



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

**DISEÑO DE UNA HARINA TIPO *HOT CAKE* A BASE DE
HARINAS DE CEREALES Y LEGUMINOSAS
COMPLEMENTADO CON MICROALGAS**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO EN ALIMENTOS

PRESENTA

ANAEL CONTRERAS MORALES

Ciudad de México, enero de 2024





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Dr. José Guillermo De Jesús Aguilar Osorio
VOCAL: Mtro. Rodolfo Fonseca Larios
SECRETARIO: Dra. María Soledad Córdova Aguilar
1er. SUPLENTE: Mtra. Sandra Teresita Ríos Díaz
2° SUPLENTE: Dra. Isadora Martínez Arellano

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: LABORATORIO DE INGENIERÍA DE PROCESO, INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA, UNAM

ASESORA DEL TEMA:

Dra. María Soledad Córdova Aguilar

SUPERVISOR TÉCNICO:

Dra. Isadora Martínez Arellano

SUSTENTANTE:

Anael Contreras Morales



ÍNDICE



Jurado asignado	II
Índice	III
Índice de tablas	1
Índice de figuras	2
Índice de anexos	4
Resumen	5
Introducción	6
Objetivos	8
Marco teórico	9
Antecedentes	31
Metodología	38
Resultados y discusión	51
Conclusiones	79
Perspectivas	81
Referencias	82
Anexos	97





ÍNDICE DE TABLAS



Tabla 1. Amilosa amilo pectina en cereales y leguminosas	12
Tabla 2. Harinas de cereales/ leguminosas comerciales	36
Tabla 3. Diseño de mezclas de las formulaciones de harina para <i>hotcake</i>	49
Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas de las harinas obtenidas	51
Tabla 5. Análisis químico proximal de las harinas	55
Tabla 6. Caracterización de las mezclas sin suspender	59
Tabla 7. Caracterización de las formulaciones suspendidas en leche, huevo, mantequilla, azúcar y polvo para hornear	61
Tabla 8. Índices de flujo y consistencia de las formulaciones suspendidas en leche	64
Tabla 9. Caracterización de <i>hot cake</i> por cada formulación F1 a F5	68
Tabla 10. Caracterización de <i>hot cake</i> por cada formulación F6 a F10	69
Tabla 11. Caracterización de <i>hot cake</i> por cada formulación F11 a F15	70
Tabla 12. Tabla aporte nutrimental	78





ÍNDICE DE FIGURAS



Figura 1. Retrogradación del almidón	11
Figura 2. Diagrama de proceso	38
Figura 3. Aqualab 4TE Meter	39
Figura 4. Termobalanza Sartorius Alemania MA37-1	40
Figura 5. Diagrama de flujo para determinar solubilidad	40
Figura 6. Diagrama de flujo para determinar gelificación	41
Figura 7. Diagrama de flujo para determinar retención de agua y aceite	42
Figura 8. Diagrama de flujo para determinar pH	42
Figura 9. Diagrama de flujo para obtención de harinas de legumbres	43
Figura 10. Diagrama de flujo para obtención de harinas de cereales	44
Figura 11. Harina de la microalga	44
Figura 12. Diagrama de flujo para el análisis del tamaño de partículas	45
Figura 13. Análisis químico proximal	46
Figura 14. Gráfico para la interpretación de estabilidad de las mezclas	47
Figura 15. Diagrama de flujo para reología	48
Figura 16. Colorimetría	48
Figura 17. Diagrama de flujo para el perfil de texturas	49
Figura 18. PDCAAS de las 15 formulaciones y de la harina comercial (sólo trigo)	57
Figura 19. Curvas de viscosidad de formulaciones F1 a F8 en leche	63
Figura 20. Curvas de viscosidad de formulaciones F9 a F15 en leche	64
Figura 21. Modulo complejo de F1 a F8	66
Figura 22. Modulo complejo de F1 a F8	66
Figura 23. Análisis de textura F1 – F15	72
Figura 24. Análisis de textura F1 – F15	73
Figura 25. Consumo y frecuencia de <i>hot cake</i>	74
Figura 26. ¿Te gustan los <i>hot cakes</i> ?	74
Figura 27. ¿Has consumido <i>hot cakes</i> de harinas de cereales?	74





Figura 28. ¿Has consumido <i>hot cakes</i> de harinas de leguminosas?	74
Figura 29. ¿Te gustaría consumir <i>hot cakes</i> de harina de leguminosas cereal y alga?	74
Figura 30. Nivel de agrado de consumidores	75
Figura 31. Atributos de apariencia, olor y sabor por RATA	76
Figura 32. Análisis de componentes principales sobre los atributos F2 y F3 vs <i>hot cake</i> ideal.	77
Figura 33. Costos de materia prima	78





ÍNDICE DE ANEXOS



Anexo 1

Tabla 1. Número mínimo de juicios correctos	97
Cuestionario evaluación sensorial	98
Análisis estadístico de las 15 formulaciones	102

Anexo 2

Cálculo de PDCAAS teórico	114
---------------------------	-----

Anexo 3

Congreso Latin Food 2022	119
Congreso estudiantil interdisciplinario ICAT 2023	120



RESUMEN



En este trabajo se propuso diseñar y desarrollar una harina de tipo *hot cake* a base de cereales y leguminosas y complementada con *Galdieria sulphuraria* (Cyanidiales), una microalga termoacidófila unicelular, con la finalidad de incrementar el PDCAAS (puntuación de aminoácidos corregida por la digestibilidad de la proteína) y mejorar el sabor al tener un suplemento alimenticio de alto valor biológico para personas con malnutrición.

