos reportados son coincidentes con lo encontrado en el capítulo II donde se observó que los compuestos D-limoneno y L-limoneno que imparten notas alcanforadas están relacionadas con el descriptor hierbabuena, estos compuestos fueron predominantes en HLCOV, MLCOR y MLCOV en comparación con las demás matrices alimentarias, aunque con mayor abundancia en MLCOR lo que explica la calificación mayoritaria (5.7) en dicha matriz alimentaria. El descriptor olor alfalfa se reportó en las matrices alimentarias en estado crudo HLCRV (5.8), MLCRV (5.4), HLCRR (4.9) y MLCRR (5.1), el cual se describe con notas herbáceas, aunque se identificaron diferentes compuestos para cada matriz alimentaria comparten el mismo descriptor olor herbáceo, HLCRV presentó más compuestos (ácido acético, hexil éster, δ -cadineno, γ -cadineno y γ -muroleno), el compuesto identificado en MLCRV (1-Hexanol) fue mayoritario, después los reportados en MLCRR (Acetato de terpenilo y L- β -pineno) y por

último en HLCRR (guayacol) lo cual tiene relación con la intensidad generada por el panel sensorial.

HLCOV y MLCRV compartieron el atributo olor a pasto con un promedio de 3.9 y 5.1 respectivamente. En MLCRV se identificaron los aldehídos 2-Hexenal, (E)-, 2-Hexenal y bencenoacetaldehído con mayor abundancia en comparación con los compuestos reportados en HLCOV (3-hexenilacetato, metilheptenona y geranilacetona), estos datos concuerdan con las calificaciones impartidas por el panel, los compuestos volátiles anteriormente mencionados en ambas matrices alimentarias se caracterizan por tener notas verdes relacionado con el descriptor olor a pasto. El descriptor olor harina de garbanzo se presentó en HLCRV (5.9) con un promedio más alto en comparación con HLCRR (4.5), debido a que en HLCRV se identificaron 3 compuestos con notas aromáticas verdes, pentanol, α -tujeno y 2-hexenal (E), este último en mayor abundancia que los reportados en HLCRR 3-nonen-1-ol, (Z)- y ácido butanóico, 2-metil, etil éster.

En las matrices de la variedad roja se generó el descriptor olor nuez referido a notas dulces, en las harinas se identificaron compuestos con el descriptor nuez propiamente, aunque con diferentes intensidades HLCRR (6.8), HLCOR (4.7), MLCRR (1.9) y MLCOR (7.2), la identificación de los compuestos concuerda con las calificaciones impartidas por el panel, MLCOR obtuvo la calificación más alta ya que se identificaron cuatro compuestos: ácido butanóico etil éster, pirrol, 1-butanol, 3-metil-, acetato y acetofenona, en segundo lugar HLCRR con tres compuestos metilpirazina, guayacol y benzyl alcohol, HLCOR 2-Nonenal, (E)- y pirrol, y por último MLCRR 3-careno. El descriptor olor calabacita se observó en MLCRV (7.0) y MLCRR (5.7), los compuestos identificados en MLCRV (2-Hexenal, (E)- y 2-Hexenal) fueron predominantes en comparación con el compuesto reportado en MLCRR (3-nonen-1-ol, (Z)-), por lo que la percepción fue mayor en MLCRV.

El descriptor sabor amargo se generó en HLCRV (7.0), aunque en las siguientes matrices alimentarias el panel de jueces entrenados percibió el sabor amargo mediante otros descriptores, MLCRV (6.9) y MLCOV (5.0) se relacionó con el atributo espinaca HLCRR (6.1) y MLCRR (7.7) con haba. En HLCRV se identificó gamma-terpineno y en MLCRV benceno-acetaldehído que fueron predominantes en comparación con acetofenona

reportado en MLCOV, por lo que se explican los promedios más altos en HLCRV y MLCRV, en HLCRR se encontró Isobutanol y phenylethyl alcohol y en MLCRR α -terpineno, aunque en MLCRR se generó una calificación más alta el compuesto identificado no fue mayor. El descriptor sabor almendra reportado en HLCRR (6.3) y MLCRR (4.8) están asociados con compuestos que presentan notas dulces, por ejemplo, HLCRR con benzyl alcohol siendo mayoritario que los reportados en MLCRR con los compuestos terpinoleno y estragol y en HLCOR (6.9) y MLCOV (6.9) se identificó benzaldehído con el descriptor sabor almendra propiamente, aunque fue mayoritario en HLCOR, el panel de jueces entrenados evaluó ambas matrices alimentarias con la misma intensidad.

El descriptor sabor cacahuate se presentó en HLCRR (5.4) y HLCOR (7.2), los compuestos reportados están asociados con notas grasas en HLCRR (acetoína y γ -nonalactona) y en HLCOR (2-Nonenal, (E)- y heptanal) aunque la acetoína fue un compuesto abundante, en HLCOR se reportó mayor intensidad del descriptor cacahuate. El descriptor sabor nota láctea se generó en HLCOR (3.6) y HLCOV (2.4), la acetona se relacionó con dicho descriptor por presentar un sabor dulce, aunque en HLCOV el compuesto fue ligeramente mayoritario, el panel sensorial evaluó una intensidad más alta en HLCOR. El descriptor sabor nuez, identificado en HLCOV (5.6) y MLCOR (5.8), en HLCOV se reportó 2-Nonenal, (E)- siendo predominante al compuesto identificado en MLCOR Geranilacetona, sin embargo, tuvieron evaluaciones similares generadas por el QDA.

III.5.2 Perfil sensorial de olor y sabor de la matriz alimentaria: harina y masa de lenteja variedades verde y roja procesadas por cocción tradicional.

Para mostrar las diferencias sensoriales de las matrices alimentarias harina y masa de lenteja cocida variedad verde y roja, se realizó la representación gráfica de su perfil de sabor y olor, el cual se presenta en las Figuras 14 y 15. En lo que respecta a las harinas, en la Figura 14 se observa que para las HLCOV y HLCOR el panel de jueces entrenados identificó solo un descriptor semejante: sabor nota láctea. Las diferencias radicaron en que HLCOV se describió mediante los atributos hierbabuena y pasto (olor herbáceo y fresco) mientras que en HLCOR predominaron almendra y nuez (olor graso), en el sabor

tuvieron relación con los descriptores nuez (HLCOV), almendra y cacahuate (HLCOR) por sus notas a grasa. Sin embargo, en HLCOV se identificó el sabor frijol verde, las interacciones entre proteínas y volátiles imparten las notas a frijol y están relacionadas con el hexanal (Cosson, 2020).

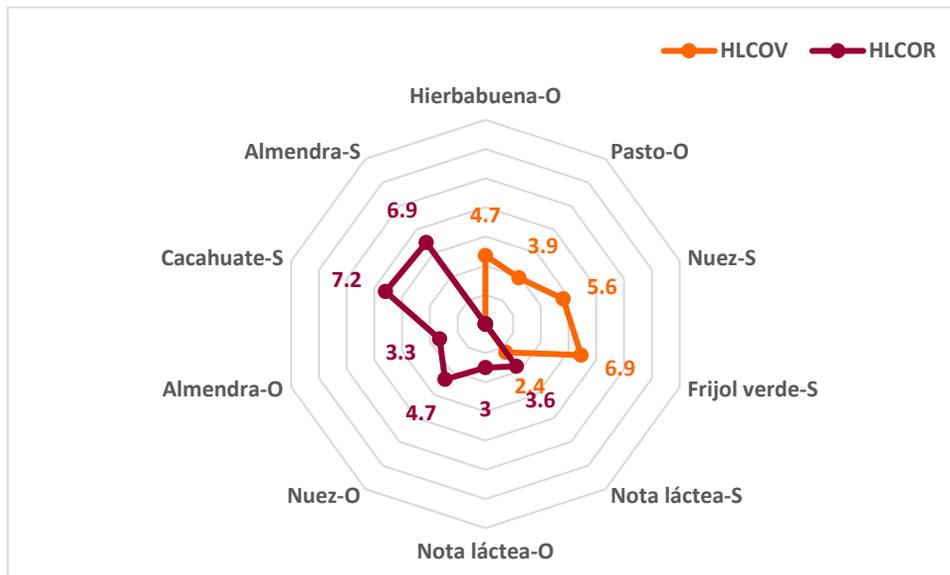


Figura 14 Representación gráfica del perfil sensorial de olor y sabor de las matrices alimentarias harinas de lenteja variedades verde y roja llevadas a cocción tradicional. O: descriptor olor, S: descriptor sabor. HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja.

En las masas de lenteja cocida verde y roja, el perfil sensorial de olor y sabor (Figura 15) se aprecia el olor harina de garbanzo para ambas masas detectándose con la misma intensidad. En MLCOV se identificaron dos descriptores de sabor, almendra (nota grasa) y espinaca (nota amarga), la percepción del atributo almendra puede relacionarse con la composición de péptidos y aminoácidos, por su parte, el amargor surge de la interacción de los compuestos tales como: aminoácidos, péptidos, fenólicos, heterósidos complejos con la familia de receptores TA2SR que se encuentran en las membranas apicales de células receptoras del gusto. Los productos vegetales generan una intensa sensación de amargor (Cosson et al., 2021).

En MLCOR olor aceite, nuez y manteca se mostró mayor predominio en el atributo manteca, se indicaron también otros descriptores como sabor a papa, nuez y harina de

garbanzo, al atributo papa se le asignó la puntuación más alta, esta nota fue positivamente correlacionada con los niveles de tirosina (Chigwedere et al., 2022).

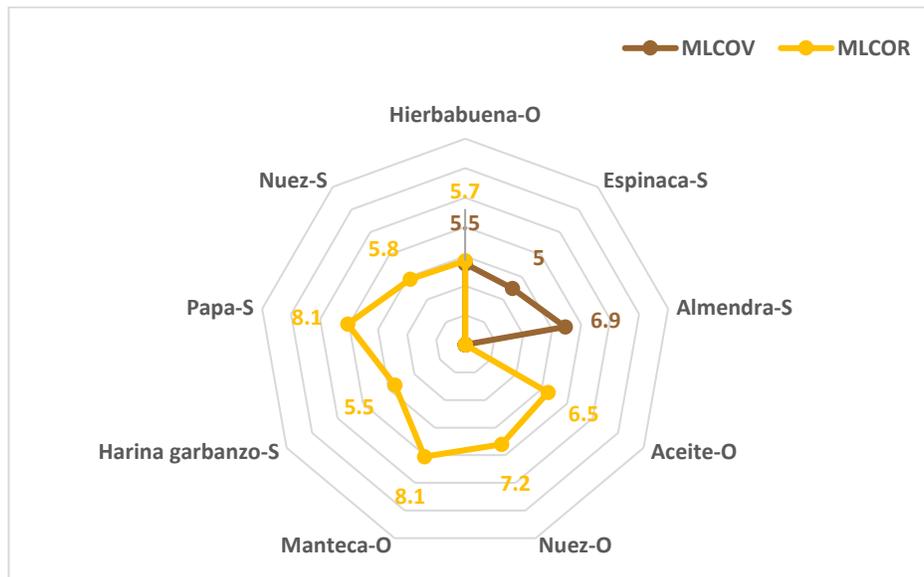


Figura 15 Representación gráfica del perfil sensorial de olor y sabor de las matrices alimentarias masas de lenteja variedades verde y roja llevadas a cocción tradicional. O: descriptor olor, S: descriptor sabor. MLCOV: Masa de lenteja cocida verde, MLCOR: Harina de lenteja cocida roja.

Finalmente, es interesante observar en la representación gráfica del perfil de olor y sabor, que las figuras obtenidas en la MLCOV y la MLCOR son distintas, la referida a la variedad verde tiene una menor amplitud a diferencia de la procedente de la variedad roja incluso, al comparar con las figuras obtenidas de las harinas respectivas, la cocción amplía el área observada en la variedad roja, lo que está relacionado con el número de descriptores y la intensidad en su percepción.

Descriptores determinantes en las MA harinas de lenteja variedades verde y roja.

Los resultados obtenidos del ACP, indicaron que los dos primeros componentes conformados por un total de 16 descriptores explicaron el 80.7 % de la varianza acumulada en las MA harinas de lenteja variedad verde crudas y cocidas (Tabla 42). El primer componente principal (CP1) explica un 43.4 % de la varianza, los vectores

importantes son: olor a nuez, sabor a cacahuate, almendra y frijol verde, por otro lado, en el segundo componente principal (CP2) se explica el 37.3 % con mayor relevancia para: olor a harina de garbanzo, alfalfa, pasto, hierbabuena, sabor nuez y nota láctea.

Tabla 42 Matriz de correlación de los descriptores generados en harina de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja.

DESCRIPTOR	Vectores propios	
	CP1	CP2
Canela-O	0.17039	0.24182
Harina garbanzo-O	-0.10753	0.39219
Alfalfa-O	-0.07441	0.40054
Nuez-O	0.34868	0.12321
Frijol verde-S	-0.37258	0.00077
Cacahuate-S	0.37762	0.01201
Haba-S	0.17039	0.24182
Amargo-S	-0.24062	0.22213
Chícharo-S	-0.24062	0.22213
Almendra-O	0.26145	-0.16893
Almendra-S	0.37704	0.04474
Pasto-O	-0.19121	-0.29502
Hierbabuena-O	-0.19121	-0.29502
Nota láctea-S	0.13224	-0.36687
Nota láctea-O	0.26145	-0.16893
Nuez-S	-0.19121	-0.29502
VARIANZA EXPLICADA	43.4%	37.3%
VARIANZA ACUMULADA		80.7%

CP1: Componente principal 1, CP2: Componente principal 2.

En la Figura 16 se observa que los descriptores de olor a nuez, sabor cacahuate y almendra se correlacionan entre sí, dichos atributos describen a las harinas de la variedad roja HLCRR y HLCOR (cuadrante I y II). Estas correlaciones muestran que los descriptores están relacionados con un olor y sabor graso, sin embargo, existe una diferencia entre ambas harinas debido a que HLCRR presentó descriptores tales como olor a canela y sabor a haba, en tanto que HLCOR se ve influenciada por olor a nota láctea y almendra. En el tercer cuadrante se relacionan entre sí olor hierbabuena, pasto y sabor nuez y describen a HLCOV. Por último, en HLCRV (cuadrante IV) se observó mayor intensidad en los atributos de olor harina de garbanzo, sabor amargo y chícharo.

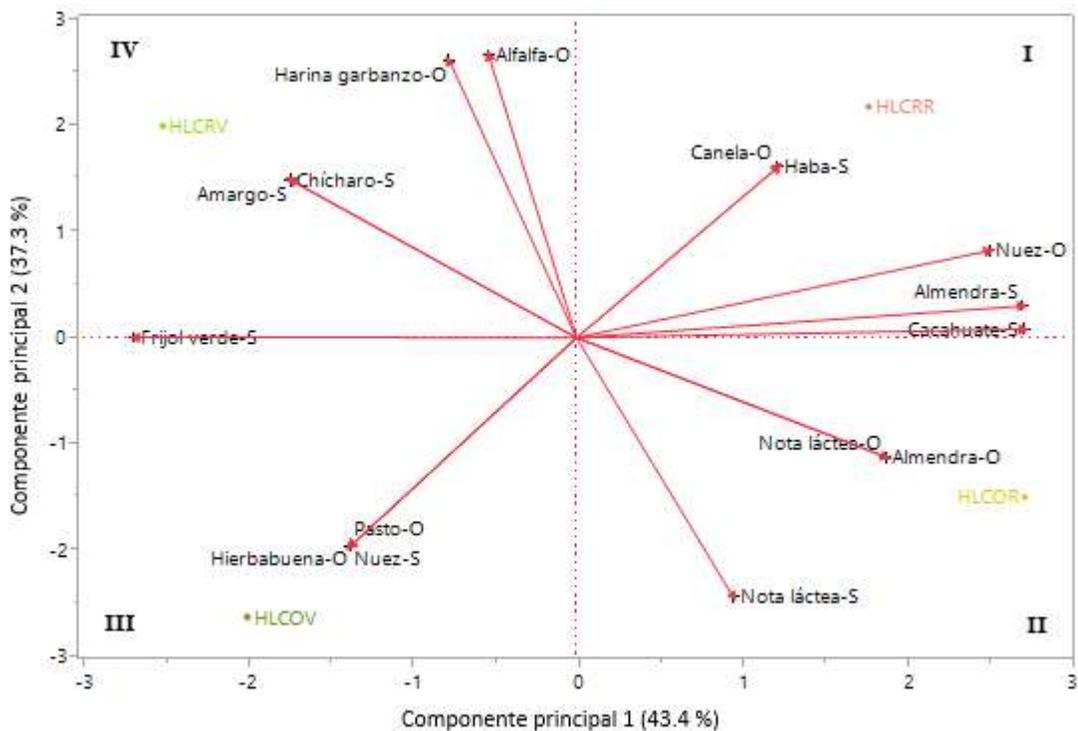


Figura 16 Gráfico de componentes principales de los descriptores generados para HLCRV: harina de lenteja cruda verde; HLCRR: harina de lenteja cruda roja; HLCOV: harina de lenteja cocida verde; HLCOR: harina de lenteja cocida roja.

En las harinas de lenteja crudas se observó un cambio en los atributos después de la cocción, en HLCOV (cuadrante III) se perdió el sabor chícharo (vegetal) y amargo y se describieron atributos como nuez y nota láctea, en HLCOR no se describieron los atributos olor canela, harina de garbanzo, alfalfa y sabor haba, se generaron otros atributos como nuez, almendra y nota láctea debido a que los compuestos químicos presentes en HLCRR (cuadrante I) que determinan el perfil de olor y sabor se modificaron durante la cocción, al igual que la aparición de nuevos compuestos tuvieron un efecto significativo por el tratamiento térmico (Chigwedere et al., 2022).

Descriptores determinantes en las MA masa lenteja variedades verde y roja.

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) en las masas de lenteja crudas y cocidas variedad verde y roja (MLCRV, MLCRR, MLCOV y MLCOR), se explicaron en dos dimensiones conformados por 15 descriptores con el 80.6% de la variabilidad total

(Tabla 43). El primer componente (CP1) explicó un 55.4 % y se obtuvieron seis descriptores sensoriales significativos: olor a manteca, nuez, calabacita, alfalfa, sabor nuez y papa, mientras que en el segundo componente (CP2) la varianza fue de 25.2 % y los atributos que caracterizan a este componente fueron olor a pasto, semilla de calabaza, sabor almendra, harina de garbanzo y haba.

Tabla 43 Matriz de correlación de los descriptores generados en masa de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja.

DESCRIPTOR	Vectores propios	
	CP1	CP2
Pasto-O	-0.17386	0.30709
Semilla calabaza-O	-0.19418	0.34298
Calabacita-O	-0.31591	0.09596
Alfalfa-O	-0.25275	0.03368
Espinaca-S	-0.24225	0.27494
Harina garbanzo-S	0.04874	0.52799
Aceite-O	0.27586	-0.01062
Cáscara tamarindo-O	-0.03247	-0.13571
Haba-S	-0.10514	-0.43949
Manteca-O	0.39655	0.20067
Hierbabuena-O	0.27078	-0.01177
Nuez-O	0.32725	0.06928
Nuez-S	0.28444	0.14394
Papa-S	0.39655	0.20067
Almendra-S	0.20810	-0.32477
VARIANZA EXPLICADA	55.4%	25.2%
VARIANZA ACUMULADA		80.6%

CP1: Componente principal 1, CP2: Componente principal 2.

En el gráfico (Figura 17) se muestra la tendencia de cada atributo sensorial hacia las diferentes masas de lenteja. Se puede observar que MLCRR (cuadrante II) tiende a los atributos de olor a cáscara de tamarindo, haba y almendra. Se muestra que en MLCOR (cuadrante I) el descriptor que describe en mayor proporción su olor es nuez, manteca, aceite y en el sabor a nuez y papa. Mientras que MLCOV se ve influenciada por olor a hierbabuena, particularmente relacionado con MLCOR y sabor a almendra, descriptor que se comparte con MLCRR.

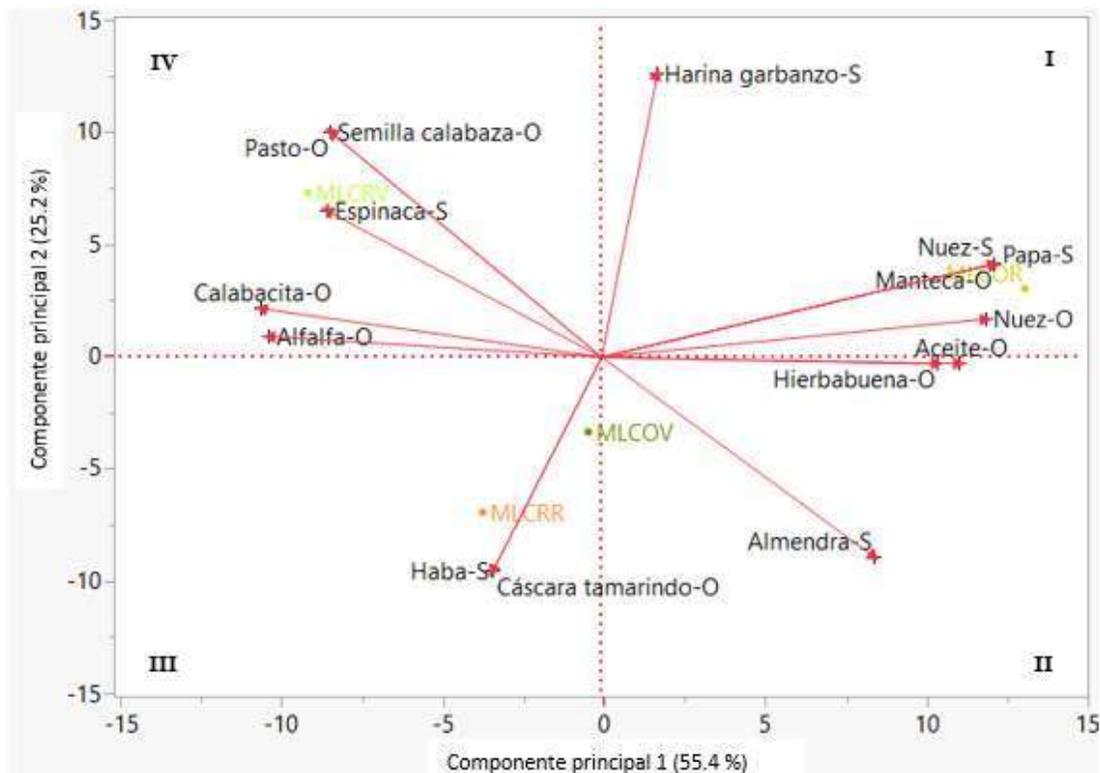


Figura 17 Gráfico de componentes principales de los descriptores generados para MLCRV: harina de lenteja cruda verde; MLCRR: harina de lenteja cruda roja; MLCOV: harina de lenteja cocida verde; MLCOR: harina de lenteja cocida roja.