Se obtuvieron las harinas de avena, amaranto, de lenteja y frijol de acuerdo con la metodología propuesta por Velázquez (2018) y la microalga a partir de cultivos desarrollados en la Unidad de Escalamiento y Planta Piloto del Instituto de Biotecnología - UNAM. Se realizó la caracterización fisicoquímica de las harinas en función de % humedad, a_w , pH, AQP y la proteína digestible, así como sus propiedades *tecnofuncionales* de solubilidad, gelificación y capacidad de retención de agua y aceite.

Se diseñaron 15 formulaciones a través de un diseño de mezclas donde se varió la concentración de las harinas de cereales y leguminosas, dejando fija la concentración de microalga. Se evaluaron las características *tecnofuncionales*, de estabilidad y cálculo de PDCAAS de las formulaciones suspendidas. Se elaboraron los *hot cakes* de cada formulación y se caracterizaron por análisis de textura, color y atributos sensoriales. Se seleccionaron para realizar las pruebas de nivel de agrado y preferencia las formulaciones F2 y F3, debido a que presentaron las características de textura más parecidas a los *hot cakes* elaborados con harina comercial (elaborada con harina de trigo). La F2 contiene 28% harina de avena, 23% harina de frijol, 23% harina de lenteja y 23% harina de avena mientras que la F3 contiene 33% harina de avena, 10% harina de frijol, 28% harina de lenteja y 28% harina de amaranto. F3 presenta aporte proteico y de fibra mayores a la harina preparada de trigo. El producto de F3, proporciona un aporte de 380 kcal y sus atributos de textura y sensoriales son similares al *hot cake* ideal.

INTRODUCCIÓN



Los suplementos alimenticios son productos que aportan nutrimentos como proteínas, vitaminas y/o minerales y se utilizan para complementar, cubrir o incrementar la ingesta de estos nutrimentos en la dieta y pueden ser elaborados con componentes de origen vegetal o animal. Es importante considerar la calidad y funcionalidad de la materia prima en la producción de estos suplementos, así como la calidad del producto final, ya que esto impactará de forma positiva en el organismo de quien lo consume.

Como materia prima mayoritaria en las formulaciones, los cereales son un producto básico en la alimentación de los seres humanos, por sus características nutritivas, su precio moderado y la capacidad para provocar saciedad inmediata. Las leguminosas son una excelente fuente de proteínas, aportan sabor, textura y volumen al consumirlos solos o acompañados con otros alimentos (Espinoza y Quispe 2011). Las legumbres y los cereales se pueden complementar para compensar los aminoácidos limitantes en ambos productos esenciales para el desarrollo humano.

Por otra parte, las microalgas que son microorganismos que realizan la fotosíntesis, fijan dióxido de carbono y generan biomasa, han sido identificadas como una fuente importante de betacarotenos, antioxidantes y proteína, así como de algunas vitaminas y minerales. Por ello pueden complementar la calidad nutricional de cualquier suplemento alimenticio que haya sido desarrollado para tratar diferentes patologías derivadas de los nuevos estilos y modos de vida del ser humano. Es así como existe una creciente presencia de nuevos productos enriquecidos con estos microorganismos. Hay desde suplementos alimenticios, barras energéticas, galletas, *snacks*, entre otros. Destaca su presencia en el mercado alimentario oriental, donde se utilizan ampliamente en productos nutracéuticos en forma liofilizada o seca, en comprimidos, cápsulas o polvos para subsanar algunas carencias nutrimentales o su utilización como ingrediente en



diversas formulaciones enriqueciendo el producto final. También se han utilizado para la formulación de piensos, en acuicultura y en otras actividades como en la obtención de energía.

La incorporación de *Galdieria sulphuraria* (Cyanidiales), una microalga termoacidófila unicelular, incrementa el PDCAAS (puntuación de aminoácidos corregida por la digestibilidad de la proteína) y por tener un sabor neutro, no interfiere con el sabor del producto final, lo que la hace un complemento adecuado a la nutrición diaria de los organismos.

En este trabajo, se propuso el diseño y desarrollo de un suplemento alimenticio con elevado valor nutritivo, con fuentes de proteínas de alta tolerancia para mejorar la calidad de vida de pacientes con una limitada ingesta de alimentos o que padece malnutrición, a través de una harina de tipo *hot cake* de alto valor biológico a base de cereales y leguminosas y complementada con microalgas.





OBJETIVOS

GENERAL

Diseño y desarrollo de una harina de tipo *hot cake* de alto valor biológico a base de proteína vegetal (cereales y leguminosas) y complementada con microalgas como suplemento alimenticio para personas con malnutrición.

ESPECÍFICOS

1. Obtención y caracterización fisicoquímica y tecnofuncional de harinas de amaranto, avena, frijol, lenteja, y microalga para la formulación de una harina tipo *hot cake* de alto valor biológico.
2. Determinación de la concentración de las diferentes harinas por diseño de mezclas y caracterización fisicoquímica y tecnofuncional de las mezclas de harina.
3. Evaluación del valor biológico de la proteína de las formulaciones tipo *hotcake*, por el método de PDCCAS.
4. Caracterización fisicoquímica, tecnofuncional, determinación de la estabilidad, textura y color del producto elaborado de cada formulación.
5. Evaluación sensorial de los productos para determinar nivel de agrado y preferencia de los productos elaborados.



MARCO TEÓRICO



Harina

Harina proviene del término latín *farina*, la harina es el producto que resulta de la molienda de granos de trigo u otros cereales o de ciertos vegetales harinosos o leguminosos como castañas, garbanzos, habas, lentejas o soya y que, por lo general son ricos en almidones y en proteínas como el gluten, el mismo que está constituido de moléculas de gluteína y gliadina las cuales le permiten formar un enlace elástico en presencia del agua (Parrales y Zamora, 2019).

De acuerdo con Valencia y Montoya (2009), se puede conseguir harina de varios cereales, como el centeno, cebada, maíz o avena, sin embargo, la más habitual es la procedente del trigo. Para su elaboración influyen varios factores que controlar para poder obtener una diversidad de productos como pan y pasta. Las características reológicas de estos productos difieren de los que se preparan a base de trigo exclusivamente.