Finalmente, la matriz alimentaria de lenteja que tiene mayor diferencia es MLCRV (cuadrante IV), se caracteriza por olores herbales y vegetales principalmente: alfalfa, pasto y calabacita, mientras que el sabor se describe por el atributo espinaca.

III.5.3 Relación entre los atributos de olor y sabor en el QDA y los compuestos volátiles identificados en las matrices alimentarias de lenteja verde y roja.

Con base en el análisis de compuestos volátiles realizado a las matrices alimentarias de lenteja verde y roja, presentado en el apartado II.5, en este capítulo se establecerá la relación existente entre dichos compuestos y el QDA.

Matriz alimentaria: Harina de lenteja verde y roja. Como se mostró en el Capítulo II, en las harinas de lenteja cruda y cocida variedad verde y roja se identificaron un total de

224 compuestos volátiles (Anexo 1), de los cuales se seleccionaron solo aquellos compuestos con actividad aromática siendo un total de 101 que fueron agrupados a su vez en 11 familias químicas. De estos 101 compuestos solo se presentarán aquellos de los que se tienen descriptores asociados con olor y sabor, de los cuales están reportados en la literatura. El resto pueden observarse en el Anexo 2.

El perfil de los compuestos volátiles en las harinas de lenteja es dependiente tanto de la variedad como de las condiciones del proceso de producción, por ejemplo, la cocción, el secado y la molturación. El tratamiento térmico juega un papel importante en la generación y desaparición de diferentes compuestos volátiles. En la Tabla 44 se muestran los compuestos responsables del olor y sabor en las harinas de lenteja. En HLCRR se identificaron 33 compuestos de los cuales se dividieron en aldehídos (1), cetonas (5), alcoholes (10), terpenos (3), éteres (1), ésteres (9), nitrogenados (2) y bencénicos (2), en HLCOR se reportaron 35 compuestos y fueron aldehídos (7), cetonas (4), alcoholes (2), terpenos (10), éteres (1), ésteres (3), hidrocarburos (1), azufrados (2), nitrogenados (1), bencénicos (2) y furanos (2), en HLCRR se identificó solamente hexanal, su perfil aromático cambió después de la cocción, el hexanal permaneció y se formaron otros aldehídos, 2-metilbutanal, heptanal, nonanal, benzaldehído, pentanal, 2-nonenal,(E).

En el grupo de las cetonas los compuestos identificados fueron diferentes para cada harina, en la familia de los alcoholes se perdieron 9 compuestos, el alcohol bencílico se identificó en HLCRR y HLCOR, debido al tratamiento térmico se generó el fenol en HLCOR, los terpenos (D-limoneno, L-limoneno y Terpinoleno) estuvieron presentes en ambas harinas, pero por la cocción se generaron 5 compuestos más (β -mirceno, α -terpineno, β -pineno, β -Felandreno, 3-careno, estragol y anetol) en la familia de éteres solo se identificó difenil éter en HLCRR y HLCOR, en HLCRR se reportaron 9 ésteres, por efecto de la temperatura se perdieron 7, mientras que el ácido benzoico 2- amino metil éster y el ácido acético fueron estables en HLCOR y se generó otro compuesto 3-hexenilacetato, los compuestos nitrogenados como la piridina y metilpirazina en HLCRR se perdieron, mientras que el pirrol se reportó en HLCOR, en el grupo químico de bencénicos el tolueno y 1,3-dimetilbenceno se encontró en HLCRR y HLCOR, en

HLCOR se detectaron familias químicas que no estuvieron presentes en HLCRR, estos compuestos se generaron por efecto del tratamiento térmico por ejemplo el diclorometano (hidrocarburo), metanotiol, metional y dimetil sulfuro (azufrados), 2-pentilfurano y 2-etilfurano (furanos).

En HLCRV se detectó un total de 48 compuestos y se agruparon en aldehídos (11), cetonas (3), alcoholes (2), terpenos (16), éteres (1), ésteres (10), nitrogenados (1), bencénicos (2) y furanos (2) y en HLCOV se identificaron 34 compuestos en las siguientes familias químicas; aldehídos (6), cetonas (5), alcoholes (4), terpenos (3), éteres (1), ésteres (7), hidrocarburos (1), azufrados (1), nitrogenados (1), bencénicos (2) y furanos (2). HLCRV y HLCOV presentaron un perfil aromático diferente debido a los cambios que se produjeron por el tratamiento térmico, por ejemplo, en HLCRV se perdieron 7 aldehídos y se generaron octanal y metilbutanal por la cocción, hexanal, 2-nonenal, (E), nonanal y benzaldehído fueron estables frente a la cocción, en HLCRV se perdieron dos cetonas, en HLCOV se reportó acetona, acetofenona, metilheptenona y geranilacetona, en cambio 3-octanona se identificó en ambas harinas, en HLCRV se perdió un alcohol, 1-hexanol estuvo presente en HLCRV y HLCOV, y por la cocción se generaron otros alcoholes (alcohol bencílico, 1-octanol y maltol).

Por efecto de la temperatura de los 16 terpenos presentes en HLCRV se perdieron 14, D-limoneno y L-limoneno se mantuvieron estables en HLCOV y β -mirceno se generó por la cocción, en el grupo de los éteres en HLCRV se reportó éter-terc-butilmetílico y en HLCOV difenil éter, en cuanto a los ésteres debido a la cocción se perdieron 9 compuestos, 3-hexenilacetato fue estable y se generó ácido benzoico metil éster, ácido butanóico metil éster, ácido benzoico 2-amino metil éster, ácido acético y acetato trans-3-hexenilo. En HLCOV se reportaron dos familias químicas que no fueron identificadas en HLCRV, se generó 2-dodecenal, (E) (hidrocarburos) y metanotiol (azufrados) por el procesamiento térmico, los compuestos nitrogenados (pirrol) y bencénicos (tolueno y 1,3-dimetilbenceno) estuvieron presentes en ambas harinas, en cuanto a los furanos se perdió 2-metilfurano por la cocción y en HLCOV se generó 2-pentilfurano, por otro lado, compartieron 2-etilfurano.

La harina de lenteja verde con respecto a la roja tuvo un mayor número de compuestos volátiles, sin embargo, la harina de lenteja roja es más estable frente a la cocción, ya que en HLCRR se presentaron 33 compuestos y en HLCOR 35 en tanto que en HLCRV se identificaron 48 compuestos y en HLCOV 34.

Tabla 44 Compuestos volátiles con carácter aromático y su relación con descriptores de aroma y sabor en la MA harina de lenteja verde y roja, en estado crudo y por cocción tradicional.

COMPUESTO	HLCRR	HLCOR	HLCRV	HLCOV	DESCRITORES Olor/Sabor
ALDEHÍDOS					
Hexanal	ID	ID	ID	ID	Verde, pasto, grasa/fruta
2-Nonenal, (E)-	ND	ID	ID	ID	Verde, pepino, grasa, nuez/dulce, graso, cítrico, melón
2-Nonenal, (Z)-	ND	ND	ID	ND	Lirio, grasa, pepino
β -cyclocitral	ND	ND	ID	ND	Alcanfor, menta
Cinamaldehído	ND	ND	ID	ND	Picante, dulce, caramelo, canela/picante
Heptanal	ND	ID	ND	ND	Olor pungente/grasa
Octanal	ND	ND	ND	ID	Graso, cítrico, jabón, verde
2-Hexenal, (E)	ND	ND	ID	ND	Frutal, pasto, grasa/fruta
2,4-Hexadienal, (E,E)	ND	ND	ID	ND	Dulce, verde/vegetal
2-Metilbutanal	ND	ID	ND	ID	Cacao, almendra
3-Metilbutanal	ND	ND	ID	ND	Pungente, manzana, almendra/dulce, chocolate
Pentanal	ND	ID	ND	ND	Acre/frutal, nuez
Nonanal	ND	ID	ID	ID	Grasoso, verde/cítrico
Benzaldehído	ND	ID	ID	ID	Almendra, Azúcar/almendra
Pentadecanal	ND	ND	ID	ND	Ceroso, fresco
ALCOHOLES					
Etanol	ID	ND	ND	ND	Característico/quemado
1-Penten-3-ol	ND	ND	ID	ND	Graso, pungente, hierba verde
1-Hexanol	ID	ND	ID	ID	Verde, herbal, madera, dulce
Isobutanol	ID	ND	ND	ND	Vino, solvente/ amargo

Butanodiol	ID	ND	ND	ND	Fruta, manteca, cebolla
Metionol	ID	ND	ND	ND	Dulce, sulfuroso, papa cruda/ metálico, tomate, ajo
Guayacol	ID	ND	ND	ND	Ahumado, dulce, papa, especias, herbal, vainilla, salado/ amaderado, fenólico, salado, medicinal
Alcohol bencílico	ID	ID	ND	ID	Dulce, floral, frutal/ dulce, picante
Alcohol fenetílico	ID	ND	ND	ND	Floral, especias, miel, levadura, fresco, dulce/amargo, hongo, dulce, pan
1-Octanol	ND	ND	ND	ID	Fresco, rosas, naranja, dulce/herbal
3-nonen-1-ol, (Z)-	ID	ND	ND	ND	Fresco, ceroso, verde, melón, champiñones
p-vinilguaiacol	ID	ND	ND	ND	Clavo, curry, manzana, ron, maní
Fenol	ND	ID	ND	ND	Dulce e irritante
Maltol	ND	ND	ND	ID	Caramelo
CETONAS					
Acetona	ND	ID	ND	ID	Pungente/dulce
Acetofenona	ND	ID	ND	ID	Medicinal, dulce, picante, aromático a cerezo
3-Pentanona	ND	ND	ID	ND	Frutal, etéreo
2-Heptanona	ID	ND	ND	ND	Frutal, picante, canela
Metilheptenona	ND	ID	ND	ID	Cítrico, verde/agridulce
3-Octanona	ID	ND	ID	ID	Frutal, lavanda
Butanodiona	ID	ND	ND	ND	Mantequilla
Acetoína	ID	ND	ND	ND	Madera, yogur/ mantequilla, crema, graso
Geranilacetona	ND	ID	ND	ID	Dulce, verde, magnolia
γ-Nonalactona	ID	ND	ND	ND	Coco/graso
2-pentadecanona,6,10,14-trimetil	ND	ND	ID	ND	Jazmín, fresco, apio, grasa

ESTÉRES					
Acetato de etilo	ID	ND	ND	ID	Piña
Ácido butanóico, 2-metil, etil éster	ID	ND	ND	ND	Frutal, verde
Ácido butanóico 3-metil, etil éster	ID	ND	ND	ND	Frutal, vino, manzana
Ácido propanoico, 2-metil, etil éster	ID	ND	ND	ND	Dulce, caucho
1-butanol, 3-metil-, acetato	ID	ND	ND	ND	Dulce, plátano/agridulce
Ácido decanoico, etil éster	ID	ND	ND	ND	Frutal, resabio a uva
Ácido hexanóico, metil éster	ND	ND	ID	ND	Etéreo, piña
Ácido formico, hexil ester	ND	ND	ID	ND	Manzana, ciruela/dulce
Ácido hexanóico, etil éster	ND	ND	ID	ND	Frutal notas a piña-plátano
Ácido acético, hexil éster	ND	ND	ID	ND	Herbal, floral, manzana, pera/agridulce
Ácido benzoico, metil éster	ND	ND	ND	ID	Frutal a uva
Ácido benzoico, etil éster	ND	ND	ID	ND	Frutal, manzana, flor, apio
Ácido butanóico, etil éster	ND	ND	ND	ID	Frutal a piña, dulce
Ácido butanóico, metil éster	ND	ND	ID	ND	Manzana, dulce
Acetato de butilo	ND	ND	ID	ND	Frutal, verde
Ácido benzoico 2-amino metil éster	ID	ID	ND	ID	Flor naranja/amargo, picante
Palmitato de isopropilo	ND	ND	ID	ND	Aceitoso
Ftalato de dibutilo	ND	ND	ID	ND	Aceitoso
Ácido hexanóico	ID	ND	ND	ND	Rancio, agrio, picante, queso, graso/acre
Homosalato	ND	ND	ID	ND	Mentol suave
3-hexenilacetato	ND	ID	ID	ID	Verde, frutal, floral, plátano
Ácido acético	ID	ID	ND	ID	Agrio, vinagre
Acetato de trans-3-hexenilo	ND	ND	ND	ID	Agrio, vinagre
TERPENOS					
β -mirceno	ND	ID	ND	ID	Dulce, mosto, balsámico
α -Guaieno	ND	ND	ID	ND	Dulce, madera, picante, balsámico
D-Limoneno	ID	ID	ID	ID	Citrato, menta
Limoneno	ID	ID	ID	ID	Limón, notas alcanforadas
(1R)- (+)- α -Pineno	ND	ND	ID	ND	Pino
γ -terpineno	ND	ND	ID	ND	Limón, madera/amargo, herbal, cítrico
Terpinoleno	ID	ID	ID	ND	Pino, dulce/amargo, herbal, cítrico
p-cimeno	ND	ND	ID	ND	Solvente, gasolina, cítrico
α -Pineno	ND	ND	ID	ND	Pino, trementina, resina
α -terpineno	ND	ID	ND	ND	Madera, limón/amargo
β -Pineno	ND	ID	ND	ND	Herbal, pino, fresco
Sabineno	ND	ND	ID	ND	Pimienta, madera, cítrico
δ -cadineno	ND	ND	ID	ND	Herbal, tomillo, madera
γ -cadineno	ND	ND	ID	ND	Herbal, leña

γ -muroloeno	ND	ND	ID	ND	Herbal, madera, especias
β -Felandreno	ND	ID	ND	ND	Picante, menta
α -tujeno	ND	ND	ID	ND	Madera, verde, herbal
Ylangeno	ND	ND	ID	ND	Pimienta
3-Careno	ND	ID	ND	ND	Sabor dulce, picante
Calameneno	ND	ND	ID	ND	Herbal, especias
α -cadinene	ND	ND	ID	ND	Leñoso seco
Estragol	ND	ID	ND	ND	Anís/Dulce
Anetol	ND	ID	ND	ND	Regaliz, anís/dulce, alcohol, anís
ÉTERES					
Difenil éter	ID	ID	ND	ID	Floral, metálico
Éter terc-butilmetílico	ND	ND	ID	ND	Menta
AZUFRADOS					
Metanotiol	ND	ID	ND	ID	Azufre, cebolla, ajo
Metional	ND	ID	ND	ND	Cebolla, carne, papa cocida/carne, sopa
Dimetil sulfuro	ND	ID	ND	ID	Olor azufre, repollo, rábano crudo, cebolla, nota verde
FURANOS					
2-Metilfurano	ND	ND	ID	ND	Especias, Ahumado
2-Pentilfurano	ND	ID	ND	ID	Judía vede, metanol, mantequilla, vegetal
2-Etilfurano	ND	ID	ID	ID	Humo quemado, dulce/café
BENCÉNICOS					
Tolueno	ID	ID	ID	ID	Pintura
1,3-dimetilbenceno	ID	ID	ID	ID	Plástico
HIDROCARBUROS					
2-Dodecenal, (E)-	ND	ND	ND	ID	Graso, cítrico/mandarina
Diclorometano	ND	ID	ND	ND	Dulce, cloroformo
NITROGENADOS					
Piridina	ID	ND	ND	ND	Rancio/picante
Metilpirazina	ID	ND	ND	ND	Nuez, papa, cacao, verde, avellana
Pirrol	ND	ID	ID	ID	Dulce, cloroformo

ND: No identificado, ID: Identificado. (Burdock, 2016), (Khrisanapant et al., 2019), (Ma et al., 2016), (Company, 2023).

Los compuestos identificados en las harinas de lenteja verde son consistentes con otros estudios, los resultados indican que, durante la cocción y el secado, los componentes

volátiles se pierden o reducen. Las diferentes clases de volátiles como aldehídos, alcoholes, cetonas, hidrocarburos, furanos y ésteres derivan en su mayoría de la oxidación enzimática y no enzimática de ácidos grasos libres, aunque la lenteja tiene un bajo contenido de grasa, este mecanismo es dominante y contribuye en gran medida a la aparición de diferentes olores, por ejemplo, notas herbáceas, verdes, frijoles y notas rancias (Karolkowski et al., 2021).

En la Figura 19 se presenta el análisis de componentes principales (ACP) donde es posible observar la correlación entre los compuestos volátiles identificados con carácter de olor y sabor y los descriptores que se generaron en el QDA, objeto de la presente investigación para cada una de las cuatro MA de harina de lenteja. El modelo de dos componentes principales explicó una varianza acumulada de 72.9 %, el primer componente (CP1) localizado en el eje de las abscisas del plano factorial, se explicó con 38.6 % y el segundo componente (CP2) representado en el eje de las ordenadas con 34.3 %. De acuerdo con los resultados obtenidos, HLCRV (cuadrante I) se encontraron los compuestos ácido acético, hexil éster, identificado con el número (95), δ -cadinene (163) γ -cadinene (170) murolene (172), estos compuestos están relacionados con notas herbáceas (Karolkowski et al., 2021), que a su vez muestran una relación con los descriptores generados en el QDA por el panel de jueces entrenados, identificándose el olor a alfalfa. Además de encontrarse el pentanol (18), 2-hexenal (E) (50), α -tujeno (72) asociados a notas aromáticas verdes (Khrisanapant et al., 2019) con descriptores por el QDA a harina de garbanzo. En el caso del 2-hexenal (E)- (50) se relaciona con un sabor vegetal con el descriptor por QDA a chícharo. Finalmente, el gamma-terpineno (104) es asociado al descriptor de sabor amargo (Ma et al., 2016).

A diferencia de la variedad verde, en la HLCRR ubicada en el cuadrante IV predominó 2-heptanona (67) presenta notas de olor y sabor como frutal, picante y canela (Burdock, 2016), por lo que existe concordancia con el olor a canela que describió el panel entrenado, el guayacol (158) es un compuesto asociado con una variedad de notas tanto de olor como de sabor, por ejemplo, dulce, especias, herbal vainilla, amaderado (Ma et al., 2016), se observa parecido la nota herbal con el atributo olor alfalfa generado en el QDA, 3-nonen-1-ol, (Z)- (133) y ácido butanóico, 2-metil, etil éster (39) comparten notas

verdes, relacionado con el descriptor harina de garbanzo y por último metilpirazina (80) que presenta notas de olor a nuez, maní, cacao tostado concordando con el atributo olor a nuez, por otro lado, el benzyl alcohol (165) y guayacol (158) son compuestos asociados al descriptor nuez por sus notas dulces (Company, 2023).

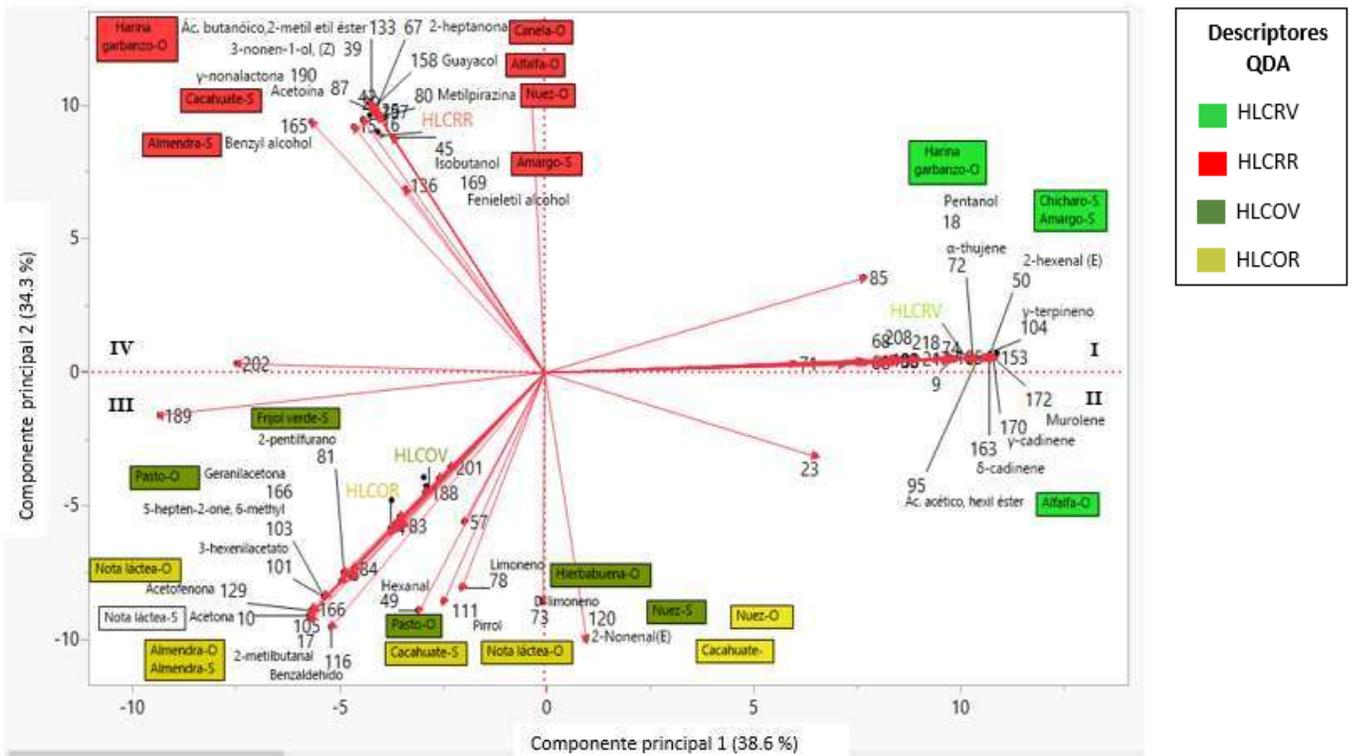


Figura 18 Análisis de componentes principales del perfil de compuestos volátiles obtenidos de las harinas de lenteja. HLCRV: Harina de lenteja cruda verde, HLCRR: Harina de lenteja cruda roja, HLCOV: Harina de lenteja cocida verde, HLCOR: Harina de lenteja cocida roja.

En cuanto a los compuestos que imparten un sabor graso se encuentra la acetoína (87) y y-nonalactona (190) (Khrisanapant et al., 2019), relacionado con atributo sabor cacahuate que se describió en el panel entrenado, para sabor amargo el isobutanol (45) y phenylethyl alcohol (169) son parecidos con el descriptor a haba (amargor) y para el sabor dulce se reportó con benzyl alcohol (165) que se caracteriza por presentar notas dulces (Burdock, 2016), por lo que en el QDA se encontró una relación con el atributo almendra.

Las harinas de lenteja de ambas variedades tratadas térmicamente (HLCOV y HLCOR), presentan vectores que tienden hacia la misma dirección, comportándose similarmente ya que comparten los compuestos identificados en dichas harinas teniendo en común los compuestos: 2-Nonenal, (E)- (120) con notas de olor verde, pepino, grasa y nuez, y notas de sabor a dulce, graso y cítrico (Burdock, 2016), el sabor graso se relacionó con los siguientes atributos generados por el panel entrenado, HLCOV con el atributo nuez y HLCOR cacahuate, por otro lado, el mismo compuesto marcó diferencias en ambas harinas, referido en el QDA para HLCOV con el descriptor hierbabuena parecido con la nota olor verde y HLCOR presentó la misma nota de olor a nuez, el hexanal (49) tiene un olor verde, pasto y graso (Ma et al., 2016) presentan concordancia con los descritos en el QDA, para HLCOV con hierbabuena y pasto y en HLCOR almendra (olor graso), la acetona (10) tiene un sabor dulce (Rodríguez, 2013) relacionado en HLCOR y HLCOV con nota láctea comparado con el QDA.

Los compuestos que marcan las diferencias en HLCOV son D-limoneno (73) y limoneno (78) con notas a menta, cítrico y limón (Khrisanapant et al., 2019) parecido al descriptor hierbabuena (QDA), 3-hexenilacetato (101), 5-hepten-2-one, 6-methyl- (103) y geranilacetona (166) se caracterizan por tener notas verdes relacionado con el atributo olor a pasto y para sabor el 2-pentilfurano (81) tiene notas de olor a judía verde y vegetal (Rodríguez, 2013), referido en el panel entrenado con el descriptor frijol verde. En HLCOR, los compuestos acetofenona (129) y pirrol (111) tienen un olor dulce (Ma et al., 2016) el cual se relaciona con nota láctea reportada por los jueces entrenados, 2-metilbutanal (17) y benzaldehído (116) presentan notas de olor y sabor a almendra que también se describieron en el QDA.

Matriz alimentaria: Masa de lenteja verde y roja. En las masas de lenteja crudas y cocidas variedad verde y roja se identificaron un total de 157 compuestos volátiles (Anexo 3) de los cuales se seleccionaron los compuestos aromáticos siendo un total de 73 que fueron clasificados en 9 grupos. De los 73 compuestos solo se presentan aquellos de los que se tienen descriptores ya reportados en la literatura y el resto pueden observarse en el Anexo 4.

Los compuestos con carácter de sabor y olor en las masas de harina de lenteja se presentan en la Tabla 45. En MLCRR se identificaron 36 compuestos de los cuales se dividieron en aldehídos (4), cetonas (3), alcoholes (6), terpenos (14), éteres (1), ésteres (5), bencénicos (2) y furanos (1), en MLCOR se reportaron 38 compuestos y fueron aldehídos (9), cetonas (2), alcoholes (3), terpenos (9), éteres (1), ésteres (8), hidrocarburos (1), azufrados (2), nitrogenados (1), bencénicos (1) y furanos (1). El perfil aromático de las masas mostro diferencias después de la cocción y manipulación mecánica (amasado), en MLCRR se perdieron 2 aldehídos, mientras que el hexanal y benzaldehído fueron estables frente a la cocción reportándose en MLCOR, así como 2-nonanal, (E), bencenoacetaldehído, Pentanal, Heptanal, Octanal, nonanal y 3-metilbutanal generados por el tratamiento térmico, las cetonas presentes en MLCRR se perdieron, y se generó acetofenona y geranilacetona, en MLCRR se perdieron los alcoholes reportados, y se identificaron en MLCOR alcohol bencílico, fenol y maltol, en MLCRR se perdieron 8 terpenos, β -mirceno, D-limoneno, L-limoneno, γ -terpineno, β -pineno y estireno se identificaron en ambas masas, (1R)-(+)- α -pineno, β -Felandreno y α -pineno se reportaron después de la cocción (MLCOR).

En la familia de los éteres solo se identificó difenil éter en MLCRR y MLCOR, en cuanto a los ésteres en MLCRR se perdió un compuesto, ácido benzoico, 2-amino metil éster, ácido acético, acetato de trans-3-hexenilo y 3-hexenilacetato permanecieron estables después de la cocción mientras que en MLCOR se generaron nuevos compuestos (acetato de etilo, 1-butanol, 3-metilacetato, ácido formico, 1-metiletil éster y ácido butanóico etil éster), en los compuestos bencénicos se encontró el tolueno en ambas MA, entre los furanos en MLCRR se reportó 2-metilfurano y MLCOR 2-etilfurano, los compuestos azufrados, nitrogenados e hidrocarburos no se identificaron en MLCRR, en cambio en MLCOR a partir de la cocción se generaron compuestos de las familias anteriormente mencionadas, metanotiol, disulfuro de dipropilo (azufrados), pirrol (nitrogenados) y diclorometano (hidrocarburos).

En MLCRV se detectó un total de 35 compuestos y se agruparon en aldehídos (9), cetonas (3), alcoholes (3), terpenos (9), ésteres (4), hidrocarburos (1), azufrados (2), nitrogenados (1), bencénicos (1) y furanos (2) y en MLCOV se identificaron 29 compuestos en las siguientes familias químicas; aldehídos (4), cetonas (1), alcoholes

(4), terpenos (9), ésteres (7), azufrados (1), nitrogenados (1), bencénicos (1) y furanos (1). En el grupo de los aldehídos en MLCRV se perdieron 6 compuestos, hexanal, 2-nonenal, (E) y benzaldehído fueron estables en MLCOV, se generó Octanal debido al procesamiento en MLCOV, entre las cetonas en MLCRV se perdieron 3-octanona y y-nonalactona, mientras que acetofenona estuvo presente en MLCRV y MLCOV, en la familias de los alcoholes en MLCRV se perdió un compuesto, y después del procesamiento se mantuvieron estables el etanol y alcohol bencílico, y se formó 1-octanol y 1-nonanol en MLCOV, entre los terpenos se perdieron tres compuestos en MLCRV (β -mirceno, D-limoneno, L-limoneno), (1R)-(+)- α -pineno, α -pineno y estireno se identificaron en ambas masas, en MLCOV se generaron γ -terpineno, β -Felandreno y Estragol debido a la cocción.

En la familia de los ésteres en MLCRV se perdió un compuesto en tanto que el ácido benzoico 2-aminometil éster, salicilato de metilo y 3-hexenilacetato se observaron en ambas masas, y se formaron 3 compuestos por la cocción en MLCOV (acetato de etilo, ácido butanóico etil éster y ácido acético), en MLCRV se reportó un hidrocarburo (1-octeno) sin embargo después del tratamiento térmico no se identificó en MLCOV, entre los compuestos azufrados en MLCRV se perdió un compuesto y el dimetilsulfuro fue estable frente a la temperatura reportándose en MLCRV y MLCOV, en los furanos ocurrió el mismo comportamiento se perdió un compuesto y 2-etilfurano se identificó en ambas masas, los nitrogenados presentaron el mismo compuesto (pirrol) al igual que en los bencénicos (tolueno).

En el perfil aromático de las matrices alimentarias harina y masa de la variedad roja y verde entre los aldehídos prevaleció el hexanal, los aldehídos actuaron de forma diferente, en las matrices alimentarias de la variedad verde se identificaron más compuestos en estado crudo, pero fueron menos estables frente a la cocción en HLCRV y MLCRV se perdieron (7 y 6 compuestos respectivamente), mientras que en las matrices alimentarias de la variedad roja se formaron más compuestos después de la cocción, por ejemplo, en HLCOR y MLCOR se generó pentanal, heptanal, nonanal y 2-nonenal, (E)-, por otra parte, el benzaldehído se identificó en todas las matrices alimentarias excepto HLCRR, 2-metilbutanal se generó después del tratamiento térmico

en HLCOR y HLCOV, el octanal fue un compuesto presente después de la cocción en HLCOV, MLCOV y MLCOR. La familia de las cetonas fueron diferentes en la variedad roja se reportó en HLCRR 2-heptanona, 3-octanona, Butanodiona, Acetoína, y nonalactona, en MLCRR se reportó y en HLCOR acetona, acetofenona, metilheptenona y geranilacetona que también se reportó en HLCOV, aunque en HLCOV y MLCRR se identificó 3-octanona.

Los alcoholes presentes en HLCRR y MLCRR fueron menos estables al tratamiento térmico, en comparación con HLCRV y MLCRV donde solo se perdió un compuesto, el fenol se generó después de la cocción en HLCOR y MLCOR, 1-octanol en HLCOV y MLCOV. Los terpenos como D-limoneno y L-limoneno estuvieron presentes en todas las harinas y masas crudas y cocidas de la variedad verde y roja, por efecto de la temperatura en la harina de la variedad roja se generaron más compuestos, en cambio en la harina de la variedad verde se perdieron, β -mirceno estuvo presente en ambas harinas (HLCOR y HLCOV), sin embargo, las masas actuaron diferente, en la masa de la variedad roja se perdieron más terpenos en comparación con la masa de la variedad verde, β -Felandreno se generó después de la cocción.

Los éteres presentes en las matrices de la variedad roja fue difenil éter, también se reportó en HLCOV, en las masas de la variedad verde no se identificaron éteres.

Los ésteres fueron un grupo inestable frente a la temperatura en las harinas de las dos variedades, ácido benzoico, 2-amino metil éster estuvo presente en todas las matrices alimentarias excepto en HLCRV, acetato de etilo y ácido butanóico etil éster se reportaron después de la cocción en MLCOR y MLCOV. Entre los compuestos nitrogenados el pirrol fue un compuesto identificado en todas las matrices alimentarias excepto en HLCRR y MLCRR, en los compuestos bencénicos el tolueno se identificó en todas las harinas y masas en estado crudo y por cocción variedad verde y roja, 1,3-dimetilbenceno se encontró fue un compuesto que prevaleció en todas las harinas, los furanos no se reportaron en HLCRR, 2-metilfurano solo se reportó en HLCRV, MLCRV y MLCRR, 2-etilfurano se reportó en todas las harinas y masas exceptuando HLCRR, y por cocción se generó 2-pentilfurano en HLCOV y HLCOR.

En HLCOR, HLCOV y MLCOR se detectaron dos familias químicas que no estuvieron presentes en HLCRR, HLCRV y MLCRR debido a la cocción los grupos identificados fueron hidrocarburos y azufrados, en MLCRV se reportó un hidrocarburo y dos azufrados.

Tabla 45 Compuestos volátiles con carácter aromático y su relación con descriptores de aroma y sabor en la MA masa de lenteja verde y roja, en estado crudo y por cocción tradicional.

COMPUESTO	MLCRR	MLCOR	MLCRV	MLCOR	DESCRIPTORES Olor/Sabor
ALDEHÍDOS					
Hexanal	ID	ID	ID	ID	Verde, pasto, grasa/fruta
2-Nonenal, (E)-	ND	ID	ID	ID	Verde, pepino, grasa, nuez/dulce, graso, cítrico, melón
2-Nonenal, (Z)-	ND	ND	ID	ND	Lirio, grasa, pepino
Bencenoacetaldehído	ND	ID	ID	ND	Verde, pungente/amargo, dulce y frutal
Tetradecanal	ID	ND	ID	ND	Graso, lirio/dulce, graso
Heptanal	ND	ID	ND	ND	Olor pungente/grasa
Octanal	ND	ID	ND	ID	Graso, cítrico, jabón, verde
2-Hexenal, (E)	ND	ND	ID	ND	Frutal, pasto, grasa/fruta
2-Hexenal	ND	ND	ID	ND	Olor pungente/grasa
2-Metilbutanal	ND	ND	ID	ND	Cacao, almendra
3-Metilbutanal	ND	ID	ND	ND	Pungente, manzana, almendra/dulce, chocolate
Pentanal	ND	ID	ND	ND	Acre/frutal, nuez
Nonanal	ND	ID	ND	ND	Grasoso, verde/cítrico
Benzaldehído	ID	ID	ID	ID	Almendra, Azúcar/almendra
Pentadecanal	ID	ND	ND	ND	Ceroso, fresco
ALCOHOLES					
Etanol	ID	ND	ID	ID	Característico/quemado
2-hexen-1-ol, (E)-	ID	ND	ND	ND	Verde, frondoso, afrutado
1-Hexanol	ID	ND	ID	ND	Verde, herbal, madera, dulce

Benzenemethanol, 4-(1-methylethyl)	ID	ND	ND	ND	Intenso, alcaravea/aromático, quemado
1-Pentanol	ID	ND	ND	ND	Dulce/quemado
1-nonanol	ND	ND	ND	ID	Rosa, naranja/graso, amargo
Alcohol bencílico	ND	ID	ID	ID	Dulce, floral, frutal/ dulce, picante
1-Octanol	ND	ND	ND	ID	Fresco, rosas, naranja, dulce/herbal
3-nonen-1-ol, (Z)-	ID	ND	ND	ND	Fresco, ceroso, verde, melón, champiñones
Fenol	ND	ID	ND	ND	Dulce e irritante
Maltol	ND	ID	ND	ND	Caramelo
CETONAS					
Acetofenona	ND	ID	ID	ID	Medicinal, dulce, picante, aromático a cerezo
γ -Decalactona	ID	ND	ND	ND	Frutal, melocotón
2-Heptanona	ID	ND	ND	ND	Frutal, picante, canela
3-Octanona	ND	ND	ID	ND	Frutal, lavanda
Geranilacetona	ND	ID	ND	ND	Dulce, verde, magnolia
γ -Nonalactona	ID	ND	ID	ND	Coco/graso
ÉSTERES					
Acetato de etilo	ND	ID	ND	ID	Piña
Dihidroxasmonato de metilo	ND	ND	ID	ND	Dulce, floral, frutal
Salicilato de metilo	ND	ND	ID	ID	Menta, especiado, dulce
1-butanol, 3-metil-, acetato	ND	ID	ND	ID	Dulce, plátano/agridulce
Formic acid, 1-methylethyl ester	ND	ID	ND	ND	Éter/dulce
Ácido hexanóico, etil éster	ID	ND	ND	ND	Frutal notas a piña-plátano
Ácido butanóico, etil éster	ND	ID	ND	ID	Frutal a piña, dulce
Ácido benzoico 2-amino metil éster	ID	ID	ID	ID	Flor naranja/amargo, picante
Ácido acético	ID	ID	ND	ID	Agrio, vinagre
Acetato de trans-3-hexenilo	ID	ID	ND	ND	Agrio, vinagre
3-hexenilacetato	ID	ID	ID	ID	Verde, frutal, floral, plátano
TERPENOS					
β -mircenol	ID	ID	ID	ID	Dulce, mosto, balsámico
Linalool	ID	ND	ND	ND	Floral agradable, nota alcanfor
D-Limoneno	ID	ID	ID	ID	Citrato, menta
Limoneno	ID	ID	ID	ID	Limón, notas alcanforadas
(1R)- (+)- α -Pinenol	ND	ID	ID	ID	Pino
γ -terpineno	ID	ID	ND	ID	Limón, madera/amargo, herbal, cítrico
Terpinoleno	ID	ND	ND	ND	Pino, dulce/amargo, herbal, cítrico
L-beta-pinenol	ID	ND	ND	ND	Herbáceo
α -Pinenol	ND	ID	ID	ID	Pino, trementina, resina

α -terpineno	ID	ND	ND	ND	Madera, limón/amargo
β -Pino	ID	ID	ID	ND	Herbal, pino, fresco
Acetato de terpenilo	ID	ND	ND	ND	Dulce, refrescante, herbáceo
Delta-3-Careno	ID	ND	ID	ND	Limón, resina/dulce, picante
Estireno	ID	ID	ID	ID	Dulce, balsámico, floral
p- α -dimetilestireno	ID	ND	ND	ND	Cítrico parecido al limón
β -Felandreno	ND	ID	ND	ID	Picante, menta
3-Careno	ID	ND	ID	ND	Sabor dulce, picante
Eugenol	ND	ND	ID	ND	Clavo/picante
Estragol	ID	ID	ND	ND	Anís/Dulce
ÉTERES					
Difenil éter	ND	ND	ND	ID	Floral, metálico
AZUFRADOS					
Metanotiol	ND	ID	ND	ND	Azufre, cebolla, ajo
Disulfuro de dipropilo	ND	ID	ND	ND	Acre parecido al azufre, ajo
Dimetilsulfóxido	ND	ND	ID	ND	Repollo, ajo
Dimetil sulfuro	ND	ND	ID	ID	Olor azufre, repollo, rábano crudo, cebolla, nota verde
FURANOS					
2-Metilfurano	ID	ND	ID	ND	Espicias, Ahumado
2-Etilfurano	ND	ID	ID	ID	Humo quemado, dulce/café
BENCÉNICOS					
Tolueno	ID	ID	ID	ID	Pintura
HIDROCARBUROS					
1-Octene	ND	ND	ID	ND	Gasolina
Diclorometano	ND	ID	ND	ND	Dulce, cloroformo
NITROGENADOS					
Pirrol	ND	ID	ID	ID	Dulce, cloroformo

ND: No detectado, ID: Identificado. (Burdock, 2016), (Company, 2023), (Khrisanapant et al., 2019), (Ma et al., 2016).

La masa es un material viscoelástico, se forma mediante la hidratación de la harina y el amasado (fuerza mecánica ejercida) (Bojňanská et al., 2021) durante el amasado hay un aumento de reacciones enzimáticas que dan como resultado sustratos útiles para la generación de compuestos volátiles, las lipoxigenasas participan en la oxidación de lípidos generando hidroperóxidos, además las condiciones de amasado influyen en la incorporación de oxígeno del aire, aumentando la oxidación de lípidos no enzimáticos,

así como el contacto entre la lipoxigenasa y el sustrato, lo que resulta en mayores cantidades de hidroperóxidos y oxidación de pigmentos carotenoides (Pico et al., 2017). El análisis de componentes principales (ACP) realizado en los compuestos seleccionados para masas de harina de lenteja (Figura 20) indica una varianza acumulada de 70.1 %, distribuida para el primer componente 38.4 % y el segundo componente 31.7 %. En la Figura se observa que la MLCRR (cuadrante II) presenta los compuestos 2-hexen-1-ol, (E)- (86) y 3-nonen-1-ol, (Z)- (113) con nota de olor fresco, ceroso y verde (Ma et al., 2016), dichas notas son similares a los descriptores calabacita y alfalfa generados por el panel de jueces entrenados. Acetato de terpenilo (118) y L- β -pineno (49) tienen notas herbáceas (Burdock, 2016), parecido al atributo alfalfa, 3-careno (74) tiene un olor dulce relaciona con olor a nuez (Company, 2023), 2-heptanona (61) presenta un olor picante, canela y frutal (Burdock, 2016) para el cual se reportó el descriptor cáscara de tamarindo (olor picante), α -terpineno (80) tiene un sabor amargo y es similar al descriptor haba, delta-3-careno (54), terpinoleno (79) y estragol (115) tienen notas de sabor dulce (Khrisanapant et al., 2019), el atributo que se relacionó es almendra, los descriptores anteriormente mencionados fueron generados por el panel de jueces entrenados (QDA).

La MLCOR (cuadrante III) presentó los siguientes compuestos: octanal (81) y nonanal (87) se perciben olores grasos, referido al QDA se relacionan con los atributos aceite y manteca, ácido butanóico etil éster (45) y pirrol (97), 1-butanol, 3-metil-, acetato (50) y acetofenona (110) se caracterizan por sus notas dulces y tienen similitud con el descriptor olor nuez, el descriptor hierbabuena se describe por compuestos que tienen notas alcanforadas como β -Felandreno (57), D-Limoneno (64), Limoneno (65), geranilacetona (124) tiene nota verde y dulce (Burdock, 2016) y se relaciona con los descriptores sabor harina de garbanzo (verde), nuez y papa (dulce). En las masas de lenteja roja prevalecieron las notas dulces con el descriptor olor nuez, sabor almendra (MLCRR) y sabor nuez y papa (MLCOR), las diferencias radican en que MLCRR presentó notas verdes, herbáceas (calabacita y alfalfa) y un sabor amargo (haba), mientras que MLCOR se relacionó con notas grasas (aceite y manteca), mentoladas (hierbabuena) y un sabor a verde (harina garbanzo). Las harinas de lenteja variedad roja tuvieron en común un olor y sabor con notas dulces y grasas (nuez, almendra,

cacahuete), HLCRR estuvo referida principalmente a un olor picante (canela), verde (harina garbanzo) y un sabor amargo.