De acuerdo con La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1964), propuso el uso del término “harina compuesta”, se refiere a mezclas de cereales elaboradas distintas a trigo y productos de origen vegetal, por lo general leguminosas y tubérculos, para producir, pan, pastas y galletas. Como solución al problema alimentario de países que no producen trigo.

El Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (1975), propuso extender el concepto de harinas compuestas para incluir a otras harinas no necesariamente elaboradas a partir de cereales y tubérculos, que no se usaran únicamente para preparar productos de panadería, tal es el caso de las harinas compuestas que se elaboran con cereales, leguminosas, oleaginosas y plantas.



Es así como, a partir de la molienda y el tamizado de cereales, legumbres, plantas y semillas se elaboran diversos productos, presentes en diferentes campos de la industria alimentaria, por lo que Hernández y Zapata (2008) proponen la clasificación entre harinas convencionales y no convencionales.

Hablar de harinas no convencionales, es referirse a aquellas que son obtenidas de fuentes diferentes y poco explotadas como harinas de legumbres, plantas, semillas, grillos y algas. Una de las características de dichas harinas es que son introducidas a una matriz alimentaria con el fin de enriquecer o mejorar la calidad del producto elaborado, brindando beneficios que no se obtienen con la adición de harina de uso convencional (Guevara y Salazar, 2021).

Almidón

El almidón es la mayor fuente de hidratos de carbono en la dieta del ser humano y el polisacárido de almacenamiento más abundante en las plantas. Se presenta naturalmente en forma de gránulos en los cloroplastos de hojas verdes y amiloplastos de semillas, legumbres y tubérculos. A nivel molecular, el almidón nativo está formado por dos componentes distintos, amilosa y amilopectina. (Villaroel *et al.*, 2018)

Se puede apreciar en la Figura 1., un fenómeno de interés en el almidón, la interacción con agua, los gránulos de almidón nativo se hidratan y modifican su estructura. De acuerdo con Villaroel *et al.*, 2018, el mantenimiento de la temperatura y la agitación producen una distorsión de las cadenas de amilosa, adquiriendo una conformación al azar, hasta lograr un almidón hinchado que ha perdido totalmente su estructura cristalina (almidón gelatinizado). Cuando la temperatura comienza a bajar, se favorece la atracción entre las moléculas de amilosa, formando una red entre sí que atrapa el agua y los gránulos de almidón hinchados. El reordenamiento de las cadenas de amilosa favorece la recristalización del granulo de almidón, proceso llamado retrogradación. En la tabla 1 muestra el porcentaje de amilosa y



amilopectina, en cereales el contenido de amilosa es menor que en leguminosas, pero el porcentaje de amilopectina es mayor en cereales que en las leguminosas.

El almidón es ampliamente utilizado en la industria como un espesante, estabilizador coloidal y agente gelificante. Debido a su gran solubilidad y capacidad de absorber agua, se emplea para mejorar las características reológicas de salsas, disminuyendo la aglomeración, mejorando la viscosidad, consistencia, estabilidad y textura de productos semiviscosos. Tales propiedades, junto a su compatibilidad con diversos ingredientes y su bajo costo (Bello y Tovar, 2001).

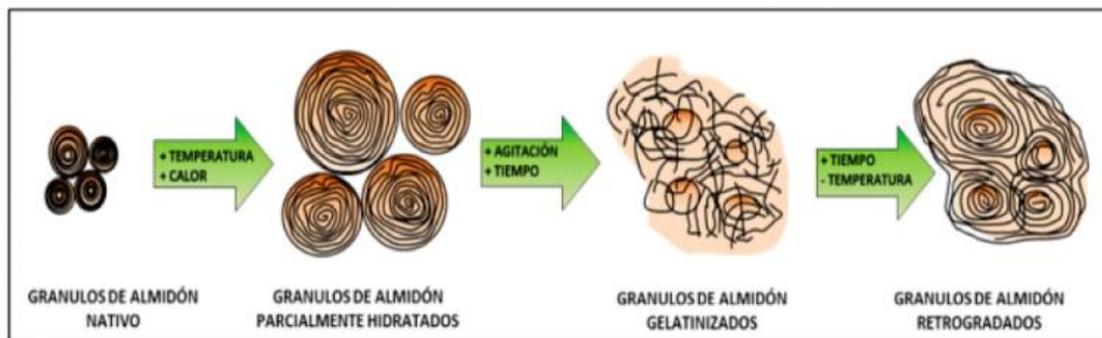


Fig. 1. Retrogradación del almidón.

Nota. Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos [Fotografía], por Revista chilena de nutrición, 2018, (https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182018000400271)

Después de la gelatinización o formación de pastas de almidón, las moléculas de amilosa y amilopectina se disuelven. Durante el enfriamiento la dispersión de almidón, una consistencia de pasta suave o gel. Cuando la pasta o gel se almacena por largos períodos de tiempo, las moléculas de amilosa tienen una tendencia fuerte a re-asociarse a través de la formación de enlaces de hidrógeno con moléculas de amilosa adyacentes.



Tabla 1. Amilosa amilopectina en cereales y leguminosas

Harina	%amilosa	%amilopectina
Amaranto	18.6 ^a	81.3 ^a
Avena	23 ^b	77 ^b
Frijol	21.81 ^c	78.19 ^c
Lenteja	33.22 ^d	66.97 ^d

Nota. ^a Cabezas, C. (2021) ^b Rodríguez, A. *et al.* (2007, p.8) ^c Miranda, P. *et al.* (2013, p.18) ^d Esquivel, I. y Cayro, S. (2018, p.122)

Hot cake

El Diario Oficial (1999) define a una harina preparada como el producto elaborado a partir de cereales y leguminosas, adicionado de otros ingredientes y aditivos para alimentos, tal como es el caso de la harina para preparar *hot cakes*.