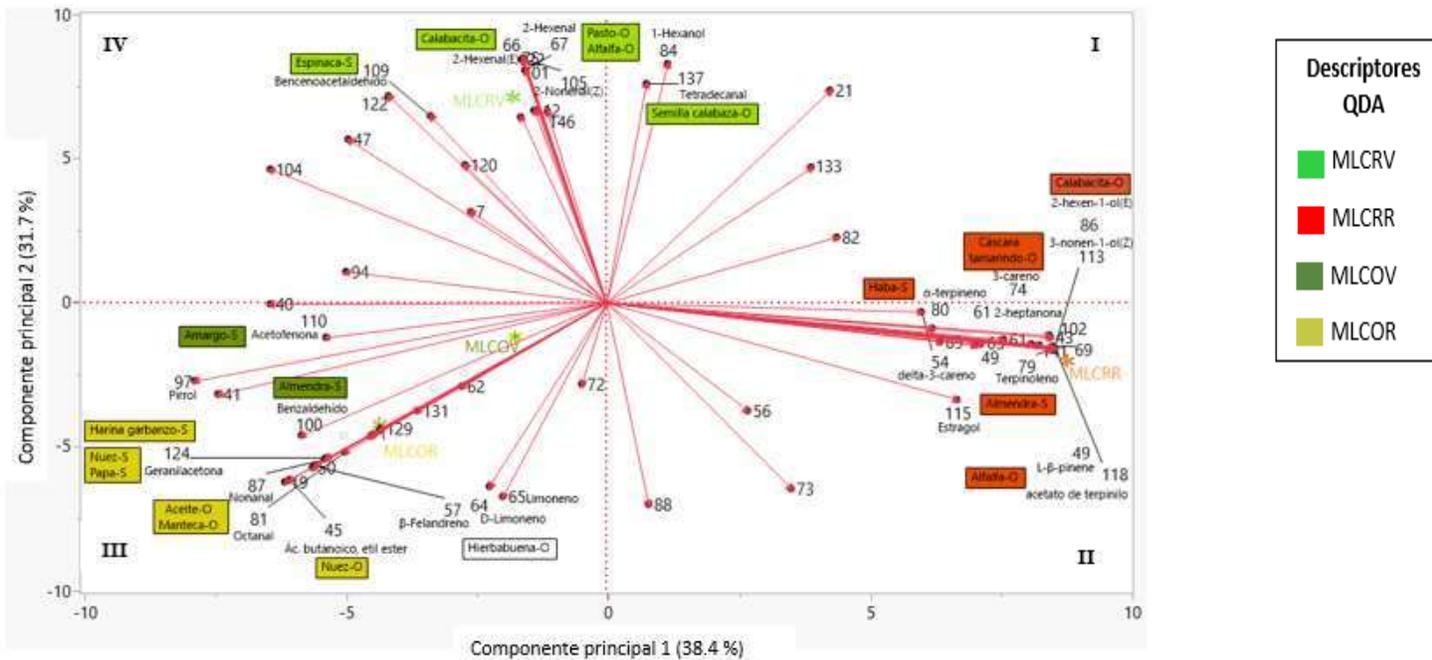


Figura 19 Análisis de componentes principales del perfil de compuestos volátiles obtenidos de las masas de lenteja. MLCRV: Harina de lenteja cruda verde, MLCRR: Harina de lenteja cruda roja, MLCOV: Harina de lenteja cocida verde, MLCOR: Harina de lenteja cocida roja.

La MLCRV (cuadrante IV) se relaciona con los siguientes compuestos: 2-Hexenal, (E)- (66), 2-Hexenal (67), 1-Hexanol (84) y bencenoacetaldéhid (109) los cuales tienen notas de olor verde, vegetal y herbal (Ma et al., 2016), al comparar estas notas con los resultados obtenidos en la evaluación sensorial con jueces entrenados, se demuestra que existe una relación con los atributos pasto, calabacita y alfalfa, 2-Nonenal, (Z)- (105) y tetradecanal (137) tienen un olor grasoso (Burdock, 2016), parecido al descriptor semilla de calabaza, bencenoacetaldéhid (109) presenta un sabor amargo que indica una relación con el descriptor espinaca reportado en el QDA. En lo que se refiere a MLCOV (cuadrante III) los compuestos que la describen son β -Felandreno (57), D-Limoneno (64), Limoneno (65) que imparten notas a menta (Khrisanapant et al., 2019) relacionado con el atributo hierbabuena, benzaldehid (100) tiene notas de olor y sabor almendra, el panel de jueces entrenados describió el mismo sabor (almendra). Acetofenona (110) presenta un sabor amargo (Rodríguez, 2013) y se relacionó con el descriptor espinaca.

Las masas de lenteja verde tuvieron en común el sabor amargo (espinaca), después de la cocción la masa de lenteja cocida verde no presentó olor verde y vegetal (pasto, alfalfa y calabacita) así como olor graso (semilla de calabaza) sin embargo en el sabor si se identificó por el descriptor almendra. Las harinas de lenteja variedad verde presentaron notas a verde (pasto, alfalfa y harina garbanzo) y sabor a frijol verde, las diferencias en HLCRV en olor se deben a notas a menta (hierbabuena), sabor vegetal (chícharo) y amargo mientras que en HLCOV se reportó un sabor graso, dulce (nuez y nota láctea) y a verde (frijol verde).

III.5.4 Nivel de agrado de los principales atributos de las matrices alimentarias de lenteja verde y roja.

La información obtenida de la evaluación sensorial con el análisis descriptivo cuantitativo (QDA) y los resultados químicos analíticos, permitieron establecer una relación entre los descriptores generados por parte de los jueces entrenados y los compuestos volátiles identificados, a través de sus notas de olor y sabor. El perfil sensorial se desarrolló a partir de dos metodologías, pruebas analíticas o cuantitativas, mediante un entrenamiento los jueces determinaron las diferencias en las características sensoriales de las matrices alimentarias, el panel desarrolló un léxico de atributos/descriptores relacionados con el olor y sabor, los panelistas evaluaron cuantitativamente la intensidad percibida para cada descriptor sensorial y, pruebas afectivas o subjetivas a través de jueces consumidores que no tienen que ser seleccionados ni llevar un entrenamiento previo, evaluaron el nivel de afecto para conocer la aceptación, preferencia o nivel de agrado que se tiene con relación al alimento evaluado.

La evaluación sensorial del color en las harinas y masas crudas y cocidas se observa en la Tabla 46 HLCRR obtuvo la mayor calificación (7.62), en la escala hedónica indica “Me gusta mucho”, lo que puede relacionarse con una mayor atracción de la coloración rojiza que presenta la harina, después se encuentra HLCOR (7.26) con una interpretación de “Me gusta”, debido a que el evaluador asocia la harina de color amarillo con otro tipo de

harinas ya conocidas (Wadhwa & Capaldi-Phillips, 2014) los valores de HLCRR y HLCOR fueron diferentes significativamente, mientras que HLCRV y HLCOV tuvieron calificaciones menores (6.14 y 5.94 respectivamente) y fueron iguales significativamente ($\alpha=0.05$).

Tabla 46 Nivel de agrado del color en harinas y masas de lenteja crudas y cocidas variedad verde y roja.

<i>Muestra</i>	<i>Calificación</i>	<i>Interpretación</i>	<i>Muestra</i>	<i>Calificación</i>	<i>Interpretación</i>
HLCRV	6.1c	Me gusta poco	MLCRV	4.8b	No me gusta ni me disgusta
HLCRR	7.6a	Me gusta mucho	MLCRR	7.1a	Me gusta
HLCOV	5.9c	Me gusta poco	MLCOV	4.5b	No me gusta ni me disgusta
HLCOR	7.3b	Me gusta	MLCOR	6.9a	Me gusta

Se utilizó una escala hedónica de nueve puntos; desde 1= me disgusta muchísimo hasta 9= me gusta muchísimo. Medias con letras diferentes difieren significativamente ($P<0.05$).

Las masas de la variedad roja presentan significativamente ($\alpha=0.05$) mayor calificación que la verde, relacionado con la variedad propiamente, MLCRR (7.10) y MLCOR (6.93) se clasifican como “Me gusta” en comparación con MLCRV (4.82) y MLCOV (4.53) como “No me gusta ni me disgusta”.

En cuanto al olor en las harinas y masas evaluadas (Tabla 47) los resultados demostraron que HLCOR, HLCOV y HLCRR presentaron calificaciones similares (6.26, 5.97 y 5.88), se clasificaron en la interpretación de “Me gusta poco”, por otro lado, HLCRV es la que obtuvo menor calificación con una interpretación de “No me gusta ni me disgusta”. De acuerdo con las calificaciones impartidas por los consumidores, se puede concluir que prefieren harinas con los descriptores nuez, almendra y nota láctea (HLCOR) que tienen notas de olor graso y dulce, pasto y hierbabuena (HLCOV) con notas verdes, pero con mayor intensidad en nota fresca y alcanforada, canela, nuez, harina de garbanzo y alfalfa (HLCRR), por lo contrario, HLCRV fue la de menor agrado, debido a que presentó únicamente los descriptores harina de garbanzo y alfalfa con mayor intensidad que HLCRR.

Tabla 47 Nivel de agrado del olor en harinas y masas de lenteja crudas y cocidas variedad verde y roja.

<i>Muestra</i>	<i>Calificación</i>	<i>Interpretación</i>	<i>Muestra</i>	<i>Calificación</i>	<i>Interpretación</i>
HLCRV	5.4c	No me gusta ni me disgusta	MLCRV	5.4ab	No me gusta ni me disgusta
HLCRR	5.9b	Me gusta poco	MLCRR	5.2b	No me gusta ni me disgusta
HLCOV	6.0ab	Me gusta poco	MLCOV	5.3ab	No me gusta ni me disgusta
HLCOR	6.3a	Me gusta poco	MLCOR	5.6a	Me gusta poco

Se utilizó una escala hedónica de nueve puntos; desde 1= me disgusta muchísimo hasta 9= me gusta muchísimo. Medias con letras diferentes difieren significativamente (P<0.05).

En las masas, MLCOR presentó una calificación de 5.65 considerándose como “Me gusta poco” mientras que las demás muestras presentaron calificaciones más bajas (MLCRV 5.44, MLCRR 5.19 y MLCOV 5.34) y se interpretaron como “No me gusta ni me disgusta”. En el panel de jueces entrenados se describió MLCOR con olor aceite, nuez, manteca y harina de garbanzo los atributos grasos se calificaron con mayor intensidad por lo que existe una tendencia de preferencia a las notas de olor graso y de menor aceptación a notas vegetales y verdes que estuvieron presentes en MLCRV pasto, semilla de calabaza, calabacita y alfalfa, MLCOV harina garbanzo, MLCRR obtuvo los descriptores calabacita, alfalfa, cáscara tamarindo, nuez y aceite, los dos últimos se comparten con MLCOR pero en MLCRR se presentaron con una baja intensidad por lo que no tuvo mayor afecto.

La evaluación del sabor en las harinas y masas de lenteja se reporta en la Tabla 48. HLCOR y HLCOV presentaron la mejor calificación 6.00 y 5.83, respectivamente, lo que significó un nivel de agrado de “Me gusta poco”, las harinas cocidas fueron iguales significativamente ($\alpha=0.05$) mientras que las harinas crudas presentaron diferencias estadísticamente significativas HLCRR (4.67) obtuvo la interpretación de “No me gusta ni me disgusta” y HLCRV con el valor más bajo (3.90) se clasificó como “Me disgusta poco”. El panel de consumidores prefirió las harinas tratadas térmicamente HLCOR por sus atributos, cacahuate, nota láctea y almendra los cuales se caracterizan por su sabor graso y dulce, HLCOV nuez, frijol verde y nota láctea que, aunque presentaron un sabor

que se considera desagradable (frijol verde), las notas de sabor graso y dulce fueron las de mayor aceptación, en HLCRR se describieron los mismos atributos cacahuete y almendra que HLCOR, pero en menor intensidad, y predominó un sabor amargo por el descriptor haba por lo que no alcanzó un nivel de preferencia por parte de los consumidores, HLCRV fue la de menor agrado al agrado, presentó un sabor amargo y a frijol verde, se consideran sabores desagradables.

En las masas se observó la mayor calificación en MLCOR (5.99) con una interpretación de “Me gusta poco”, después MLCOV y MLCRR (5.14 y 4.82) como “No me gusta ni me disgusta”, y, por último, la calificación menor fue de MLCRV (4.45) lo que significó “Me disgusta poco”. En relación a la matriz alimentaria harina y masa, existe una tendencia de mayor aceptación en HLCOR y MLCOR, así como la de menor aceptación HLCRV y MLCRV. Los atributos generados para la variedad verde emplean sabor almendra y haba (MLCRR) papa, nuez y harina de garbanzo (MLCOR), espinaca, harina de garbanzo (MLCRV) espinaca y almendra (MLCOV).

Tabla 48 Nivel de agrado del sabor en harinas y masas de lenteja crudas y cocidas variedad verde y roja.

Muestra	Calificación	Interpretación	Muestra	Calificación	Interpretación
HLCRV	3.90 c	Me disgusta poco	MLCRV	4.45 c	Me disgusta poco
HLCRR	4.67 b	No me gusta ni me disgusta	MLCRR	4.82 bc	No me gusta ni me disgusta
HLCOV	5.83 a	Me gusta poco	MLCOV	5.14 b	No me gusta ni me disgusta
HLCOR	6.00 a	Me gusta poco	MLCOR	5.99 a	Me gusta poco

Se utilizó una escala hedónica de nueve puntos; desde 1= me disgusta muchísimo hasta 9= me gusta muchísimo. Medias con letras diferentes difieren significativamente (P<0.05).

En la Tabla 49 se presentan los resultados referentes a la textura evaluada en las harinas y masas de lenteja. La muestra HLCOR es diferente significativamente al resto de las harinas, obtuvo el mayor nivel de agrado por parte de los consumidores con una calificación de 7.21, y se refiere a una interpretación de “Me gusta”, caso contrario en las demás muestras HLCOV, HLCRR y HLCRV que obtuvieron una calificación menor 6.49, 6.36 y 5.92 agrupándose como “Me gusta poco”.

Las calificaciones que presentaron las masas de la variedad roja difieren significativamente ($\alpha=0.05$) con las masas de la variedad verde, MLCOR y MLCRR obtuvieron calificaciones de 6.05 y 5.92 que indican “Me gusta poco”, mientras que MLCRV y MLCOV 5.23 y 5.13, se interpretaron como “No me gusta ni me disgusta”.

Tabla 49 Nivel de agrado de textura en harinas y masas de lenteja crudas y cocidas variedad verde y roja.

<i>Muestra</i>	<i>Calificación</i>	<i>Interpretación</i>	<i>Muestra</i>	<i>Calificación</i>	<i>Interpretación</i>
<i>HLCRV</i>	5.92 c	Me gusta poco	<i>MLCRV</i>	5.23 b	No me gusta ni me disgusta
<i>HLCRR</i>	6.36 bc	Me gusta poco	<i>MLCRR</i>	5.92 a	Me gusta poco
<i>HLCOV</i>	6.49 b	Me gusta poco	<i>MLCOV</i>	5.13 b	No me gusta ni me disgusta
<i>HLCOR</i>	7.21 a	Me gusta	<i>MLCOR</i>	6.05 a	Me gusta poco

Se utilizó una escala hedónica de nueve puntos; desde 1= me disgusta muchísimo hasta 9= me gusta muchísimo. Medias con letras diferentes difieren significativamente ($P<0.05$).

En diferentes investigaciones se ha demostrado que la incorporación de harinas de legumbres presentan un buen comportamiento sensorial, por ejemplo a partir de proteínas de diferentes fuentes de legumbres (harina de garbanzo, guisante, soja y germen algarroba) presentan mejora en las características físicas y comportamiento del pan sin gluten (Miñarro, 2012), la formulación con proteínas de leguminosas dan como resultado buenas características de viscoelasticidad, aumentando el volumen, firmeza, elasticidad, cohesión y masticabilidad en la elaboración de muffins (Shevkani, 2015), se ha reportado que las legumbres pueden alterar la textura y la sensación en boca de los alimentos de panadería sin gluten (Gómez et al., 2008), otros investigadores encontraron que la fortificación con harinas de leguminosas (garbanzo y caupí) mejoran las características sensoriales y texturales de pan de masa madre a base de sorgo (Olojede, 2020) .

III.5.5 Correlación del perfil fisicoquímico y tecno-funcional con el perfil sensorial de las matrices alimentarias de lenteja de dos variedades.

En la Figura 21 se presenta en el análisis de componentes principales la correlación entre el perfil fisicoquímico y tecno-funcional con el perfil sensorial, se puede observar que en cada cuadrante se ubican dos matrices alimentarias, HLCOR y HLCOR están en el cuadrante I, en el perfil tecno-funcional destacaron por su índice de absorción de agua (IAA), capacidad de absorción de agua (CAAS) y densidad aparente (DA), en el perfil sensorial tienen en común los descriptores olor nota láctea, almendra y sabor nota láctea, las familias químicas que las describen son aldehídos, terpenos y nitrogenados, en el panel de consumidores tuvieron mayor calificación en el olor y textura, HLCRR y HLCRV formaron un grupo en el cuadrante II, en el perfil fisicoquímico la luminosidad fue mayoritaria.

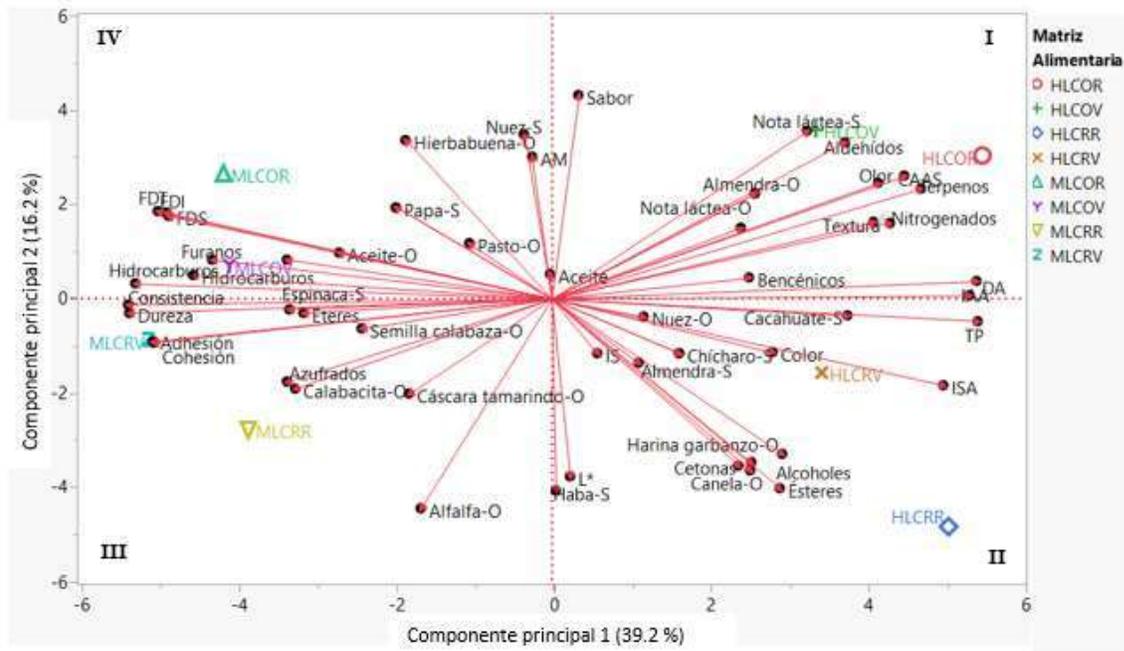


Figura 21 Gráfico de correlación entre el perfil fisicoquímico, tecno-funcional y sensorial de las matrices alimentarias variedad verde y roja.

En el perfil tecno-funcional tuvieron mayor índice de solubilidad de agua (ISA) y tamaño de partícula (TP), en el perfil sensorial presentaron mayor influencia en los descriptores

olor canela, olor harina de garbanzo, sabor cacahuate y chícharo, los alcoholes y ésteres fueron abundantes en dichas harinas, y el color fue el atributo con mayor calificación, en el cuadrante III se observan las matrices alimentarias MLCRR y MLCRV se caracterizaron por presentar mayor dureza, adhesión y cohesión, los descriptores olor calabacita y alfalfa las describen, así como la presencia de los compuestos azufrados y éteres, por último la MLCOV y MLCOR en el cuadrante IV, se demuestra que son las matrices alimentarias con mayor cantidad de fibra, y con descriptores de olor hierbabuena, aceite y sabor nuez y papa, los furanos, e hidrocarburos describen a las masas cocidas.

III.6 Conclusión.

Se identificaron los atributos que diferencian a cada matriz alimentaria de lenteja, mientras que la evaluación sensorial con consumidores demuestra que la calidad sensorial depende de la composición de compuestos volátiles y no volátiles, los cuales difieren respecto a la variedad de la lenteja y condiciones en el proceso de producción, las matrices alimentarias HLCOR y MLCOR presentaron un mayor nivel de agrado por su perfil de compuestos volátiles relacionado con los atributos con notas dulces y grasas (nuez, cacahuate, almendra y papa) que tienden a ser agradables en comparación con la variedad verde. Finalmente, las diferencias en las características sensoriales y el nivel de agrado entre las matrices alimentarias de lenteja se pueden correlacionar con las variaciones en la composición química.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, J. M. (2018). The Food Matrix: Implications in processing, nutrition and health. *Food Science and Nutrition*, 3612-3629. doi:<https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1502743>
- Aguilera, Y. (2009). Harinas de leguminosas deshidratadas: Caracterización nutricional y valoración de sus propiedades tecno-funcionales. Madrid.
- Alba-Martínez, J. (Noviembre de 2023). *RiuNet repositorio UPV*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/202764>
- Almora-Hernández, E., Barrios, L., Monteagudo-Borges, R., Lago-Abascal, V., Leon, G., & Rodríguez, E. (2021). *Peruvian Agricultural Research*, 3(2), 80-85. doi:<https://doi.org/10.51431/par.v3i2.705>
- Altuntas, E., & Demirtola, H. (2007). Effect of moisture content on physical properties of some grain legume seeds. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 35(4), 423-433. doi:10.1080/01140670709510210
- Altuntas, E., & Yildiz, M. (2007). *Journal of Food Engineering*, 177.
- Álvarez, C., Liconte, N., Pérez, E., Lares, M., & Perozo, J. (15 de Mayo de 2022). *Petroglifos Revista Crítica Transdisciplinar*, 5(1), 12-22. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.6548316>
- Apaza, B. (2023). *Repositorio Institucional Universidad Mayor de San Andres*. Obtenido de <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/34261>
- Arancibia, C. (2013). Impacto de la grasa y del azúcar en las propiedades físicas y sensoriales de diferentes tipos de matrices alimentarias.
- Arenas, D. (2022). Influencia de la germinación sobre la composición químico-proximal, bioactividad, minerales y propiedades térmicas de lenteja (*Lens culinaris M.*), arveja (*Pisum sativum L.*) y frijol del palo (*Cajanus cajan L.*) . Tingo María , Perú .
- Arqueros, S. (2020). Desarrollo de un snack extrusionado de harina de lenteja y maíz dirigido a la población con intolerancia al gluten.
- Azarnia, S., Boye, J. I., Warkentin, T., & Malcolmson, L. (2012). Application of gas chromatography in the analysis of flavour compounds in field peas. En B. Salih, & Ö. Çelikbıçak, *Gas chromatography in plant science, wine technology, toxicology*

- and some specific applications* (págs. 16-28). Saskatoon : InTech.
doi:DOI:10.5772/34053
- Azarnia, S., Boye, J. I., Warkentin, T., Malcolmson, L., Sabik, H., & Bellido, A. (2011). Volatile flavour profile changes in selected field pea cultivars as affected by crop year and processing. *Food Chemistry*, *124*, 326-335.
doi:doi:10.1016/j.foodchem.2010.06.041
- Bello-Pérez, L., Osorio-Díaz, P., Agama-Acevedo, E., Nuñez-Santiago, C., & Paredes-López, O. (2002). Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*, 320-321.
- Benayad, A., & Abousshaleh, Y. (2021). Mineral composition of lentils: physiological functions, antrinutritional effects, and bioavailability enhancement. *Journal of food quality*, 5-6.
- Benmeziane, F. R.-A. (2021). entil (*Len culinaris*) flour addition to yogurt: Impact on physicochemical, microbiological and sensory attributes during refrigeration storage and microstructure changes. *WT- Food Science and Technology*, 1-9 .
doi:https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110793
- Biju, S. F. (2021). Silicon supplementation improves the nutritional drought-stressed plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *101*(4), 1454–1466.
doi:https://doi.org/10.1002/jsfa.10759
- Blajman, J., & Zarate, G. (2020). *Repositorio Institucional CONICET Digital*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11336/200264>
- Bojňanská, T., Musilová, J., & Vollmannová, A. (2021). Effects of Adding Legume Flours on the Rheological and Breadmaking Properties of Dough. *Foods*, *10*, 1087.
doi:https://doi.org/10.3390/foods10051087
- Bourré, L., P, F., Young, G., Borsuk, Y., Sopiwnyk, E., Sarkar, A., . . . Malcolmson, L. (2019). Influence of particle size on flour and baking properties of yellow pea, navy bean, and red lentil flours. *Cereal Chem*.
- Boye, J. I., Aksay, S., Roufik, S., Ribéreau, S., Mondor, M., Farnworth, E., & Rajamohamed, S. H. (2010). Comparision of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. *Food Research International*, 540.