Los *hot cakes* surgieron en el antiguo Egipto y Grecia. Los egipcios prepararon el primer *hot cake* con harina de trigo, leche y agua en una plancha caliente. La palabra "*hot cake*" se comenzó a utilizar a principios del siglo XIX en los Estados Unidos, cuando eran el desayuno más popular que se servía con jarabe de arce y mantequilla (The Content Authority, 2022).

Los *hot cakes* se hacen con una mezcla que se vierte en una sartén caliente y se cocina hasta que esté esponjosa y dorada. Se pueden servir con mermelada, mantequilla o fruta (Tirell, 2023).

La versión estadounidense generalmente involucra una masa más espesa hecha con harina de trigo, huevo, leche y un agente leudante como el polvo de hornear, lo que le proporciona una mayor ligereza a los *hot cakes* y crea burbujas durante la cocción (Wiesen, 2023).





Las harinas comerciales, para preparar *hot cakes*, son de fácil preparación, accesibles a cualquier consumidor, cumplir con los atributos de suavidad, esponjosidad, olor y sabor.

Leguminosas

Olmedilla, *et al.*, 2010, afirma que las legumbres son plantas de las que se utilizan sus semillas para la alimentación tanto animal como humana. Son fuente proteica e interesan también por su bajo contenido lipídico y el tipo de fibra dietética que contienen.

También son la principal fuente de proteínas en muchos países en desarrollo, en especial entre la población más pobre, quienes obtienen las proteínas y la energía a partir de fuentes vegetales. En los países desarrollados por el contrario el consumo de legumbres ha ido disminuyendo con los años (Olmedilla, *et al.*, 2010).

Las leguminosas destacan en su contenido de proteínas, hidratos de carbono de asimilación lenta, minerales (calcio, hierro, cinc) y fibra. Son deficientes en aminoácidos azufrados (metionina, cisteína y triptófano), pero con contenidos de lisina muy superiores a los de los granos de cereales, de forma que leguminosas y cereales se complementan en el aporte proteico. En dicha complementación influyen también los contenidos de aminoácidos secundarios limitantes (treonina en los cereales y triptófano en las legumbres) (Olmedilla, *et al.*, 2010).

Aunque las leguminosas contienen numerosos compuestos bioactivos, presentes en pequeñas cantidades que pueden tener efectos metabólicos y fisiológicos de interés, algunos de estos componentes se han clasificado como factores antinutricionales, pero en numerosos estudios se ha reconsiderado el impacto beneficioso que pueden tener en la salud, por lo que actualmente se los considera compuestos bioactivos. Algunos de ellos pueden tener un papel en la prevención de las principales enfermedades de las sociedades prósperas (p. ej., trastornos cardiovasculares, diabetes; Duranti, 2006).





Olmedilla et al., 2010, comenta que los galactooligosacáridos presentes en las leguminosas (alubias, garbanzos, lentejas) tienen el inconveniente de producir flatulencias y molestias intestinales, por lo que se tiende a seleccionar variedades con elevado contenido proteico y pobres en galactooligosacáridos. No obstante, los alfa-galactósidos desempeñan importantes funciones durante el desarrollo de vegetales y semillas y tienen un efecto prebiótico al estimular de forma beneficiosa el crecimiento y la actividad de bifidobacterias y lactobacilos en el colon humano. Además, al ser fermentados por las bacterias intestinales producen ácidos grasos de cadena corta que inducen la muerte de células tumorales.

Otra de las propiedades fisicoquímicas relevantes de las leguminosas es la fibra, las llamadas "fibras solubles" forman geles viscosos en el intestino y afectan principalmente a la absorción de glucosa y grasa. Las "fibras insolubles" aumentan el volumen fecal, tienen un efecto saciante al incrementar el tiempo de vaciado gástrico y además disminuyen el tiempo de tránsito intestinal, lo que favorece un efecto anti carcinogénico (Olmedilla *et al.*, 2010).

Cereales

Desde un punto de vista botánico los cereales pertenecen a la familia de las gramíneas monocotiledóneas y se caracterizan por algunos aspectos fisiológicos en común: sus hojas finas y puntiagudas forman inflorescencias que luego se transforman en las espigas y que dan como fruto los granos que conocemos como cereales (Rodríguez, 2008).

Los cereales y sus derivados constituyen la principal fuente de carbohidratos complejos de la dieta. El principal hidrato de carbono presente en los cereales es el almidón [25% de amilosa –polímero lineal de glucosa $\alpha(1\rightarrow4)$ - y 75% de amilopectina –polímero ramificado de glucosa $\alpha(1\rightarrow4)$ y glucosa $\alpha(1\rightarrow6)$], aunque también contienen pequeñas cantidades de azúcares libres (sacarosa, rafinosa, fructosa) y polisacáridos distintos del almidón (hemicelulosas, celulosas,





pentosanos, β -glucanos y glucofructanos) que, junto con la lignina de la cascarilla, constituyen la fibra alimentaria.

En general, el almidón se concentra en el endospermo (endospermo amiláceo), donde se acumula en forma de gránulos cuyo tamaño y forma son característicos de cada cereal. Las hemicelulosas, celulosas, pentosanos, β -glucanos y glucofructanos se localizan en el pericarpio (salvado), porque son constituyentes de la estructura de las paredes celulares y los azúcares libres, en el germen.

De acuerdo con Moran, 2016, las proteínas mayoritarias presentes en los cereales son las prolaminas y glutelinas (60-80% del total de proteínas), que son proteínas de reserva que se sintetizan en las últimas etapas de maduración de la semilla y se movilizan durante la germinación, de modo que sirven de reserva de nitrógeno al germen. También contienen albúminas y globulinas (20-40% del total), muchas de las cuales tienen actividad enzimática (amilasas, lipasas y proteasas), lo que es importante en el procesamiento de los cereales.

La mayor parte de la fracción lipídica de los cereales está formada por triglicéridos; también contienen fosfolípidos, glucolípidos, mono- y diglicéridos y ácidos grasos libres. Los lípidos de los cereales no difieren significativamente en su composición en ácidos grasos, predominando en todos ellos el ácido linoleico (ácido graso poliinsaturado). Normalmente los lípidos se encuentran concentrados en el epicarpio y en el germen y, también, en la capa de aleurona. Aunque el contenido graso de los cereales es reducido, puede influir mucho en la calidad de éstos una vez triturados, puesto que las grasas pueden oxidarse, dando lugar a sabores rancios. Además, la presencia de lipooxidasas y peroxidasas en el pericarpio y en la aleurona incrementan esta oxidación. Por eso es importante separar el germen antes de triturar los granos para fabricar la harina, ya que de esta forma se evitan las reacciones de alteración de los lípidos al ponerlos en contacto con las lipasas de otras zonas del grano (Moran, 2016).





De todos los cereales, la avena es el más rico en grasa (9-10%). Los cereales elaborados contienen poca grasa; además, entre los lípidos presentes predominan los ácidos grasos insaturados, con el consiguiente beneficio para la salud.

Algunas vitaminas de los cereales se encuentran unidas a otras macromoléculas y no se conoce bien su eficacia en la dieta, es decir, la biodisponibilidad de estos nutrientes. La distribución de las vitaminas en el grano es desigual: la tiamina se concentra en el escutelo, el niacina en la capa de aleurona, la piridoxina en la aleurona y en el germen y la riboflavina y el ácido pantoténico se distribuyen más uniformemente (Moran, 2016).

Los minerales más abundantes son el fósforo (P) y el potasio (K), seguidos por el magnesio (Mg); entre los oligoelementos predomina el hierro (Fe), y en menor proporción el manganeso (Mn), cobre (Cu) y zinc (Zn). Por el contrario, los cereales aportan poco calcio (Ca), por lo que su contribución a los requerimientos diarios es escasa.

Hay que tener presente que en la elaboración de harinas de trigo se pierde gran parte de los minerales al eliminar las cubiertas externas del grano.

Los productos integrales son más ricos en estos nutrientes, pero los cereales contienen una sustancia antinutritiva: el ácido fítico, que puede unirse a cationes divalentes (Ca, Mg, Zn, Cu, Fe), formando sales insolubles e inhibiendo su absorción intestinal, lo que disminuye su biodisponibilidad. Por eso, el aporte de minerales de los cereales dependerá de la presencia de ácido fítico (Moran, 2016).

Pseudocereales

Los pseudocereales no pertenecen a las gramíneas y poseen hojas muy anchas, hoja fina y puntiaguda, sin embargo, producen granos y semillas similares a las de las gramíneas, generalmente los pseudocereales provienen de semillas de flores, y este es el motivo de la diferenciación de los cereales que son frutos de espigas de





gramíneas. Desde la antigüedad han sido usados de la misma forma que las primeras: molidas, como harina y en una variedad de productos, por ejemplo: pan, pastas, harinas y botanas (Hunziker, 1952).

Existen gran cantidad de pseudocereales en el mundo (trigo sarraceno, kiwicha, chía, amaranto y quinoa). América Latina es el principal punto de producción, siendo la quinoa y el amaranto los pseudocereales más conocidos y consumidos. Tanto la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) como la Organización Mundial de la Salud (OMS) reconocen ambos pseudocereales como alimentos de alto valor nutrimental, ya que tienen la cualidad de poder sustituir las proteínas de origen animal por ser muy ricos en nutrimentos (Haros y Schoenlechner, 2017).

Al igual que los cereales, los pseudocereales poseen un alto contenido de almidón y un similar uso en la alimentación; pero a diferencia de los cereales, la composición proteínica (10-17 % b.s.) de los pseudocereales la constituyen principalmente globulinas (13-18 %), que son ricas en leucina y treonina, gluteínas (20-40 %), ricas en leucina, triptófano, treonina e histidina y albúminas (49-65 %), que son ricas en lisina, triptófano, treonina y valina (López y Horta, 2017). Sin embargo, la ausencia de gluten en los pseudocereales es una desventaja desde el punto de vista tecnológico, aunque es muy importante en la formulación de productos para personas celíacas (Mauro, 2014).

Microalga

Un alimento funcional está constituido por elementos que, además de proporcionar nutrientes, tienen un beneficio para una o más funciones del organismo humano, mejorando el estado de salud y reduciendo el riesgo a la enfermedad. Muchos de los compuestos metabólicos de microalgas, así como su biomasa tienen un efecto beneficioso y pueden ser incorporados en alimentos.





En términos generales el contenido de proteínas en microalgas es elevado, la mayoría de las especies presentan cantidades por encima del 50% de proteína en peso seco, recientemente se ha mostrado un gran interés con respecto a las proteínas de microalgas ya que poseen secuencia de aminoácidos que forman péptidos bioactivos con gran potencial terapéutico en la salud humana, estos pueden proteger al organismo del deterioro por los radicales libres y especies reactivas de oxígeno (ROS) que pueden reaccionar con moléculas de DNA, proteínas y lípidos, llevando a muchos trastornos en la salud como inflamación, envejecimiento, diabetes, enfermedades cardiovasculares y cáncer (Kim y Kang, 2011).

El contenido y composición de los lípidos en microalgas varía entre especies y condiciones ambientales.