- Bragança, G., Ávila, B., Rockenbach, R., Santos, M., Alves, G., de los Santos, M., . . . Elias, M. (2020). Effects of different hydration treatments on technological, physical, nutritional, and bioactive parameters of lentils. *Rev Chil Nutr*, 662.
- Briand, L., & Salles, C. (2016). Taste perception and integration. En P. G. Etiévant, *Flavor From Food to Behaviors, Wellbeing and Health* (págs. 101–119). Duxford, UK: Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100295-7.00004-9>
- Burdock, G. (2016). *Fenaroli's handbook of flavor ingredients*. CRC Press . doi:10.1201/9781439847503
- Campoverde, J., Santín, K., & Figueroa, J. (2022). *Cienc. Tecnol. Agropecuaria* , 23(1). doi:https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num1_art:2265
- Cappelli, A., Oliva, N., & Cini, E. (2020). A systematic review of gluten-free dough and bread: dough reology, breas characteristics, and improvement strategies. *Applied Sciences*, 1-19. doi:<https://doi.org/10.3390/app10186559>
- Caprioli, G., Giusti, F., Ballini, R., Sagratini, G., Vila-Donat, P., Vittori, S., & Fiorini, D. (2015). Lipid nutritional value of legumes: Evaluation of different extraction. *Food Chemistry*, 967-968.
- Carboni, A., Weisstaub, A., Ferrero, C., Zuleta, A., & Puppo, M. (2022). Impact of lentil-wheat bread on calcium metabolism, cecal and serum parameters in growing Wistar rats. *Food Bioscience*, 48. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101805>
- Cárdenas-Mazón, N., Cevallos-Hermida, C., Salazar-Yacelga, J., Romero-Machado, E., Gallegos-Murillo, P., & Cáceres-Mena, M. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Dominio en Ciencias* , 4(3), 253-263. doi:<http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.4.3.julio253-263>
- Chahota, R. K., Sharma, T. R., & Sharma, S. K. (2019). Conventional genetic manipulations. En M. Singh, *Lentils: Potential Resources for Enhancing Genetic Gains* (págs. 43-51). London : Academic Press .
- Chambers, E. (2019). Analysis of sensory properties in foods: a special issue. *Foods*.

- Chel, L., Corzo, L., & Betancur, D. (2003). Estructura y propiedades funcionales de proteínas de leguminosas. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*, 37-39.
- Chelladurai, V., & Erkinbaev, C. (2020). Lentils. En A. Manickavasagan, & P. Thirunathan, *Pulses* (pág. 129). Switzerland : Springer .
- Chigwedere, C. M., Wanasundara, J. P., & Shand, P. J. (2022). Sensory descriptors for pulses and pulse-derived ingredients: Toward standardized lexicon and sensory wheel. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 21, 999-1023 . doi:<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12893>
- Cichońska, P., Kostyra, E., Piotrowska, A., Ścibisz, I., Roszko, M., & Ziarno, M. (2024). Enhancing the sensory and nutritional properties of bean-based and lentil-based beverages through fermentation and germination. *LWT*, 199(1), 116-140. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116140>.
- CODEX. (2007). *Cereales, legumbres, leguminosas y productos proteínicos vegetales*. . Roma: OMS, FAO .
- Company, T. G. (15 de Noviembre de 2023). *Odor type listing*. Obtenido de <https://www.thegoodscentcompany.com/allodor.html>
- Contreras, B. (30 de Marzo de 2015). Efecto del tiempo de acondicionamiento sobre las propiedades reológicas de masa de maíz nixtamalizada obtenida por extrusión. Queretaro , Queretaro , México .
- Córdoba, A. (2005). Caracterización de propiedades relacionadas con la textura de suspensiones de fibras alimentarias.
- Cosson, A. B.-E. (2021). Using a mixture design and fraction-based formulation to better understand perceptions of plant-protein-based solutions. *Food Research International*, 141, 110-151. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110151>
- Cosson, A. S. (2020). Using multiple sensory profiling methods to gain insight into temporal perceptions of pea protein-based formulated foods. *Foods*, 9(8), 969. doi:<https://doi.org/10.3390/foods9080969>
- Cubero, J., Pérez de la Vega, M., & Fratini, R. (2009). Origin, Phylogeny, Domestication and Spread. En W. Erskine, F. Muehlbauer, A. Sarker, & B. Sharma, *The Lentil: Botany, Production and Uses* (pág. 11). CAB International .

- De Almeida Costa, G. E., Queiroz-Monici, K. d., Machado Reis, S. M., & Costa de Oliveira, A. (2006). Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 328-329.
- Dhull, S. B., Kinabo, J., & Uebersax, M. A. (2023). Nutrient profile and effect of processing methods on the composition and functional properties of lentils (*Lens culinaris* Medik): A review. *Legume Science*, 5(1). doi: <https://doi.org/10.1002/leg3.156>
- Díaz, I. (2015). Legumbres. *Distribución y consumo*, 1, 46-54.
- Diego-Zarate, L., Méndez-Zamora, G., Rivera-De Alba, J., & Flores-Girón, E. (5 de Septiembre de 2022). *Rev Biotecnia*, 23(2), 89-95. doi:<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i2.1377>
- Doxastakis, G., Zafiriadis, I., Irakli, M., Marlani, H., & Tananaki, C. (2002). Lupin, soya and triticale addition to wheat flour doughs and their effect on rheological properties. *Food Chemistry*, 221.
- Drake, M., Watson, M., & Liu, Y. (2023). Sensory Analysis and Consumer Preference: Best Practices. *Annual Review of Food Science and Technology*, 14, 427-448. doi:DOI:10.1146/annurev-food-060721-
- Dueñas, M., Sarmiento, T., Aguilera, Y. B., Mollá, E., Esteban, R., & Martín-Cabrejas, M. (2016). Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and lentils (*Lens culinaris* L.). *Food Science and Technology*, 74.
- Dussán-Sarria, S., Hurtado-Hurtado, D., & Camacho-Tamayo, J. (2019). Granulometría, propiedades funcionales y propiedades de color en las harinas de quinua y chontaduro. *Información tecnológica*.
- Dutta, H., Mishra, G., Aski, M., Bosamia, T., Mishra, D., Bhati, J., . . . Kumar, S. (2022). Comparative transcriptome analysis, unfolding the pathways regulating the seed-size trait in cultivated lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Front. Genet.*, 2.
- Erskine, W., Muehlbauer, F., Sarker, A., & Sharma, B. (2009). Introduction . En W. Erskine, F. Muehlbauer, A. Sarker, & B. Sharma, *The Lentil: Botany, Production and Uses* (págs. 1-2). London, UK : CABI .

- Espinosa, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. El vedado, Ciudad de La Habana: Universitaria. Obtenido de https://books.google.es/books?id=heDzDwAAQBAJ&lpq=PP6&ots=yjOkWbwm_H&dq=que%20es%20la%20evaluaci%C3%B3n%20sensorial&hl=es&pg=PP6#v=onepage&q=que%20es%20la%20evaluaci%C3%B3n%20sensorial&f=false
- FAO. (2016). *Legumbres, semillas nutritivas para un futuro sostenible*.
- FAOSTAT. (27 de 12 de 2023). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Recuperado el 27 de 02 de 2024, de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Fardet, A. (2017). Do the physical structure and physicochemical characteristics of dietary fibers influence their health effects? En F. Hosseinian, B. D. Oomah, & R. Campos-Vega, *Dietary fibre functionality in food and nutraceuticals* (págs. 1-19). Canada: John Wiley & Sons. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119138105.ch1>
- Faris, M., Trakuri, H., & Issa, A. (2013). Role of lentils (*Lens culinaris* L.) in human health and nutrition: a review . *Mediterr J Nutr Metab* , 7.
- Flores, M., & Soto, J. (2017). Evaluación nutricional de galletas dulces con sustitución parcial por harina de arroz (*Oryza sativa*) y harina de lenteja (*Lens culinaris*). (R. UNCP, Recopilador) Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4775>
- Fouad, A. A., & Rehab, F. M. (2015). Effect of germination time on proximate analysis, bioactive compounds and antioxidant activity of lentil (*Lens culinaris* Medik.) sprouts. . *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* , 236-237 .
- Gao, R. S. (2020). Glycemic index of lentil- and cherry-based sport nutrition products for endurance athletes. *Science & Sports*, 36(3), 234-240. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scispo.2020.05.007>
- García, Y., Cabrera, D., Ballestas, J., & Campo, M. (2019). Efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre las propiedades tecfuncionales de la harina de frijól blanco (*Phaseolus Lunatus* L.) y la determinación de su potencial uso agroalimentario. *INGE CUC*, 133-138.
- García-Quiroga, M. (2013). Los sentidos en la cocina. En G. A. Cordero-Bueso, *Aplicación del análisis sensorial de los alimentos en la cocina y en la industria alimentaria* (pág. 39). España: Cordero Bueso, Gustavo Adolfo.

- Gharibzahedi, S. Y., Mousavi, S., Jafari, S., & Faraji, K. (2012). Proximate composition, mineral content, and fatty acids profiles of two varieties of lentil seeds cultivated in Iran. *Chemistry of Natural Compounds*, 977.
- Ghumman, A., Kaur, A. K., & Singh, N. (2016). Impact of germination on flour, protein, starch, characteristics of lentil (*Lens culinaris*) and horsegrma (*Macrotyloma uniflorum* L.) lines. *Food ans Science Technology*, 139.
- Gómez, B., Ábalos, R., & Igual, C. (12 de Noviembre de 2023). Formación de un panel sensorial para evaluar la textura de calabaza y batata cocidas a vacío. *Ciencia, Docencia Y Tecnología Suplemento*, 13(15), 368-38. Obtenido de <http://id.caicyt.gov.ar/ark://qsopo3249>
- Gómez, M., Oliete, B., Rosell, C., & Pando, V. (2008). Studies on cake quality made of wheat–chickpea flour blends. *LWT-Food Science and Technology*, 41(9), 1701-1709. doi:DOI:10.1016/j.lwt.2007.11.024
- Grusak, M. (2009). Nutritional and Health-beneficial. En W. Erskine, F. Muehlbauer, A. Sarker, & B. Sharma, *The Lentil: Botany, Production and Uses* (págs. 369-374). London, UK: CAB International.
- Hall, C., Hillen, C., & Garden, J. (2016). Composition, nutritional Value, and health benefits of pulses . *Ceral Chem* , 11.
- Hamid, N., Pettitt, N., Liu, Y., & Kantono, K. (2023). Sensory Properties of Cooked Lentils and Lentil-Based Products. En J. Ahmed, M. Siddiq, & M. Uebersax, *Lentils: Production, Processing Technologies, Products, and Nutritional Profile* (págs. 365-392). Wiley . doi:<https://doi.org/10.1002/9781119866923.ch15>
- Han, J., Janz, J., & Gerlat, M. (2010). Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions. *Food Research International*, 43, 627-633. doi:DOI:10.1016/j.foodres.2009.07.015
- Hernández, P., Reyó, A., & Córdova, M. (17 de Julio de 2023). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1), 686–696. doi:<https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.90>
- Hernández-Hernández, N., Báez-González, J., García-Alanís, K., Bautista-Villarreal, M., & Durán-Lugo, R. (2023). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1), 47-52. doi:<https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.11>

- Hernández-Olivas, E., Rocha-Esparza, M., Márquez-Meléndez, R., Talamas-Abbud, R., Galicia-García, T., Torres-Flores, N., & Ramírez-Wong, B. (2016). Caracterización de masas con base en mezclas de frijol-maíz y garbanzo-maíz. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 33-35.
- Herrera, F., Otero, E., Jiménez, J., & Perdomo, D. (1 de Junio de 2022). *Revista ION*, 35(1), 103-116. doi:<https://doi.org/10.18273/revion.v35n1-2022007>
- Herrera, V., Altamirano, S., García, M., & Joaquín, A. (27 de Abril de 2023). *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 14(2), 1-12. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9273008>
- Herrero, A. (6 de Septiembre de 2022). Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de amaranto. (R. I. UPV, Recopilador) Valencia. doi:<http://hdl.handle.net/10251/185390>
- Ibañez, M., de Blas, C., Cámara, L., & Mateos, G. (2020). Chemical composition, protein quality and nutritive value of commercial soybean meals produced from beans from different countries: A meta-analytical study. *Animal Feed Science and Technology*, 3.
- Jabeen, A., Hassan, S., Masoodi, L., Ajaz, N., & Rafiq, A. (2018). Physico-chemical composition and functional properties of blended flour obtained from lentil, pumpkin and barley for development of extrudates. *J Food Process Technol*, 5.
- Jackson, N. (September de 2020). Light transmission properties of lentil (*Lens culinaris* Medik.) seed coat and effect of light exposure on cotyledon quality. Saskatoon , Saskatchewan , Canada.
- Jackson, N., Noble, S. D., & Vandenberg, A. (2021). Evaluating the effect of light exposure and seed coat on lentil cotyledon color by computer vision. *Legume Science*, 3(4), 1-12. doi:<https://doi.org/10.1002/leg3.98>
- Jackson, N., Noble, S. D., & Vandenberg, A. (2021). Evaluating the effect of light exposure and seed coat on lentil cotyledon color by computer vision. *Legume Science* , 3(4), 1-12. doi: <https://doi.org/10.1002/leg3.98>
- Jarpa-Parra, M. (2018). Lentil protein: a review of functional properties and food application. An overview of lentil protein functionality. *International Journal of Food Science and Technology*, 892-203. doi:[doi:10.1111/ijfs.13685](https://doi.org/10.1111/ijfs.13685)

- Johnson, N., Johnson, C. R., Thavarajah, P., Kumar, S., & Thavarajah, D. (2020). The roles and potential of lentil prebiotic carbohydrates in human and plant health. *Plants, People, Planet*, 2(4), 310-319. doi:<https://doi.org/10.1002/ppp3.10103>
- Kaale, L. D., Siddiqq, M. S., & Hooper, S. (2023). Lentil (*Lens culinaris* Medik) as nutrient-rich and versatile food legume: A review. *Legume Science*, 5(2), 1-11. doi:DOI: 10.1002/leg3.169
- Kan, L., Nie, S., Hu, J., Wang, S., Bai, Z., Wang, J., . . . Song, K. (2018). Comparative study on the chemical composition, anthocyanins, tocopherols and carotenoids of selected legumes. *Food Chemistry*, 3.
- Karolkowski, A., Guichard, E., Briand, L., & Salles, C. (2021). Volatile Compounds in Pulses: A Review. *Foods*, 10(12), 3140 . doi: <https://doi.org/10.3390/foods10123140>
- Kaur, M., & Sandhu, K. S. (2010). Functional, thermal and pasting characteristics of flours from different lentil (*Lentils culinaris*) cultivars. *J Food Sci Technol*, 273-276.
- Kemp, S. E., Ng, M., Hollowood, T., & Hort, J. (2018). Introduction to Descriptive Analysis. En S. E. Kemp, T. Hollowood, & J. Hort, *Descriptive analysis in sensory evaluation* (págs. 7-9). Hoboken, USA: Wiley Blackwell. doi:10.1002/9781118991657
- Khrisanapant, P., Kebede, B., Leong, S., & Oey, I. (2019). A Comprehensive Characterisation of Volatile and Fatty Acid Profiles of Legume Seeds. *Foods*, 8(12), 651. doi:doi:10.3390/foods8120651
- Koukoumaki, D., Giannoustos, K., Devanthi, V., Karmiris, P., Bourni, S., Monemvasioti, A., . . . Gkatzionis, K. (2022). Effect of wheat replacement by pulse flours on the texture, color, and sensorial characteristics of crackers: flash profile analysis. *International Journal of Food Science*, 1-14. doi:<https://doi.org/10.1155/2022/2354045>
- Krause, S., Keller, S., Hashemi, A., Descharles, N., Bonazzi, C., & Rega, B. (2022). From flours to cakes: Reactivity potential of pulse ingredients to generate volatile compounds impacting the quality of processed foods. *Food Chemistry*, 371. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131379>.
- Kumar, S., & Pandey, G. (2020). Biofortification of pulses and legumes to enhance nutrition. *Heliyon*, 6(3). doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03682>

- Lamsal, B., & Faubion, J. (2009). Effect of an enzyme preparation on wheat flour and dough color, mix-in, and test baking. *Food Science and Technology*, 1461-1462.
- Latham, M. C. (2002). *Colección FAO: Alimentación y nutrición N° 29*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/w0073s/w0073s00.htm#Contents>
- Lawless, H., & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food*. New York : Springer .
- Lee, S.-Y., Yeo, Y.-S., Park, S.-Y., Lee, S.-G., Lee, S.-M., Cho, H.-S., . . . Oh, S.-W. (2017). Compositional analysis of lentil (*Lens culinaris*) cultivars related to colors and their antioxidative activity. *Plant Breed. Biotech.*, 194-197.
- Li, M., Xia, M., Imran, A., de Souza, T., Barrow, C., Dunshea, F., & Suleria, H. (2023). Nutritional Value, Phytochemical Potential, and Biological Activities in Lentils (*Lens Culinaris Medik.*): A Review. *Food Reviews International*. doi:<https://doi.org/10.1080/87559129.2023.2245073>
- Li, S. (2020). The instrumental texture, descriptive sensory profile, and overall consumer acceptance of lentil-enriched crackers.
- López, L. (1996). Nuevas técnicas para determinar la calidad de las legumbres.
- Loyola, C. (2021). *Repositorio Académico de la Universidad de Chile*. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/181318>
- Lu, Z., Donner, E., Tsao, R., Ramdath, D., & Liu, Q. (2017). Physicochemical and digestion characteristics of flour and starch from eight Canadian red and green lentils. *International Journal of Food Science and Technology*, 1-12. doi:[doi:10.1111/ijfs.13649](https://doi.org/10.1111/ijfs.13649)
- Ma, Z., Boye, J., Azarnia, S., & Simpson, B. (2016). Volatile flavor profile of Saskatchewan grown pulses affected by different thermal processing treatments. *International Journal of Food Properties*, 19(10), 2251-2271. doi:<https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1121494>
- Ma, Z., Boye, J., Simpson, B., Prasher, S., Monpetit, D., & Malcolmson, L. (2010). Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. *Food Research International*, 2538-2539.
- Marchini, M. C. (2021). The use of red lentil flour in bakery products: How the particle size and substitution level affect rheological properties of wheat bread dough?

- LWT- Food Science and Technology*, 136 , 1-17.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110299>
- Marful, P. (2019). Aplicación de técnicas estadísticas al análisis sensorial inteligente. Universidad de Santiago de Compostela .
- Marques, C., Correia, E., Dinis, L.-T., & Vilela, A. (2022). An Overview of Sensory Characterization Techniques: From Classical Descriptive Analysis to the Emergence of Novel Profiling Methods. *Foods*, 11, 255.
doi:<https://doi.org/10.3390/foods11030255>
- Martín-Cabrejas, M., Aguilera, Y., Pedrosa, M., Cuadrado, C., Hernández, T., Díaz, S., & Esteban, R. (2009). The impact of dehydration process on antinutrients and protein digestibility of some legume flours. *Food Chemistry*, 114(3), 1063-1068 .
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.070>
- Martínez, S., & Carballo, J. (2021). Physicochemical, sensory and nutritional properties of foods affected by processing and storage. *Foods*, 10(12), 2-8.
doi:<https://doi.org/10.3390/foods10122970>
- Meilgaard, M. C., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2016). *Sensory Evaluation Techniques*. New York : CRC Press.
- Mejía, K., & Díaz, F. (20 de Julio de 2023). *Repositorio Institucional Universidad de Cordoba*. Obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/7515>
- Ministerio de Agricultura y Riego, M. (Junio de 2016). Leguminosas de granos. Lima, Perú. Obtenido de <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/legumbres/catalogo-leguminosas.pdf>
- Miñarro, B. A. (2012). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 476-281.
doi:DOI:10.1016/j.jcs2012.04.012
- Montoya, J. (2020). Formulación de una matriz alimentaria a base de harina de plátano Dominicano Hartón (*Musa paradisiaca* L.) para el diseño de alimentos funcionales libres de gluten.