Los principales lípidos polares en microalgas (mono y digalactosil diacilglicerol y fosfatidilglicerol) han descrito que poseen actividad anti-inflamatoria y anti-trombótica (Antonopoulou *et al.*, 2005); pero, los compuestos lipídicos más estudiados en las microalgas, son los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga como los ácidos eicosapentaenoico (EPA, 20:5 ω -3), docosahexaenoico (DHA, 22:6 ω -3), araquidónico (ARA, 20:4 ω -6), gamma-linolénico (GLA, 18:3 ω -6).

La importancia de estos compuestos se basa en la incapacidad del humano para sintetizar algunos ácidos grasos, por lo que estos ácidos se denominan ácidos grasos esenciales. Estos ácidos grasos, especialmente la ω -3 y ω -6 son esenciales para la integridad de los tejidos en los que se incorporan (Valenzuela *et al.*, 2011).

Los GLA dispuestos en las microalgas destacan, ya que, son nutrientes esenciales para la síntesis de prostaglandinas, por el sistema inmunológico y otros procesos relacionados con la regeneración de tejidos. Los ácidos DHA y EPA están asociados a la reducción de problemas asociados con accidente cerebrovascular, artritis e hipertensión, y presentan actividad hipolipidémica significativa, mediante la





reducción de triglicéridos y aumento de colesterol HDL. El DHA también participa en el desarrollo y el funcionamiento del sistema nervioso (Raposo et al., 2013).

Estas microalgas son potencialmente prometedores para la industria alimentaria como una valiosa fuente de ácidos grasos de cadena larga como una alternativa a los aceites de pescado, suministrando también esteroides (principalmente fitosterol), tocoferoles, pigmentos colorantes y otros nutraceuticos.

Actualmente, la ficocianina se podría usar como aditivo nutricional, como reactivo fluorescente en pruebas de diagnóstico o como agente terapéutico para el tratamiento de enfermedades asociadas al estrés oxidativo, entre otras (Díaz et al., 2016). Esta es extraída de microorganismos como las cianobacterias *Spirulina sp.* y *Arthrospira sp.*, que producen el pigmento a escala industrial bajo condiciones fotoautotróficas en cultivos al aire libre (estanques abiertos), para permitir mayor incidencia de la luz solar (Spolaore et al., 2006).

La microalga *Galdieria sp.* que crece en ambientes altamente ácidos, en un intervalo entre 0.5 - 3.0, y temperaturas cercanas a 50°C puede sintetizar la ficocianina bajo condiciones fotoautotróficas, mixotróficas y heterotróficas (Barbier et al., 2010). Siendo la última condición, la heterotrofia, la que mejor le favorece a esta microalga para la producción de la FC, ya que la producción de biomasa puede ser 100 veces mayor a lo reportado para las cianobacterias *Spirulina sp.* y *Arthrospira sp.* (Eriksen, 2008).

Las condiciones de cultivo de *Galdieria* (pH 3.0; 50°C) permite mantener cultivos axénicos incluso a escala industrial, permitiendo obtener una ficocianina de mayor calidad y más segura en los alimentos, nutraceuticos y productos farmacéuticos (Eriksen, 2008). Adicionalmente, la ficocianina de *Galdieria* puede ser estable hasta 73°C, siendo esta una gran ventaja frente a la producida por *Spirulina* cuyo pigmento se inactiva a 46°C (Mosquera, 2017). Recientemente las algas del género *Galdieria sp.* (*Galdieria sulphuraria* y *G. partita*) han llamado la atención como fuentes comercialmente valiosas de un amplio espectro de compuestos,





incluyendo vitaminas (B12, C y E), ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, glicolípidos, sulfolípidos y otros compuestos fenólicos, pero, estos microorganismos se destacan principalmente porque producen pigmentos como clorofila, carotenoides y ficocianina (FC), este último por ser un complejo pigmento-proteína, se extrae de dichos organismos con el fin de ser usado principalmente como fuente de antioxidantes, antirradicales libres y antitumorales (Eriksen, 2008).

Malnutrición

La Organización Mundial de la Salud, 2021 define que la malnutrición se relaciona con la ingesta calórica y de nutrientes, los excesos y los desequilibrios de una persona. Comprende tres grandes grupos de afecciones: la desnutrición, la malnutrición y el sobrepeso y obesidad.

- 1) La desnutrición incluye la emaciación (un peso insuficiente respecto de la talla), el retraso del crecimiento (una talla insuficiente para la edad) y la insuficiencia ponderal (un peso insuficiente para la edad);
- 2) La malnutrición relacionada con los micronutrientes, que incluye las carencias de micronutrientes (la falta de vitaminas o minerales importantes) o el exceso de micronutrientes, y
- 3) El sobrepeso, la obesidad y las enfermedades no transmisibles relacionadas con la alimentación (como las cardiopatías, la diabetes y algunos cánceres).

Todos los países del mundo están afectados por una o más formas de malnutrición, por ello combatir todas las formas de esta, es uno de los mayores problemas sanitarios a escala mundial.

Desnutrición

Huamán *et al.*, (2017) afirman que los principales factores que afectan la seguridad alimentaria y que determinan que la desnutrición se constituya en un problema social y de salud pública se pueden asociar en medioambientales (por causas





naturales o entrópicas), socioculturales-económicos (asociados a los problemas de pobreza y desigualdad) y político-institucionales.

Sobrepeso y obesidad

La obesidad y las enfermedades crónicas asociadas a la malnutrición relacionan factores que actúan en diferentes niveles, desde procesos socioculturales y económicos, que influyen en el equilibrio de energía en el cuerpo. Carrasco *et al.*, (2017), afirman que las causas de la malnutrición por exceso de peso se plasman en una serie de cambios económicos y socioculturales relaciona con procesos como la globalización, urbanización, y envejecimiento poblacional que provocan cambios en los sistemas y tecnologías de producción de alimentos, los mercados de alimentos, la estructura y rol de las familias, las tecnologías para el trabajo y la recreación, así como en los medios de comunicación, y en las características de la pobreza y marginalización.