- Montoya, K. (2023). Evaluación de compuestos antinutricios, propiedades tecno-funcionales y digestión in vitro de harinas de leguminosas extrudidas. Obtenido de <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/9972/1/FQMAC-309115.pdf>
- Murillo, R. (14 de Septiembre de 2020). *RiuNet repositorio UPV*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/150018>
- Nasser, S. (5 de Marzo de 2024). Impacto del consumo de pan artesanal enriquecido con harina de garbanzo en la glucemia prandial de individuos con Diabetes Mellitus 2. (R. U. Plata, Recopilador) Argentina. doi:<https://doi.org/10.35537/10915/163762>
- Nleya, T., Vandenberg, A., Walley, F., & Deneke, D. (2016). Lenteil: Agronomy . *Elsevier*, 223.
- NOM-247-SSA1-2008. (s.f.). *SEGOB*. Obtenido de [https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009#gsc.ta
b=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009#gsc.tab=0)
- NTP, N. T. (2019). Lenteja grado de calidad (NTP 205.022). Perú. Obtenido de [http://zonasegura.seace.gob.pe/documentos//documentos/FichaSubInv/1307001
33radDA103.pdf](http://zonasegura.seace.gob.pe/documentos//documentos/FichaSubInv/130700133radDA103.pdf)
- Nuñez, F. (2022). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta productora de fideos cortos a base de harina de trigo (*Triticum aestivum*) enriquecidos con harina de lenteja (*Lens culinaris*).
- Nutricional, J. d. (20 de Diciembre de 2021). Especificación Técnica de Calida (ETC). Baja California, México. Obtenido de [http://www-
2.baja.gob.mx/apps/comnetbc.nsf/dfba4a014d238baa88256e7c000608d9/59905
4FC6DFFEACF882587E000004448/\\$file/ETC%2017%20-%20Lenteja.pdf](http://www-2.baja.gob.mx/apps/comnetbc.nsf/dfba4a014d238baa88256e7c000608d9/599054FC6DFFEACF882587E000004448/$file/ETC%2017%20-%20Lenteja.pdf)
- Olojede, A. O. (2020). Effect of legume addition on the physiochemical and sensorial attributes of sorghum-based sourdough bread. *LWT - Food Science and Technology*, 118(6), 1-19. doi:DOI:10.1016/j.lwt.2019.108769
- Ozyurt V. H., Ö. S. (2016). Effect of food processing on the physicochemical properties of dietary fibre. *Acta Sci.Pol. Technol. Aliment.*, 15(3), 233-245. doi:<https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.3.23>

- Pasqualone, A., Costantini, M., Labarbuta, R., & Summo, C. (2021). Production of extruded-cooked lentil flours at industrial level: Effect of processing conditions on starch gelatinization, dough rheological properties and techno-functional parameters. . *Food Science and Technology* , 3-6.
- Patterson, C. A., Curran, J., & Der, T. (2017). Effect of Processing on Antinutrient Compounds in Pulses. *Cereal Chemistry*, 94(1), 2-10. doi:<https://doi.org/10.1094/CCHEM-05-16-0144-FI>
- Paucean, A., Moldovan, P. O., Mureșan, V., Socaci, S., Dulf, F., Alexa, E., . . . Muste, S. (2018). Folic acid, minerals, amino-acids, fatty acids and volatile compounds of green and red lentils. Folic acid content optimization in wheat-lentils composite fours. . *Chemistry Central Journal*, 5.
- Pellegrino, N., Giancomino, M., & Curia, A. (2013). Diseño, elaboración y características sensoriales de un alimento para tercera edad. *Rev Esp Nutr Comunitaria*, 29-36.
- Pellegrino, S., & Panna, A. (28 de Febrero de 2022). *Fine dining lovers* . Obtenido de <https://www.finedininglovers.com/es/noticia/tipos-de-lentejas>
- Penicela, L. (2010). The influence of seed coat and cotyledon structure on cooking characteristics of cowpeas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2263/25934>
- Peralta, B. (2022). Determinación del perfil sensorial, estabilidad de atributos y preferencia en consumidor, de 2 propuestas mejoradas del sazónador limón frente a un competidor nacional, aplicados a un snack de papa freída en Comestibles Ricos S.A en Bogotá. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/49176/Blperaltav.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pico, J., Martínez, M., Bernal, J., & Gómez, M. (2017). Evolution of volatile compounds in gluten-free bread: From dough to crumb. *Food Chemistry*, 227(15), 179-186. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.098>
- Pieniazek, F., Sancho, A., & Messina, V. (2015). Texture and color analysis of lentils and rice for instant meal using image process techniques. *Journal of Food Processing and Preservation* , 4-5.
- Podder, R., Hassan Al Imam, M., Jahan, I., Yunus, F., Muhit, M., & Vandenberg, A. (2020). Sensory Acceptability of Dual-Fortified Milled Red and Yellow Lentil (Lens

- culinaris Medik.) Dal in Bangladesh. *Foods*, 9(8), 992 . doi: <https://doi.org/10.3390/foods9080992>
- Ponce, E. (2019). Aroma y sabor. En S. Badui Dergal, *Química de los alimentos* (págs. 445-461). México: Pearson educación.
- Rachel, T. (2012). Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecnofuncionales de leguminosas.
- Raghuvanshi, R., & Singh, D. (2009). Food Preparation and Use. En W. Erskine, *The Lentil: Botany, Production and Uses* (págs. 409-410).
- Rani, V., & Grewal, R. (2014). Physical and functional properties of six varieties of lentil (Lens culinaris Medik.) . *Asian Journal of dairy & food research* , 126-127 .
- Rawal, V., & Bansal, V. (2019). Lentil: emergence of large-scale, export-oriented production . En V. Rawal, & D. K. Navarro, *The Global Economy of Pulses* (págs. 77-79). Rome : FAO.
- Real Academia Española. (16 de 04 de 2024). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/menestra?m=form>
- Rebello, C., Greenway, F., & Finley, J. (2014). Cereales integrales y legumbres: una comparación de los beneficios nutricionales y para la salud. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 29-49.
- Rehman, W., Shah, S., Younis, K., Nawaz, M., Kaleem, M., & Hameed, G. (2011). A comparative study of various graind from the different cities of Pakistan . *Environ Monit Assess*, 154-155 .
- República, S. d. (01 de Octubre de 2019). *Gaceta del Senado*. Recuperado el 20 de Febrero de 2024, de https://www.senado.gob.mx/65/gaceta_del_senado/documento/99889
- Rivas, C. (2014). Desarrollo del perfil sensorial del pulque muestras tradicionales y experimentales .
- Robles-Sánchez, R. M., & Rojas-Graü, M. A. (2013). Influence of Alginate-Based Edible Coating as Carrier of Antibrowning Agents on Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Fresh-Cut Kent Mangoes. *LWT - Food Science and Technology*, 240-246.

- Rodríguez, M. G. (2013). Análisis químico de los compuestos importantes del sabor de queso tipo panela inoculado con *Lactococcus lactis* UQ2Rif Lac+.
- Roland, W., Pouvreau, L., Curran, J., van de Velde, F., & de Kok, P. (2017). Flavor Aspects of Pulse Ingredients. *Cereal Chem*, 94, 58-65. doi:<https://doi.org/10.1094/CCHEM-06-16-0161-FI>
- Romano, A., Gallo, V., Ferranti, P., & Masi, P. (2021). Lentil flour: nutritional and technological properties, in vitro digestibility and perspectives for use in the food industry. *Food Science*, 37, 157-167. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.04.003>
- SADER. (2015). *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/lenteja-simbolo-de-abundancia>
- SADER. (10 de Febrero de 2023). *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/legumbres-uno-de-los-pilares-alimenticios-que-ofrece-el-campo-mexicano>
- Sáenz-Reyes, J. T., Muñoz-Flores, H. J., Ruíz-Rivas, M., Rueda-Sánchez, A., Castillo-Quiroz, D., & Castillo-Reyes, F. (2022). Diagnóstico del cultivo de lenteja en unidades de producción familiar en Michoacán. *Rev. Mex. Cienc. Agríc*, 36-37.
- Salinas-Moerno, Y., Castillo-Linares, E. B., Vázquez-Carrillo, M. G., & Buendía-González, M. O. (2011). Mezclas de maíz normal con maíz ceroso y su efecto en la calidad de la tortilla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 690-701.
- Samaranayaka, A. (2017). Lentil: Revival of Poor Man's Meat. En S. R. Nadathur, J. P. Wanasundara, & L. Scalin, *Sustainable Protein Sources* (págs. 185-186). Academic Press.
- Sánchez, V. (2014). *Respositorio del Instituto Politécnico Nacional CICATA-QRO*. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/13043>
- Santos-Gómez, N. (s.f.). Análisis del sector de la alimentación desde la perspectiva del Marketing Nutricional. (R. U. Valladolid, Recopilador) Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/63714>
- Sarker, A., Aydogan, A., Chandra, S., Kharrat, M., & Sabaghpour, S. (2009). Genetic Enhancement for Yield and Yield Stability. En W. E. al, *The Lentil: Botany, Production and Uses* (pág. 103). CAB International.

- Saxena, M. C. (2009). Plant Morphology, Anatomy and Growth Habit. En E. e. al, *The Lentil: Botany, Production and Uses* (págs. 34-43). CAB International .
- SEDRUA. (2018). Compendio de Indicadores 2018.
- Severiano-Pérez, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*.
- Shaun, Y., Sim, J. N., Wai, N., Ciarán, F., & Christiani, H. (1 de Junio de 2016). *Food Chemistry*, 200, 46-54.
- Shevkani, K. K. (2015). Cowpea protein isolates: Functional properties and application in gluten-free rice muffins. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), 927-933. doi:DOI:10.1016/j.lwt.2015.04.058
- Shin, D.-J., Kim, W., & Kim, Y. (2013). Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour. *Food Chemistry*, 141(1), 517-523. doi:dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.005
- Shuang-kui, D., Hongxin, J., Xiuzhu, Y., & Jay-Jin, J. (2013). Physicochemical and functional properties of whole legume flour. *LWT - Food Science and Technology*, 4.
- SIAP. (2023). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2023/Expectativas-2023
- Sidding, M., Kelkar, S., Harte, J., Dolan, K., & Nyombaire, G. (2013). Functional properties of flour from low-temperature extruded navy and pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Science and Technology*, 215-219.
- Siddiq, M., & Uebersax, M. A. (2022). *Dry beans and pulses: Production, processing, and nutrition*. John Wiley & Sons Ltd . doi:<https://doi.org/10.1002/9781119776802.ch15>
- Siddiq, M., Ravi, R. H., & Dolan, K. (2010). Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. *Food Science and Technology*, 233-235.
- Signorelli, G., Caballero, N., Borrás, L., Gerde, J., & Saenz, E. (Agosto de 2022). *Repositorio Institucional CONICET Digital*. Obtenido de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/214249>

- Silva-Cristobal, L., Osorio-Díaz, P., Tovar, J., & Bello-Pérez, L. (2010). Composición química, digestibilidad de carbohidratos, y capacidad antioxidante de variedades mexicanas cocidas de frijol negro, garbanzo, y lenteja. *Journal of food*, 7-12.
- Simons, C. W. (2017). Simons, C. W., & Hall, C. (2017). Consumer acceptability of gluten-free cookies containing raw cooked and germinated pinto bean flours. . *Food Science & Nutrition*, 77-84.
- Soledad, N. (21 de Junio de 2022). Diseño y desarrollo de productos cárnicos magros adicionados con fuentes vegetales de elevado valor nutricional. (R. U. Plata, Recopilador) Argentina. doi:<https://doi.org/10.35537/10915/138278>
- Tejero, F. (12 de Septiembre de 2019). *Asesoría técnica en panificación*. Obtenido de <http://www.franciscotejero.com/tecnicas/factores-determinantes-del-color-y-alveolado-del-pan/>
- Tharise, N., Julianti, E., & Nurminah, M. (2014). Evaluation of physico-chemical and functional properties of composite flour from cassava, rice, potato soybean and xanthan gum as alter wheat flour. *International Food Research*, 21(4), 1641-1649. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/266735319_Evaluation_of_physico-chemical_and_functional_properties_of_composite_flour_from_cassava_rice_potato_soybean_and_xanthan_gum_as_alternative_of_wheat_flour
- Treviño-Mejía, D., Luna-Vital, D. A., Gaytán-Martínez, M., Mendoza, S., & Loarca-Piña, G. (2016). Fortification of commercial nixtamalized maize (*Zea Mays L.*) with common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) increased the nutritional and nutraceutical content of tortillas without modifying sensory properties. *Journal of Food Quality*, 569-577.
- Troszyńska, A., Estrella, I., Lamparski, G., Hernández, T., Amarowicz, R., & Pegg, R. B. (2011). Relationship between the sensory quality of lentil (*Lens culinaris*) sprouts and their phenolic constituents. *Food Research International*, 44(10), 3195-3201. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.08.007>.
- Valderrábano, C. (Octubre de 2005). Propiedades físicas y fisicoquímicas del grano, nixtamal, masa y tortillas elaboradas con maíz germinado, y la evaluación sensorial de las tortillas. Xalapa, Veracruz, México.

- Valencia, L., & Montoya, A. (2021). Harinas no convencionales con alto contenido proteico elaboradas a partir de legumbres y sus aplicaciones en la industria de alimentos: revisión bibliográfica. Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/902f66b0-1231-4a23-8bdc-92a6a4e10413/content>
- Vandenberg, A. (2009). Postharvest Processing and Value Addition. En W. Erskine, *The Lentil: Botany, Production and Uses* (pág. 391).
- Vela, M. (2020). Desarrollo de un proceso orientado a la mejora del perfil nutricional y digestibilidad de harina de lenteja. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/138481/Vela%20-%20Desarrollo%20de%20un%20proceso%20orientado%20a%20la%20mejora%20del%20perfil%20nutricional%20y%20digestibilidad%20de%20....pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Viana, L., & English, M. (2021). The application of chromatography in the study of off-flavour compounds in pulses and pulse by-products. *LWT*, 150. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111981>
- Vicente, L. (2017). Evaluación de la capacidad antioxidante y su relación con la composición fenólica en lentejas .
- Vidal, C., & Latorre, M. (2 de febrero de 2021). *Asociación Sevillana de Esclerosis Múltiple* . Obtenido de [www.emsevilla.es/ q-lentejas-si-quieres-las-comes-y-si-no-las-dejas](http://www.emsevilla.es/q-lentejas-si-quieres-las-comes-y-si-no-las-dejas)
- Villena-Carrión, J. (2023). Repositorio UPV. Valencia . Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/197563>
- Vincenti, S., Mariani, M., Alberti, J.-C., Jacopini, S., Brunini-Bronzini de Caraffa, V., Berti, L., & Maury, J. (2019). Biocatalytic Synthesis of Natural Green Leaf Volatiles Using the Lipoxygenase Metabolic Pathway. *Catalysts*, 9(10). doi: <https://doi.org/10.3390/catal9100873>
- Wadhera, D., & Capaldi-Phillips, E. D. (2014). A review of visual cues associated with food on food acceptance and consumption. *Eating Behaviors*.

- Wang, N., Hatcher, D. W., Toews, R., & Gawalko, E. J. (2009). Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (*Lens culinaris*). *Food Science and Technology*.
- Wanjiru, J. (2018). Analysis of the factors that determine food acceptability. *The Pharma Innovation Journal*, 7(5), 253-257.
- Xu, M., Jin, Z., Lan, Y., Rao, J., & Chen, B. (2019). HS-SPME-GC-MS/olfactometry combined with chemometrics to assess the impact of germination on flavor attributes of chickpea, lentil, and yellow pea flours. *Food Chemistry*, 280, 83-95. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.048>
- Zhang, B., Deng, Z., Tang, Y., Chen, P., Liu, R., Ramdath, D., . . . Tsao, R. (2014). Fatty acid, carotenoid and tocopherol compositions of 20 Canadian lentil cultivars and synergistic contribution to antioxidant activities. *Food Chemistry*, 298-302.

PERSPECTIVAS Y/O RECOMENDACIONES

- Desarrollar y evaluar la aceptación de un producto alimenticio con harina de lenteja roja y verde.
- Utilizar la harina de lenteja en combinación con harina de cereales para lograr una mayor aceptación en la elaboración de un producto alimenticio.
- Usar otro método de procesamiento (extrusión, secado, fermentación o imbibición) en la lenteja verde para reducir los sabores desagradables.
- Analizar los compuestos no volátiles (saponinas, compuestos fenólicos, péptidos).

Se recomienda utilizar las harinas de la variedad roja (HLCRR y HLCOR) ya que presentaron baja densidad aparente, siendo harinas livianas con más volumen aptas para la formulación de alimentos infantiles.

Las harinas tratadas térmicamente presentaron una mayor CAA e IAA lo cual está relacionado con la consistencia lo cual está relaciona con la obtención y mantenimiento de una textura suave en el producto final.

ANEXOS

Anexo 1. Identificación y cuantificación de los compuestos en harinas de lenteja.

Nombre compuesto	No. CAS	HLCRR	HLCOR	HLCRV	HLCOV
<i>Ethyl ether</i>	000060-29-7	ND	69712343	ND	82557812
<i>Ethane, 1,2-diethoxy-</i>	000629-14-1	ND	ND	ND	82557812
<i>Methanethiol</i>	000074-93-1	ND	21968056	ND	15231680
<i>Propanal, 3-(methylthio)-</i>	003268-49-3	ND	21968056	ND	ND
<i>Heptane</i>	000142-82-5	ND	15022525	16870509	17856009
<i>Dimethyl sulfide</i>	000075-18-3	ND	46113258	ND	81743196.7
<i>Carbon disulfide</i>	000075-15-0	ND	30037568	ND	32857376
<i>1,3-Pentadiene, (E)-</i>	002004-70-8	ND	ND	43206338	ND
<i>Propane, 2-methoxy-2-methyl-</i>	001634-04-4	ND	ND	52276818	ND
<i>Acetone</i>	000067-64-1	ND	65117106	ND	69579299
<i>n-Hexane</i>	000110-54-3	ND	ND	20501302	ND
<i>Furan, 2-methyl-</i>	000534-22-5	ND	ND	29911549	ND
<i>Furan, 3-methyl-</i>	000930-27-8	ND	ND	20232108	ND
<i>Butanal, 3-methyl-</i>	000590-86-3	ND	ND	5302912	ND
<i>Ethyl Acetate</i>	000141-78-6	169831425	ND	ND	27830643
<i>Ethanol</i>	000064-17-5	1409075580	ND	ND	ND
<i>Butanal, 2-methyl-</i>	000096-17-3	ND	5017233	ND	5500686
<i>1-Penten-3-ol</i>	000616-25-1	ND	ND	7437975	ND
<i>Methylene Chloride</i>	000075-09-2	ND	9093605	ND	ND
<i>3-Pentanone</i>	000096-22-0	ND	ND	6571658	ND
<i>Benzene</i>	000071-43-2	ND	ND	ND	1696601
<i>4,7-Ethanoisobenzofuran-1,3-dione, 3a,4,7,7a-tetrahydro-, (3a.alpha.,4.alpha.,7.alpha.,7a.alpha.)-</i>	024327-08-0	ND	1016987	ND	ND
<i>Furan, 2-ethyl-</i>	003208-16-0	ND	1405511	7575784	5363081
<i>Cyclohexene, 4-methyl-</i>	000591-47-9	ND	ND	7575784.	ND
<i>Silanediol, dimethyl-</i>	001066-42-8	ND	ND	26161157	ND
<i>Octane, 2,5,6-trimethyl-</i>	062016-14-2	ND	ND	ND	10514328.3
<i>Butanoic acid, methyl ester</i>	000623-42-7	ND	ND	12920032	ND
<i>Propanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester</i>	000097-62-1	23165431	ND	ND	ND
<i>2,3-Butanedione</i>	000431-03-8	158914251	ND	ND	ND

<i>Pentanal</i>	000110-62-3	ND	16387243	ND	ND
<i>Decane, 2,2-dimethyl-</i>	017302-37-3	ND	72297223	ND	ND
<i>Decane, 2,2,8-trimethyl-</i>	062238-01-1	ND	72297223	ND	ND
<i>Acetic acid, butyl ester</i>	000123-86-4	ND	ND	5887553	ND
<i>U0ecane, 2,2-dimethyl-</i>	017312-64-0	ND	36296836	ND	ND
<i>Decane, 2,2,5-trimethyl-</i>	062237-96-1	ND	41156351	ND	ND
<i>Toluene</i>	000108-88-3	47227788	57737461	32737611	31762748
<i>1,3,5-Cycloheptatriene</i>	000544-25-2	47227788	57737461	ND	ND
<i>Butanoic acid, ethyl ester</i>	000105-54-4	ND	ND	ND	23476023
<i>Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester</i>	007452-79-1	76192080	ND	ND	ND
<i>Octane, 2,6-dimethyl-</i>	002051-30-1	ND	ND	ND	22488781
<i>Heptane, 4-ethyl-2,2,6,6-tetramethyl</i>	062108-31-0	ND	94693011	ND	68901670
<i>Butanoic acid, 3-methyl-, ethyl ester</i>	000108-64-5	46255715	ND	ND	ND
<i>Cyclotrisiloxane, hexamethyl-</i>	000541-05-9	ND	ND	196998705	ND
<i>2,4,6-Cycloheptatrien-1-one, 3,5-bis-trimethylsilyl-</i>	1000161-21-8	ND	ND	196998705	ND
<i>1-Propanol, 2-methyl-</i>	000078-83-1	31641852	ND	ND	ND
<i>Cyclopropane, 1,1-dimethyl-2-(3-methyl-1,3-butadienyl)-</i>	068998-21-0	ND	ND	ND	12723172
<i>Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-</i>	003387-41-5	ND	ND	6005959	ND
<i>Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-</i>	018172-67-3	ND	ND	ND	26257227
<i>Hexanal</i>	000066-25-1	36330083	489163666	133628225	246818214
<i>2-Hexenal, (E)-</i>	006728-26-3	ND	ND	108050052	ND
<i>2-Hexenal</i>	000505-57-7	ND	ND	62855171	ND
<i>Ethylbenzene</i>	000100-41-4	ND	ND	12764193	ND
<i>1-Butanol, 3-methyl-, acetate</i>	000123-92-2	24959582	ND	ND	ND
<i>Formic acid, hexyl ester</i>	000629-33-4	ND	ND	208439495	ND
<i>Hexyl chloroformate</i>	006092-54-2	ND	ND	133157518	ND
<i>o-Xylene</i>	000095-47-6	8501088	ND	ND	24136900
<i>Benzene, 1,3-dimethyl-</i>	000108-38-3	8501088	65397779	18419167	26729353
<i>p-Xylene</i>	000106-42-3	8501088	48374133	18419167	29680574
<i>3-Carene</i>	013466-78-9	ND	33018195	ND	ND
<i>.beta.-Phella0rene</i>	000555-10-2	ND	46533380	ND	ND
<i>Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 3,6,6-trimethyl-,</i>	004889-83-2	ND	46533380	ND	ND