En relación con la ingesta alimenticia, Carrasco *et al.*, (2017) por medio de diversas investigaciones muestran que las familias con bajos ingresos tienden a consumir fuentes baratas de calorías, debido al alto costo monetario y de tiempo requerido para preparación de los alimentos nutritivos. Normalmente, estas fuentes baratas de calorías son alimentos densos en energía, con altos contenido de azúcar y grasa, así como una pobre calidad nutricional (bajo contenido de vitaminas y de minerales).

Proteínas

Las proteínas son las macromoléculas orgánicas más abundantes en las células vivas y en el ser humano. Se desempeñan como componentes estructurales, enzimas, hormonas, mensajeros, transportadores y componentes del sistema inmune, entre otras. Están construidas a partir un mismo conjunto de 20 aminoácidos, de los cuales nueve no pueden ser sintetizados en el organismo (histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y





valina), por lo que se les considera aminoácidos esenciales (Quesada y Gómez, 2019).

Las proteínas de origen animal, por ejemplo, se digieren con mayor facilidad que las de origen vegetal, ya que estas últimas por lo general, están almacenadas en gránulos, lo que las hacen menos accesibles a las enzimas digestivas. Algunas plantas contienen inhibidores de las enzimas digestivas, como en el caso de las leguminosas, sin embargo, estos se inactivan con el calor, lo que lleva a un aumento de la digestibilidad con el proceso de cocción (Quesada y Gómez, 2019).

Respecto a las proteínas de origen vegetal, estas suelen percibirse como una fuente de proteína incompleta al contener una menor o nula cantidad de alguno de los aminoácidos esenciales, al que se le denomina aminoácido limitante y con un PDCAAS significativamente más bajo, entre 0.5 y 0.75 (Quesada y Gómez, 2019).

Las proteínas de origen animal se caracterizan por su mayor digestibilidad y calidad. Su consumo se ha relacionado con un aumento en el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares las cuales de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud constituyen la mayoría de las muertes por enfermedades no transmisibles, representando más de 17,9 millones de personas al año (Quesada y Gómez 2019).

Como ya se mencionó anteriormente los aminoácidos que adquirimos obligatoriamente de la dieta los denominados aminoácidos esenciales o actualmente llamados indispensables, a saber: histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina (y cisteína), fenilalanina (y tirosina), treonina, triptófano, y valina. La metionina es un precursor de la cisteína y la fenilalanina de la tirosina, estos aminoácidos se consideran normalmente en parejas. Si falta uno solo de ellos no será posible sintetizar ninguna de las proteínas en la que sea requerido este aminoácido. Esto puede dar lugar a diferentes tipos de desnutrición, dependiendo el aminoácido limitante, es decir, el aminoácido que no se encuentra en la proteína





alimentaria y por tanto, no contribuye a la síntesis de nuevas proteínas. (González *et al.*, 2007).

El triptófano es un precursor del neurotransmisor serotonina, a nivel nutricional, su deficiencia representa un problema mayor, ya que es un precursor del niacina (vitamina B3) y la deficiencia de ambos tiene relación directa con un trastorno denominado pelagra, que afecta a la piel, al sistema digestivo y al cerebro.

La lisina es requerida en el cuerpo para la síntesis de carnitina, usada en el metabolismo de las grasas. Este aminoácido estimula la síntesis de colesterol en el hígado. Cuando las dietas son altas en lisina y arginina (proteína animal) existe una correcta estimulación de la síntesis de colesterol, mientras que dietas bajas en estos aminoácidos no estimulan en gran medida la síntesis de colesterol. Comúnmente es un aminoácido limitante en dietas vegetarianas estrictas en las que está en poca cantidad en granos vegetales. (González *et al.*, 2007).

La metionina es usada en la síntesis de taurina, el cual es un aminoácido importante para la función cardíaca, así como un neurotransmisor en el cerebro. Se ha encontrado que la deficiencia de metionina está asociada a una ingesta de proteína de baja calidad. Su deficiencia también puede resultar en síntesis pobres de fosfatidilcolina, y otros fosfolípidos. Estas sustancias son esenciales para la función del sistema nervioso, así como para prevenir la aglutinación de células sanguíneas. (González *et al.*, 2007).

La evaluación de la calidad de las proteínas

La FAO, 2002 menciona que la evaluación de la calidad de las proteínas tiene como objetivo determinar la capacidad de las fuentes de proteínas alimentarias y las dietas para satisfacer la demanda metabólica de aminoácidos y nitrógeno.

Por lo tanto, cualquier medida de la calidad general de la proteína dietética, si se determina correctamente, debería predecir la eficiencia general de la utilización





de la proteína. Las ingestas seguras o recomendadas se pueden ajustar de acuerdo con la medida de calidad, de modo que se puedan satisfacer las demandas.

La calidad de la proteína es una medida de la biodisponibilidad de la proteína, el término genérico para la proporción de cualquier nutriente que puede absorberse de la dieta y utilizarse. La biodisponibilidad comprende la digestibilidad, la integridad química y la ausencia de interferencias en el metabolismo, destacando aquellos aspectos de la utilización de aminoácidos que pueden ser importantes con alimentos específicos y métodos de procesamiento de alimentos. Se puede realizar una evaluación de la biodisponibilidad, con diversos grados de dificultad – en humanos directamente, pero el uso de animales modelo es atractivo en términos de costo y tiempo.

Este enfoque fue formalizado por una consulta conjunta de expertos FAO/OMS sobre evaluación de la calidad de las proteínas, se evaluó el crecimiento de las ratas con la proteína o proteínas de prueba en función de la ingesta de proteínas y, por diversas razones, se concluyó que no era satisfactoria. Por lo tanto, se sugirió un ensayo basado en medidas de digestibilidad y composición de aminoácidos, a saber, la puntuación de aminoácidos corregida por digestibilidad de proteínas (PDCAAS). Esto se propuso como un medio para evaluar la calidad de las proteínas tanto de las mezclas dietéticas (por ejemplo, trigo, garbanzos y leche) como de las fuentes individuales de alimentos proteicos.