<i>Cyclohexene, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-β-Terpineno</i>	000099-84-3	ND	64662215	ND	37611531
<i>.beta.-Myrcene</i>	000123-35-3	ND	46370467	ND	43767518
<i>.beta.-Pinene</i>	000127-91-3	ND	46952323	ND	ND
<i>Pyridine</i>	000110-86-1	2267617	ND	ND	ND
<i>Boron, trihydro(pyridine)-, (T-4)-</i>	000110-51-0	2267617	ND	ND	ND
<i>2-Heptanone</i>	000110-43-0	22793168	ND	ND	ND
<i>2,4-Hexadienal, (E,E)-</i>	000142-83-6	ND	ND	7606024	ND
<i>Heptanal</i>	000111-71-7	ND	179911920	ND	ND
<i>Hexanoic acid, methyl ester</i>	000106-70-7	ND	ND	9188551	ND
<i>Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-</i>	028634-89-1	ND	ND	65309134	ND
<i>Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-</i>	002867-05-2	ND	ND	7662211.33	ND
<i>D-Limonene</i>	005989-27-5	177020987	759691619	578726253	925316041
<i>(1R)-2,6,6-Trimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-ene</i>	007785-70-8	ND	ND	23033134	ND
<i>(1S)-2,6,6-Trimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-ene 1S-.alpha-pinene</i>	007785-26-4	ND	ND	11703335	ND
<i>Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-, (S)-</i>	005989-54-8	141488234	ND	ND	ND
<i>.alpha.-Pinene</i>	000080-56-8	ND	ND	15789649	ND
<i>Limonene</i>	000138-86-3	307546357	974286467	578726253	1117572109
<i>2-Carene</i>	000554-61-0	ND	ND	20128356	ND
<i>Pyrazine, methyl-</i>	000109-08-0	17935151	ND	ND	ND
<i>Furan, 2-pentyl-</i>	003777-69-3	ND	25645955	ND	32419712
<i>Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene</i>	000694-87-1	ND	ND	ND	13269821
<i>Bicyclo[4.1.0]hept-3-ene, 3,7,7-trimethyl-, (1S)-</i>	000498-15-7	ND	48649247	ND	9863812
<i>gamma-terpineno</i>	000099-85-4	ND	73825192	11454672	15595890
<i>3-Octanone</i>	000106-68-3	27987544	ND	56476555.3	24614117
<i>Cyclotetrasiloxane, octamethyl-</i>	000556-67-2	ND	ND	138700031	ND
<i>2-Butanone, 3-hydroxy-</i>	000513-86-0	1158123364	ND	ND	ND
<i>Hexanoic acid, ethyl ester</i>	000123-66-0	ND	ND	35742304	ND
<i>Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)</i>	000527-84-4	ND	104432854	ND	96648202
<i>p-cymene</i>	000099-87-6	ND	104432854	ND	ND
<i>Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)</i>	000535-77-3	ND	73583566	ND	69570280
<i>4-Hexen-1-ol, acetate</i>	072237-36-6	ND	ND	84834642	ND

<i>3-Hexen-1-ol, acetate, (Z)-</i>	003681-71-8	ND	ND	84834642	ND
<i>Octanal</i>	000124-13-0	ND	ND	ND	49032468
<i>Acetic acid, hexyl ester</i>	000142-92-7	ND	ND	43639285	ND
<i>Benzene, 1,3-dichloro-</i>	000541-73-1	ND	ND	14261004	ND
<i>Benzene, 1,2-dichloro-</i>	000095-50-1	ND	ND	14261004	ND
<i>Benzene, 1,4-dichloro-</i>	000106-46-7	ND	ND	14261004	ND
<i>o-Cymene/</i>	000527-84-4	ND	ND	54812984	ND
<i>p-Cymene</i>	000099-87-6	ND	ND	54812984	ND
<i>3-Hexen-1-ol, acetate, (E)-</i>	003681-82-1	ND	ND	ND	117642104
<i>5-Hepten-2-one, 6-methyl-</i>	000110-93-0	ND	26061888	ND	42555887
<i>Nonanal</i>	000124-19-6	ND	548063569	11949645	459453022
<i>1-Hexanol</i>	000111-27-3	634463693	ND	231910026	26265217
<i>Acetic acid</i>	000064-19-7	474364614	14416075	ND	26646700
<i>Cyclopentasiloxane, decamethyl-</i>	000541-02-6	ND	ND	106049521	ND
<i>Ethanedioic acid, bis(trimethylsilyl) ester</i>	018294-04-7	ND	23122158	ND	47218091
<i>Pyrrole</i>	000109-97-7	ND	15017206	7359905	29706203
<i>1-Anthracenamine</i>	000610-49-1	ND	ND	ND	21141176
<i>Benzoic acid, ethyl ester</i>	000093-89-0	ND	ND	13733716	ND
<i>Benzoic acid, 2-formyl-</i>	000119-67-5	ND	ND	9445521	ND
<i>Dodecane</i>	000112-40-3	ND	ND	16495121	ND
<i>Benzaldehyde</i>	000100-52-7	ND	193981731	17772231	203157044
<i>2,3-Butanediol</i>	000513-85-9	2140743642	ND	ND	ND
<i>2,3-Butanediol, [R-(R*,R*)]-</i>	024347-58-8	2140743642	ND	ND	ND
<i>1-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 2,6,6-trimethyl-</i>	000432-25-7	ND	ND	9501374	ND
<i>2-Nonenal, (E)-</i>	018829-56-6	ND	45819843	27419822	29400343
<i>2-Nonenal, (Z)-</i>	060784-31-8	ND	ND	21480082	ND
<i>2-Dodecenal, (E)-</i>	020407-84-5	ND	ND	ND	29400343
<i>1-Octanol</i>	000111-87-5	ND	ND	ND	42403304
<i>Nonyl chloroformate</i>	057045-82-6	ND	ND	ND	28296901
<i>Propanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester</i>	000097-62-1	32746589	ND	ND	ND
<i>Cinnamaldehyde, (E)-</i>	014371-10-9	ND	ND	9000390	ND
<i>(Z)-3-Phenylacrylaldehyde</i>	057194-69-1	ND	ND	9000390	ND
Benzoic acid, methyl ester	000093-58-3	ND	ND	ND	11293588
<i>Acetophenone</i>	000098-86-2	ND	10392162	ND	7818109

<i>Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-</i>	000540-97-6	ND	ND	117165842	ND
<i>Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-</i>	000104-46-1	ND	26921196	ND	ND
<i>Estragole</i>	000140-67-0	ND	26921196	ND	ND
<i>3-Nonen-1-ol, (Z)-</i>	010340-23-5	70258020	ND	ND	ND
<i>1-Propanol, 3-(methylthio)-</i>	000505-10-2	63194701	ND	ND	ND
<i>Cyclooctene, 4-ethenyl-</i>	001124-45-4	88289947	ND	ND	ND
<i>Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)- Terpinoleno</i>	000586-62-9	109122980	69725635	34226311	ND
<i>Bicyclo[2.2.1]hept-2-ene, 1,7,7-trimethyl-</i>	000464-17-5	ND	44953478	ND	ND
<i>1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)- α-terpineno</i>	000099-86-5	ND	44953478	ND	ND
<i>Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-imethyl-</i>	000554-61-0	109122980	ND	ND	ND
<i>(+)-4-Carene</i>	029050-33-7	ND	46944423	ND	ND
<i>Ylangene</i>	014912-44-8	ND	ND	26381282	ND
<i>1,2-Bis(trimethylsiloxy)ethane</i>	007381-30-8	ND	12217573	ND	26190244
<i>5-Tetradecene, (E)-</i>	041446-66-6	ND	ND	10804522	ND
<i>1-Tetradecene</i>	001120-36-1	ND	ND	10804522	ND
<i>Tetradecane</i>	000629-59-4	ND	ND	12465093	ND
<i>Eicosane</i>	000112-95-8	ND	ND	3270153	ND
<i>2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyn-4,7-diol</i>	000126-86-3	ND	ND	15009474	ND
<i>Benzeneacetic acid, ethyl ester</i>	000101-97-3	29676086	ND	ND	ND
<i>6-Fluoro-2-methylquinoline</i>	001128-61-6	ND	ND	ND	43270337
<i>2,4-Quinolinediol</i>	000086-95-3	ND	38746748	ND	ND
<i>Acetonitrile, (3,5,5-trimethyl-2-cyclohexen-1-ylidene)-, (Z)-</i>	069697-22-9	ND	52694093	ND	ND
<i>Acetonitrile, (3,5,5-trimethyl-2-cyclohexen-1-ylidene)-, (E)-</i>	069697-21-8	ND	52694093	ND	ND
<i>.alpha.-Guaiene</i>	003691-12-1	ND	ND	17159402	ND
<i>Hexanoic acid</i>	000142-62-1	633129281	ND	ND	ND
<i>.beta.-l-Arabinopyranoside, methyl</i>	001825-00-9	ND	ND	ND	50416186
<i>Humulene</i>	006753-98-6	ND	ND	2813154	ND
<i>2,5-di-tert-Butyl-1,4-benzoquinone</i>	002460-77-7	ND	ND	4390341	ND
<i>Phenol, 2-methoxy-</i>	000090-05-1	90021726	ND	ND	ND
<i>Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl</i>	000107-50-6	ND	ND	72560375	ND
<i>Pentadecane</i>	000629-62-9	ND	ND	6913730	ND

<i>Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, [1S-(1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)]-</i>	000523-47-7	ND	ND	6252506	ND
<i>δ-cadinene</i>	000483-76-1	ND	ND	8416312	ND
<i>Isodene</i>	095910-36-4	ND	ND	5255678	ND
<i>Benzyl Alcohol</i>	000100-51-6	89987811	9642766	ND	16590432
<i>5,9-U0ecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (E)- geranilacetona</i>	003796-70-1	ND	13455505.7	ND	15635202
<i>Phenol, 2,5-bis(1,1-dimethylethyl)</i>	005875-45-6	ND	ND	24687354	ND
<i>2,4-Di-tert-butylphenol</i>	000096-76-4	ND	ND	24687354	ND
<i>Phenylethyl Alcohol</i>	000060-12-8	67609740	ND	ND	ND
<i>Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)-</i>	039029-41-9	ND	ND	10631986	ND
<i>Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-</i>	000483-75-0	ND	ND	7611931	ND
<i>.gamma.-Muurolene</i>	030021-74-0	ND	ND	10631986	ND
<i>4-isopropyl-1,6-dimethyl-1,2,3,4-tetrahydronaphthalene</i>	1000378-99-6	ND	ND	8928391	ND
<i>Calamenene</i>	000483-77-2	ND	ND	6557940	ND
<i>trans-Calamenene</i>	073209-42-4	ND	ND	8928391	ND
<i>Pentanoic acid, 2,2,4-trimethyl-3-carboxyisopropyl, isobutyl ester</i>	1000140-77-5	ND	29458328	ND	ND
<i>Propanoic acid, 2-methyl-, 1-(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-1,3-propanediyl ester</i>	074381-40-1	ND	29458328	ND	150064061
<i>Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl), [1S-(1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)-</i>	024406-05-1	ND	ND	10255447	ND
<i>Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, [1R-(1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)]-</i>	017627-24-6	ND	ND	6178636	ND
<i>Zonarene</i>	041929-05-9	ND	ND	7104333	ND
<i>Heptasiloxane, hexadecamethyl-</i>	000541-01-5	ND	ND	11990289	ND
<i>1,7-Hexadecadiene</i>	125110-62-5	ND	ND	3393625	ND
<i>2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate</i>	006846-50-0	ND	ND	24663706	ND
<i>1-Hexadecanol</i>	036653-82-4	ND	12795572	ND	ND
<i>Cyclododecane</i>	000294-62-2	ND	24057003	ND	ND

<i>Phosphonic acid, (p-hydroxyphenyl)</i>	033795-18-5	ND	ND	ND	26860380
<i>Phenol</i>	000108-95-2	ND	10584216	ND	ND
<i>Maltol</i>	000118-71-8	ND	ND	ND	89377091
<i>Diphenyl ether</i>	000101-84-8	28927123	25935647	ND	42082668
<i>2(3H)-Furanone, dihydro-5-pentyl-gamma-Nonalactona</i>	000104-61-0	26753769	ND	ND	ND
<i>Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-</i>	000556-68-3	ND	ND	44542194	ND
<i>Pentadecanal-</i>	002765-11-9	ND	ND	25284682	ND
<i>Oxirane, hexadecyl-</i>	007390-81-0	ND	ND	5165410	ND
<i>Heptasiloxane, hexadecamethyl-</i>	000541-01-5	ND	ND	23507857	ND
<i>2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl</i>	000502-69-2	ND	ND	4835244	ND
<i>Eicosanoic acid, ethyl ester</i>	018281-05-5	85266879	ND	ND	ND
<i>Decanoic acid, ethyl ester</i>	000110-38-3	75726567	ND	ND	ND
<i>2-Methoxy-4-vinylphenol</i>	007786-61-0	55903676	ND	ND	ND
<i>Benzeneacetaldehyde, 2-methoxy-</i>	033567-59-8	55903676	ND	ND	ND
<i>n-Pentadecanol</i>	000629-76-5	ND	8890180.	ND	ND
<i>Cyclotetradecane</i>	000295-17-0	ND	ND	ND	25623119
<i>Benzoic acid, 2-amino-, methyl ester</i>	000134-20-3	16517249	13853897	ND	17591556
<i>Cyclononasiloxane, octadecamethyl-</i>	000556-71-8	ND	ND	11077617	ND
<i>1,2-Benzenedicarboxylic acid, butyl 2-methylpropyl ester</i>	017851-53-5	ND	ND	32528288	ND
<i>Phthalic acid, isobutyl trans-hex-3-enyl ester</i>	1000360-48-1	ND	ND	32741756	ND
<i>Phthalic acid, isobutyl octyl este</i>	1000309-04-5	ND	ND	19474862	ND
<i>Phthalic acid, decyl isobutyl este 2</i>	1000308-94-2	ND	ND	22634487	ND
<i>Methyl 2,3,4,6,7-penta-O-methyl-.beta.-glycero-d-glucoheptopyranosid</i>	1000101-84-2	50200946	ND	ND	ND
<i>Nonadecane</i>	000629-92-5	ND	ND	8425410.67	ND
<i>3,8-Dioxa-2,9-disiladec-5-ene, 2,2,9,9-tetramethyl-, (E)-</i>	053326-59-3	ND	ND	ND	36263749
<i>Homosalate</i>	000118-56-9	ND	ND	1542725.67	ND
<i>Benzofuran, 2,3-dihydro-</i>	000496-16-2	67351935	ND	ND	ND
<i>7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro(4,5)deca-6,9-diene-2,8-dione</i>	082304-66-3	ND	ND	1120426	ND
<i>Phthalic acid, monoamide, N-ethyl-N-(3-methylphenyl)-, ethyl ester</i>	1000309-85-4	ND	ND	ND	26053518
<i>1,2-Benzenedicarboxylic acid, butyl 2-methylpropyl ester</i>	017851-53-5	ND	ND	32528288.3	ND

<i>Dibutyl phthalate</i>	000084-74-2	ND	ND	19593131.7	ND
<i>Isopropyl palmitate</i>	000142-91-6	ND	ND	9748865	ND
<i>Phthalic acid, hex-2-yn-4-yl isobutyl ester</i>	1000315-19-9	ND	88590899	ND	84301055
<i>1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester</i>	004376-20-9	ND	66707051	ND	ND
<i>Phthalic acid, 4-cyanophenyl nonyl ester</i>	1000309-79-7	ND	ND	ND	63794707
<i>(1-hexyl-1H-indol-3-yl)(naphthalen</i>	209414-08-4	ND	ND	9878462	ND
<i>7-Tetradecyne</i>	035216-11-6	24300030	ND	ND	ND
<i>Phthalic acid, cyclohexyl 2-pentyl ester</i>	1000315-55-3	ND	64786691	ND	50971189
<i>trans-.beta.-lonone</i>	000079-77-6	ND	ND	8222390	ND

Anexo 2. Compuestos sin carácter de olor y sabor en harinas de lenteja.

COMPUESTO	DESCRIPTORES
ÉTERES	
<i>Etil éter</i>	NR
<i>Ethane, 1,2-diethoxy-</i>	NR
<i>1,2-Bis(trimethylsiloxy)ethane</i>	NR
AZUFRADOS	
<i>Carbon disulfide</i>	NR
CETONAS	
<i>(1-hexil-1H-indol-3-il)(naftalen-1-il)metanona</i>	NR
<i>2,5-di-tert-Butyl-1,4-benzoquinone</i>	NR
<i>Ciclononasiloxano, octadecametil-</i>	NR
HIDROCARBUROS	
<i>Biciclo [4.2.0]octa-1,3,5-trieno</i>	NR
<i>Dodecano</i>	NR
<i>Bicyclo[2.2.2]octene-2,3-endo-dicarboxylic anhydride</i>	NR
<i>Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-</i>	NR
<i>Bicyclo[4.1.0]hept-3-ene, 3,7,7-trimethyl-, (1S)-</i>	NR
<i>3,6,6-trimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-ene</i>	NR
<i>Pentadecano</i>	NR
<i>Hexano</i>	NR

<i>Tetradecano</i>		NR
<i>Cyclooctene, 4-ethenyl-</i>		NR
<i>Heptano</i>		NR
<i>Eicosano</i>		NR
<i>Octane, 2,5,6-trimethyl-</i>		NR
<i>5-Tetradecene, (E)-</i>		NR
<i>1-Tetradecene</i>		NR
<i>7-Tetradecyne</i>		NR
<i>Tetradecamethylcycloheptasiloxane</i>		NR
<i>alpha-amorphene</i>		NR
<i>4-isopropyl-1,6-dimethyl-1,2,3,4-tetrahydronaphthalene</i>		NR
<i>trans-Calamenene</i>		NR
<i>1,3,5-Cycloheptatrieno</i>		NR
<i>2,4,6-Cycloheptatrien-1-one, trimethylsilyl-</i>	<i>3,5-bis-</i>	NR
<i>1,3-Pentadiene, (E)-</i>		NR
<i>Heptane, 4-ethyl-2,2,6,6-tetrameth</i>		NR
<i>Octane, 2,6-dimethyl-</i>		NR
<i>Nonadecano</i>		NR
<i>Oxirano, hexadecil-</i>		NR
<i>ciclododecano</i>		NR
<i>Decane, 2,2-dimethyl-</i>		NR
<i>Decane, 2,2,8-trimethyl-</i>		NR
<i>Undecane, 2,2-dimethyl-</i>		NR
<i>Decane, 2,2,5-trimethyl-</i>		NR
<i>7,9-Di-tert-butyl-oxaspiro(4,5)deca-6,9-diene-2,8-dione</i>		NR
<i>1,7-hexadecadieno</i>		NR
<i>Heptasiloxano, hexadecametil-</i>		NR
<i>Zonareno</i>		NR
<i>Cyclopentasiloxane, decamethyl-</i>		NR
<i>Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-</i>		NR
<i>Cyclopropane, 1,1-dimethyl-2-(3-methyl-1,3-butadienyl)-</i>		NR
<i>Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-</i>		NR
<i>Heptasiloxane, hexadecamethyl-</i>		NR
<i>Cyclotetrasiloxane, octamethyl-</i>		NR

Acetonitrile, (3,5,5-trimethyl-2-cyclohexen-1-ylidene)-, (Z)-	NR
Acetonitrile, (3,5,5-trimethyl-2-cyclohexen-1-ylidene)-, (E)-	NR
Naftaleno, 1,2,4a,5,6,8a-hexahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletil)-, [1R-(1.alfa.,4a.alfa.,8a.alfa.)]-	NR
Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, [1S(1.alpha.,4a.beta.,8a.alpha.)]-	NR
Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	NR
.beta.-l-Arabinopyranoside, methyl	NR
Humulene	NR
Cyclohexene, 4-methyl-	NR
3,8-Dioxa-2,9-disiladec-5-ene, 2,2,9,9-tetramethyl-, (E)-	NR
FURANOS	
Furan, 3-methyl-	NR
Benzofuran, 2,3-dihydro-	NR
ALDEHÍDOS	
2-Hexenal	NR
Bencenoacetaldehído, 2-metoxi-	NR
4-Hexen-1-ol, acetate	NR
Ethanedioic acid, bis(trimethylsilyl) ester	NR
2,3-Butanediol, [R-(R*,R*)]-	NR
2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyn-4,7-diol	NR
Phenol, 2,5-bis(1,1-dimethylethyl)	NR
2,4-Di-tert-butylphenol	NR
n-pentadecanol	NR
Ácido fosfónico, (p-hidroxifenilo)	NR
1-hexadecanol	NR
Diisobutirato de 2,2,4-trimetil-1,3-pentanodiol	NR
Silanediol, dimethyl-	NR
Benzoic acid, 2-formyl-	NR
ESTÉRES	
Ácido 1,2-bencenodicarboxílico, butilo	NR
Phthalic acid, hex-2-yn-4-yl isobutyl ester	NR
Propanoic acid, 2-methyl-, 1-(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-1,3-propanediyl ester	NR

<i>Phthalic acid, 4-cyanophenyl nonylester</i>	NR
<i>Hexyl chloroformate</i>	NR
<i>Nonyl chloroformate</i>	NR
<i>Éster isobutil octílico del ácido ftálico</i>	NR
<i>Éster isobutil trans-hex-3-enílico de ácido ftálico</i>	NR
<i>Phthalic acid, cyclohexyl 2-pentylester</i>	NR
<i>Éster etílico de ácido eicosanoico</i>	NR
COMPUESTOS BENCÉNICOS	
<i>Benzene</i>	NR
<i>Etilbenceno</i>	NR
<i>Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)- HCV 99</i>	NR
<i>Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-</i>	NR
<i>Benzene, 1,3-dichloro-</i>	NR
<i>Benzene, 1,2-dichloro-</i>	NR
<i>Benzene, 1,4-dichloro-</i>	NR
<i>p-Xileno</i>	NR
<i>1-Anthracenamine</i>	NR
TERPENOS	
<i>β-Terpineno</i>	NR
<i>2-Carene</i>	NR
<i>(+)-4-Carene</i>	NR
<i>isodene</i>	NR
<i>(1S)-2,6,6Trimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-ene</i>	NR
<i>1S-.alpha-pinene</i>	
<i>Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-, (S)-</i>	NR

NR: no reportado.

Anexo 3. Identificación y cuantificación de los compuestos en masas de lenteja.

Nombre compuesto	No. CAS	MLCRR	MLCOR	MLCRV	MLCOV
<i>Ethyl ether</i>	000060-29-7	0	81111097.7	128618782	113739258
<i>Methanethiol</i>	000074-93-1	0	17065347.7	0	0
<i>1,3-Pentadiene</i>	000504-60-9	0	0	21803380	0
<i>1,3-Pentadiene, (E)-</i>	002004-70-8	0	0	21803380	0
<i>1,4-Pentadiene</i>	000591-93-5	0	0	21803380	0

<i>Heptane</i>	000142-82-5	383098040	17096766	0	11719224.3
<i>Dimethyl sulfide</i>	000075-18-3	0	0	70940553.7	77037553.7
<i>Oxalic acid, isohexyl pentyl ester</i>	1000309-32-8	0	0	39308200	#DIV/0!
<i>Octane</i>	000111-65-9	139706862	0	58048067.7	27816495.3
<i>Heptane, 2,4-dimethyl-</i>	002213-23-2	90574334.3	0	38132075	15835472
<i>Formic acid, 1-methylethyl ester</i>	000625-55-8	0	2290676.33	d0	0
<i>1-Octene</i>	000111-66-0	0	0	1820945.67	0
<i>trans-1-Butyl-2-methylcyclopropane</i>	038851-70-6	0	0	2640746	0
<i>cis-1-Butyl-2-methylcyclopropane</i>	038851-69-3	0	0	1613418.67	0
<i>2-Octene, (E)-</i>	013389-42-9	16020125.3	0	31025339	0
<i>3-Octene, (Z)-</i>	014850-22-7	10919721	0	15827637.3	0
<i>2-Octene, (Z)-</i>	007642-04-8	10519292.7	0	31197474.7	0
<i>2-Octene</i>	000111-67-1	5009349	0	0	0
<i>Ethyl Acetate</i>	000141-78-6	0	9812627.33	0	7926943.33
<i>Furan, 3-methyl-</i>	000930-27-8	29941759	0	63212196.7	0
<i>Furan, 2-methyl-</i>	000534-22-5	43572010	0	63212196.7	0
<i>Butanal, 2-methyl-</i>	000096-17-3	0	0	4524866.33	0
<i>Nonane</i>	000111-84-2	7346998	0	0	0
<i>Ethanol</i>	000064-17-5	820100675	0	45173231	30340192
<i>Methylene Chloride</i>	000075-09-2	0	7037595.33	0	0
<i>2,4-Hexadiene, 2-methyl-</i>	028823-41-8	0	0	7380855	0
<i>Furan, 2-ethyl-</i>	003208-16-0	0	807287	10991355	1231963.67
<i>Cyclohexene, 3-methyl-</i>	000591-48-0	0	0	6155813	0
<i>Pentanal</i>	000110-62-3	0	7428563	0	0
<i>Butanal, 3-methyl-</i>	000590-86-3	0	7428563	0	0
<i>U0ecane, 2,9-dimethyl-</i>	017301-26-7	28270239.7	0	0	0
<i>Dodecane, 3-methyl-</i>	017312-57-1	2665505.67	0	0	0
<i>Octane, 2,6-dimethyl-</i>	002051-30-1	32019256.7	0	0	0
<i>Decane, 2,2-dimethyl-</i>	017302-37-3	21850466.7	0	0	0
<i>Heptane, 4-ethyl-2,2,6,6-tetramethyl-</i>	062108-31-0	64382778.7	0	0	0
	062238-01-1	15127842.3	0	0	0
<i>Decane, 2,2,4-trimethyl-</i>	062237-98-3	10162818.7	0	0	0
<i>Decane</i>	000124-18-5	0	0	0	18313578.3
<i>1S-.alpha.-Pinene</i>	007785-26-4	0	22890654	13484695.3	17915415.7
<i>.alpha.-Pinene</i>	000080-56-8	0	23138302.3	18681892.3	22373857.3

<i>1R-.alpha.-Pinene</i>	007785-70-8	0	34056506.7	13789234.7	22373857.3
<i>Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 3,6,6-trimethyl-</i>	004889-83-2	0	14153969	0	0
<i>Toluene</i>	000108-88-3	111238057	28323731.3	30308415	23231851
<i>1,3,5-Cycloheptatriene</i>	000544-25-2	111238057	18766732	0	15529166
<i>Butanoic acid, ethyl ester</i>	000105-54-4	0	23901725	0	22079830.7
<i>U0ecane, 4,6-dimethyl-</i>	017312-82-2	80229509.7	0	0	0
<i>Hexanal</i>	000066-25-1	69696083.7	349563820	537922850	142444470
<i>.beta.-Pinene</i>	000127-91-3	22066499.3	21869811.3	26939076.3	0
<i>Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-</i>	018172-67-3	15821459	0	0	0
<i>1-Butanol, 3-methyl-, acetate</i>	000123-92-2	0	18960652.7	0	11561159.7
<i>p-Xylene</i>	000106-42-3	76459351.3	25573092	14200994.3	16422975
<i>o-Xylene</i>	000095-47-6	22938390.3	25573092	9792639.67	16422975
<i>Benzene, 1,3-dimethyl-</i>	000108-38-3	44434884	25573092	9784975	0
<i>3-Carene</i>	013466-78-9	29244466	0	3807111	0
<i>Tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane, 1,7,7-trimethyl-</i>	000508-32-7	0	14218054.7	0	0
<i>.beta.-Myrcene</i>	000123-35-3	51204609	34955413	9040584.33	38715371.7
<i>.beta.-Phella0rene</i>	000555-10-2	0	48727710.3	0	35367638.3
<i>Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-</i>	028634-89-1	24634204	35728792.3	0	0
<i>Cyclohexene, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-</i>	000099-84-3	0	33295915.3	0	22858884.3
<i>1,3-Cyclopentadiene, 5-(1-methylethylidene)-</i>	002175-91-9	0	0	9746196	0
<i>2-Heptanone</i>	000110-43-0	53739245	0	0	0
<i>Heptanal</i>	000111-71-7	0	26366329.3	0	0
<i>1-Pentanol</i>	000071-41-0	10139331.3	0	0	0
<i>D-Limonene</i>	005989-27-5	1708206247	3026820112	667751003	2698787374
<i>Limonene</i>	000138-86-3	1708206247	3026820112	374855240	2698787374
<i>2-Hexenal, (E)-</i>	006728-26-3	0	0	1549274308	0
<i>2-Hexenal</i>	000505-57-7	0	0	1549274308	0
<i>3-Methylpenta-1,3-diene-5-ol, (E)-</i>	001572-08-3	0	0	635141005	0
<i>Hexanoic acid, ethyl ester</i>	000123-66-0	81916106	0	0	0
<i>Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene</i>	000694-87-1	10842027	0	4545221	9220577
<i>1,3,5,7-Cyclooctatetraene</i>	000629-20-9	10842027	10837748	7653400	9220577
<i>Styrene</i>	000100-42-5	10842027	10837748	7653400	11552540.7

1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	000099-85-4	78018098	54244007	0	45773672
Bicyclo[4.1.0]hept-3-ene, 3,7,7-trimethyl-, (1S)-	000498-15-7	48867981	0	0	0
3-Octanone	000106-68-3	0	0	109690521	0
Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	000527-84-4	159603848	103474036	59039199	88422784
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	000535-77-3	48579844	70153170	0	41054101
Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	000099-87-6	103277036	103474036	33373133	88422784
Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	000586-62-9	66401972	0	0	0
1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	000099-86-5	46265396	0	0	0
Octanal	000124-13-0	0	36480063	0	27206193
3-Hexen-1-ol, acetate, (Z)-	003681-71-8	62299397	31973716	52480725	27409306
3-Hexen-1-ol, acetate, (E)-	003681-82-1	35062354	31973716	0	0
1-Hexanol	000111-27-3	356393504	0	1129329532	0
Disulfide, dipropyl	000629-19-6	0	3285896	0	0
2-Hexen-1-ol, (E)-	000928-95-0	86651405	0	0	0
Nonanal	000124-19-6	0	328534318	0	226515299
Acetic acid	000064-19-7	9614689	10029133	0	12628473
Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-	001195-32-0	91311444	0	0	0
Benzene, 1,3-dichloro-	000541-73-1	0	0	32424244	0
Benzene, 1,4-dichloro-	000106-46-7	91311444	80874006	0	0
Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene, 2,4-dimethyl-	028749-81-7	86210256	0	0	0
Benzene, 1,2-dichloro-	000095-50-1	0	80874006	32424244	0
Ethanedioic acid, bis(trimethylsilyl) ester		24156382	38980367	41294915	41011598
1-Dodecene	000112-41-4	87049754	0	0	0
1-Tetradecene	001120-36-1	57743834	0	0	0
Pyrrrole	000109-97-7	0	6797442	3218960	5146655
[1,1'-Biphenyl]-4-acetonitrile	031603-77-7	10888173	0	0	0
Benzo[f]quinoline, 2-methyl-	039258-30-5	0	0	0	15667814.7
Benzaldehyde	000100-52-7	28719085	144909826	43806215	77328724
Dimethyl Sulfoxide	000067-68-5	0	0	14565487	0

1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	000078-70-6	35174704	0	0	0
2-Tridecenal, (E)-	007069-41-2	0	0	0	15282212
2-Nonenal, (E)-	018829-56-6	0	37882220	51341128	20511110
2-Nonenal, (Z)-	060784-31-8	0	0	51341128	0
1-Octanol	000111-87-5	0	0	0	25129322
3,8-Dioxa-2,9-disiladecane, 2,2,9,9-tetramethyl-	018001-91-7	0	0	18662834	0
Silane, trimethyl[4-(trimethylsilyl)butoxy]-	007140-91-2	0	0	25370425	0
Benzeneacetaldehyde	000122-78-1	0	6286682	16470720	0
Acetophenone	000098-86-2	0	12390783	5635058	4900266
Cycloheptane	000291-64-5	0	0	8406406	0
1,6-Heptadiene, 3-methyl-	050871-05-1	37099186	0	0	0
3-Nonen-1-ol, (Z)-	010340-23-5	50400931	0	0	0
1-Nonanol	000143-08-8	0	0	0	14586651
Estragole	000140-67-0	47111387	20567191	0	0
Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl-	000554-61-0	104157639	0	0	0
(+)-4-Carene	029050-33-7	27768730	0	0	0
3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha.,alpha.,4-trimethyl-, acetate	000080-26-2	148116841	0	0	0
1,4,9-Decatriene, (Z)-	1000155-93-2	39653251	0	0	0
Methyl salicylate ester	000119-36-8	0	0	5959607	5157327
2,4,6-Octatriene, 2,6-dimethyl- dene-1-methyl-	000673-84-7	0	0	21109954	0
Benzyl Alcohol	000100-51-6	0	9002102	30843670	10417243
5,9-U0ecadien-2-one, 6,10- dimethyl-, (Z)-	003879-26-3	0	10637519	0	0
5,9-U0ecadien-2-one, 6,10- dimethyl-, (E)-	003796-70-1	0	10637519	0	14725000
5,9-U0ecadien-2-one, 6,10- dimethyl-	000689-67-8	0	5192859	0	14725000
Silane, [(1-methyl-1,3- propanediyl)bis(oxy)]bis[trimethy	056771-47-2	0	9888858	5828363	17470957
Pentanoic acid, 2,2,4-trimethyl- 3-carboxyisopropyl, isobutyl ester	1000140-77-5	0	0	79029998	0

<i>Propanoic acid, 2-methyl-, 1-(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-1,3-propanediyl ester</i>	074381-40-1	73626439	93194518	71647459	50758876
<i>Maltol</i>	000118-71-8	0	36885149	0	0
<i>Phosphonic acid, (p-hydroxyphenyl)</i>	033795-18-5	0	0	0	7041483
<i>Phenol</i>	000108-95-2	0	21092771	0	0
<i>Diphenyl ether</i>	000101-84-8	0	0	0	9226860
<i>2(3H)-Furanone, dihydro-5-pentyl-</i>	000104-61-0	6193397	0	6648334	0
<i>2(3H)-Furanone, 5-hexyldihydro-</i>	000706-14-9	10844290	0	0	0
<i>1,2-Bis(trimethylsiloxy)ethane</i>	007381-30-8	9648720	28576909	19431091	10468278
<i>3,8-Dioxo-2,9-disiladec-5-ene, 2,2,9,9-tetramethyl-, (E)-</i>	053326-59-3	0	28977663	32934320	14634216
<i>Tetradecanal</i>	000124-25-4	14367519	0	53941758	0
<i>Pentadecanal-</i>	002765-11-9	24944222	0	0	0
<i>Metacetamol</i>	000621-42-1	0	0	0	22216810
<i>Pyridine, 3-butyl-, 1-oxide</i>	031396-33-5	0	0	0	22216810
<i>Benzenemethanol, 4-(1-methylethyl)</i>	000536-60-7	14914524	0	0	0
<i>Eugenol</i>	000097-53-0	0	0	10801158	0
<i>Phenol, 2-methoxy-3-(2-propenyl)-</i>	001941-12-4	0	0	9207440	0
<i>Benzoic acid, 2-amino-, methyl ester</i>	000134-20-3	10095330	11116688	15635008	12278996
<i>Diethyltoluamide</i>	000134-62-3	14800855	0	37373902.3	0
<i>Cyclopentaneacetic acid, 3-oxo-2-pentyl-, methyl ester</i>	024851-98-7	0	0	16334464.7	0
<i>Diethyl Phthalate</i>	000084-66-2	0	4255055	0	0
<i>Phthalic acid, monoamide, N-ethyl-N-(3-methylphenyl)-, ethyl ester</i>	1000309-85-4	0	4255055	0	0
<i>Phthalic acid, 4-cyanophenyl nonylester</i>	1000309-79-7	87515291	102250725	65747931	0
<i>Phthalic acid, hex-2-yn-4-yl isobutyl ester</i>	1000315-19-9	87515291	102250725	117048154	90315887
<i>1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono (2-ethylhexyl) ester</i>	004376-20-9	87515291	69593360	92216681	90315887

<i>Phthalic acid, cyclohexyl 2-pentyl ester</i>	1000315-55-3	0	0	0	115778148
<i>Phthalic acid, hex-2-yn-4-yl propyl ester</i>	1000315-19-1	0	0	49034020.7	0
<i>Phthalic acid, 4-fluoro-2-nitrophenyl 2-pentyl ester</i>	1000315-63-6	0	0	52136413	0
<i>Phthalic acid, hexyl heptyl ester</i>	1000308-93-8	60289157	0	0	0
<i>1,3-Butadiyne</i>	000460-12-8	0	0	0	6214443
<i>Acetic acid, chloro-</i>	000079-11-8	0	0	0	5682898

Anexo 4. Compuestos sin carácter de olor y sabor en masas de lenteja.

COMPUESTO	DESCRIPTORES
ÉTERES	
<i>Etil éter</i>	NR
AZUFRADOS	
CETONAS	
<i>5,9-Undecadien-2-ona, 6,10 dimetil-, (Z)-</i>	NR
<i>5,9-undecadien-2-ona, 6,10-dimetil-</i>	NR
HIDROCARBUROS	
<i>Biciclo [4.2.0]octa-1,3,5-trieno</i>	NR
<i>Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene, 2,4-dimethyl-</i>	NR
<i>Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 3,6,6-trimethyl-</i>	NR
<i>Pentadiene, 1,3 -</i>	NR
<i>1,3-Pentadiene, (E)-</i>	NR
<i>1,4-Pentadiene</i>	NR
<i>1,3,5,7- ciclooctatetraeno</i>	NR
<i>1,3-butadiino</i>	NR
<i>1-Dodeceno</i>	NR
<i>1-tetradeceno</i>	NR
<i>Octano</i>	NR
<i>2-Octene, (E)-</i>	NR
<i>Nonano</i>	NR
<i>Cis-1-Butil-2-metilciclopropano</i>	NR
<i>3-Octene, (Z)-</i>	NR
<i>2-Octene, (Z)-</i>	NR
<i>2-Octene</i>	NR
<i>Decano</i>	NR

1,6-heptadieno, 3-metil-
1,2-Bis(trimetilsiloxi)etano
2,4,6-octatrieno, 2,6-dimetil-den-1-metil-
Cyclohexene, 3-methyl-

NR

NR

NR

NR

FURANOS

Furan, 3-methyl-

NR

ALDEHÍDOS

ALCOHOLES

3-Methylpenta-1,3-diene-5-ol, (E)-

NR

Fenol, 2-metoxi-3-(2-propenil)-

NR

Metacetamol

NR

ESTÉRES

Oxalic acid, isohexyl pentyl ester

NR

ftalato de dietilo

NR

COMPUESTOS BENCÉNICOS

Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-

NR

Benceno, 1-metil-4-(1-metiletil)-

NR

Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-

NR

Benzene, 1,3-dichloro-

NR

Benzene, 1,2-dichloro-

NR

Benzene, 1,4-dichloro-

NR

o-Xileno

NR

Benceno, 1,3-dimetil-

NR

p-Xileno

NR

TERPENOS

tricyclene

NR

Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-

NR

β -Terpineno hco

NR

Bicyclo[4.1.0]hept-2-ene, 3,7,7-trimethyl- 2-Carene

NR

(+)-4-Carene

NR

AMINAS

Piridina, 3-butil-, 1-óxido

NR

AMIDA

Heptane

NR

Heptane, 2,4-dimethyl-

NR

trans-1-Butyl-2-methylcyclopropane

NR

<i>2,4-Hexadiene, 2-methyl-</i>	NR
<i>U0ecane, 2,9-dimethyl-</i>	NR
<i>Dodecane, 3-methyl-</i>	NR
<i>Octane, 2,6-dimethyl-</i>	NR
<i>Decane, 2,2-dimethyl-</i>	NR
<i>Heptane, 4-ethyl-2,2,6,6-tetramethyl-</i>	NR
<i>Decane, 2,2,8-trimethyl-</i>	NR
<i>Decane, 2,2,4-trimethyl-</i>	NR
<i>1S-.alpha.-Pinene</i>	NR
<i>1,3,5-Cycloheptatriene</i>	NR
<i>U0ecane, 4,6-dimethyl-</i>	NR
<i>1,3-Cyclopentadiene,5-(1-methylethylidene)</i>	NR
<i>Ethanedioic acid, bis(trimethylsilyl) ester</i>	NR
<i>[1,1'-Biphenyl]-4-acetonitrile</i>	NR
<i>Benzo[f]quinoline, 2-methyl-</i>	NR
<i>3,8-Dioxa-2,9-disiladecane, 2,2,9,9-tetramethyl-</i>	NR
<i>Silane,trimethyl[4(trimethylsilyl)butoxy]-</i>	NR
<i>Cycloheptane</i>	NR
<i>1,4,9-Decatriene, (Z)-</i>	NR
<i>Silane,[(1-methyl-1,3-propanediyl)bis(oxy)]bis(trimethyl-</i>	NR
<i>Pentanoic acid, 2,2,4-trimethyl-3-carboxyisopropyl, isobutyl ester</i>	NR
<i>Propanoic acid,2-methyl-,1-(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-1,3-propanediyl ester</i>	NR
<i>Phosphonic acid, (p-hydroxyphenyl)</i>	NR
<i>3,8-Dioxa-2,9-disiladec-5-ene, 2,2,9,9-tetramethyl-, (E)-</i>	NR
<i>Diethyltoluamide</i>	NR
<i>Phthalic acid, monoamide, N-ethyl-N-(3-methylphenyl)-, ethyl ester</i>	NR
<i>Phthalic acid, 4-cyanophenyl nonylester</i>	NR
<i>Phthalic acid, hex-2-yn-4-yl isobutyl ester</i>	NR
<i>1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono (2-ethylhexyl) ester</i>	NR
<i>Phthalic acid, cyclohexyl 2-pentyl ester</i>	NR
<i>Phthalic acid, hex-2-yn-4-yl propyl ester</i>	NR
<i>Phthalic acid, 4-fluoro-2-nitrophenyl 2-pentyl ester</i>	NR
<i>Phthalic acid, hexyl heptyl ester</i>	NR

Acetic acid, chloro-

NR

NR: no reportado.

NOMBRE DEL TRABAJO

Perfil sensorial, fisicoquímico y tecno-funcional de los subproductos de lenteja (*Lens culinaris* m.)

AUTOR

Karla Montes Rodríguez

RECUENTO DE PALABRAS

58063 Words

RECUENTO DE CARACTERES

316698 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

202 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.9MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 23, 2024 9:28 AM CST

FECHA DEL INFORME

Aug 23, 2024 9:34 AM CST

● 25% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 23% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 14% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente.

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Maestría en Ciencias Biológicas	
Título del trabajo	Perfil sensorial, fisicoquímico y tecno-funcional de los subproductos de lenteja (<i>Lens culinaris M.</i>) verde y roja.	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Karla Montes Rodriguez	1130587d@umich.mx
Director	Dra. Berenice Yahuaca Juárez	berenice.yahuaca@umich.mx
Codirector	No	No
Coordinador del programa	Dra. Martha Elena Pedraza Santos	martha.elena.pedraza@umich.mx

Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (si/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	NO	No se implementó durante la redacción de la tesis

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial

Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	No	No se implementó durante la redacción de la tesis
Traducción a otra lengua	Sí	Se implementó para la traducción del resumen al idioma inglés
Revisión y corrección de estilo	No	No se implementó durante la redacción de la tesis
Análisis de datos	No	No se implementó durante la redacción de la tesis
Búsqueda y organización de información	No	No se implementó durante la redacción de la tesis
Formateo de las referencias bibliográficas	No	No se implementó durante la redacción de la tesis
Generación de contenido multimedia	No	No se implementó durante la redacción de la tesis
Otro	No	No se implementó durante la redacción de la tesis

Datos del solicitante

Nombre y firma	Karla Montes Rodríguez 
Lugar y fecha	Morelia, Michoacán de Ocampo, México, 21 de agosto del 2024