Actualmente para evaluar la calidad de las proteínas alimentarias hay un método ajustado al crecimiento de la población mundial, el método DIAAS determina la digestibilidad de los aminoácidos en el extremo del intestino delgado proporcionando una medida más precisa de las cantidades de aminoácidos absorbidos por el cuerpo y de la contribución de la proteína de acuerdo con la necesidad que las personas tienen de aminoácidos y de nitrógeno (Dica, 2014).





Digestibilidad de proteínas

La digestibilidad, la proporción de proteína alimentaria que se absorbe, se define a partir de las mediciones del contenido de nitrógeno de los alimentos y las heces, y la digestibilidad “verdadera” tiene en cuenta el grado en que el nitrógeno fecal es “endógeno”, que a su vez se mide como contenido fecal. pérdida de nitrógeno en una dieta libre de proteínas, es decir:

$$\text{Digestibilidad aparente de la proteína (N) (\%)} = \frac{I-F \times 100}{I}$$

$$\text{Digestibilidad de proteína (N) verdadera (\%)} = \frac{I-(F-F_k) \times 100}{I}$$

Donde I = ingesta de nitrógeno, F = pérdida de nitrógeno fecal en la dieta de prueba, y F_k = pérdida de nitrógeno fecal en una dieta sin proteínas (FAO, 2002).

Valor biológico

El perfil de aminoácidos determina la eficacia con la que se puede utilizar el nitrógeno dietético absorbido, que normalmente se define en términos de valor biológico, es decir:

$$\text{Proteína aparente (N) valor biológico (\%)} = \frac{(I-F-U) \times 100}{I-F}$$

$$\text{Proteína verdadera (N) valor biológico (\%)} = \frac{I-(F-F_k)-(U-U_k) \times 100}{I-(F-F_k)}$$

Donde U = pérdida de nitrógeno urinario en la dieta de prueba, y U_k = pérdida de nitrógeno urinario en una dieta libre de proteínas (FAO, 2002).

Puntuación de aminoácidos

La puntuación de aminoácidos determina la eficacia con la que el nitrógeno dietético absorbido puede satisfacer los requisitos de aminoácidos indispensables en el nivel seguro de ingesta de proteínas. Esto se logra comparando el contenido





del aminoácido limitante en la proteína o dieta con su contenido en el patrón de requerimientos:

$$\text{Puntuación de aminoácidos} = \frac{\text{mg de aminoácido en 1 g de proteína de prueba}}{\text{mg de aminoácido en patrón de requerimiento}}$$

PDCAAS = digestibilidad x puntuación de aminoácidos

Si el valor biológico está determinado únicamente por el perfil de aminoácidos, entonces PDCAAS debería predecir el valor biológico.

El principio detrás de esto es que la utilización de cualquier proteína estará limitada primero por la digestibilidad, que determina el nitrógeno de aminoácidos total disponible de los alimentos y el valor biológico describe la competencia de los aminoácidos absorbidos para satisfacer la demanda metabólica.

El valor biológico nunca puede exceder de 1, ya que, para cualquier cantidad de nitrógeno absorbido, lo mejor que se puede lograr es que el patrón de aminoácidos coincida exactamente con los requisitos, de modo que se utilicen todos los aminoácidos (FAO, 2002).

En este contexto, el valor PDCAAS se usaría para ajustar la ingesta de proteínas en la dieta para cumplir con los requisitos, es decir, para cualquier dieta, ingesta recomendada = nivel seguro de proteína/valor PDCAAS de la dieta. Por lo tanto, nunca se utilizaría un valor de PDCAAS > 1, ya que esto significaría que para dietas de “alta calidad”, la ingesta ajustada sería inferior al nivel seguro (FAO, 2002).

Evaluación sensorial

A través de nuestros sentidos somos capaces de detectar y diferenciar la riqueza de nuestro ambiente y todos sus detalles. Algunos estímulos evocan sensaciones placenteras, mientras que otros son desagradables. Por lo tanto, nuestras





sensaciones siempre están marcadas por sentimientos de placer, indiferencia o desagrado (aceptación o rechazo). La evaluación sensorial es la disciplina científica que permite evocar, medir, analizar, interpretar reacciones a aquellas características de los alimentos y materiales como son percibidas por los sentidos: vista, olfato, gusto, tacto, temperatura, etc. (Severiano *et al*, 2016).

Son diversos los criterios reportados en la literatura con relación al peso e importancia de cada una de las propiedades sensoriales en la calidad y aceptación de un producto alimenticio. En este sentido hay que considerar que la evaluación sensorial está dada por la integración de los valores particulares de cada uno de los atributos sensoriales de un alimento, por tanto, no debe absolutizarse que una propiedad en particular es la que define la calidad de un producto dado; sino que existe una interrelación entre ellas, que no permite por tanto menospreciar el papel de ninguno de éstas.

La textura se define como la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y de superficie de los alimentos detectados a través de los sentidos de la vista, la audición, el tacto y la cinestésica (Szczeniak, 2002).

El Perfil de Textura es el mejor método para evaluar la textura de los nuevos tipos de alimentos en las primeras etapas de desarrollo, su descripción completa debe abordar la identificación y cuantificación de todas las propiedades de textura de un alimento (Bourne, 2002). Es un método descriptivo que contempla todas las características que describen al producto en relación a la textura desde la primera mordida hasta la deglución (Stone y Sidel, 2004).





El diseño de pruebas sensoriales

Severiano (2019) comenta que al diseñar una prueba sensorial se deben considerar aspectos como el propósito del estudio, el tipo de prueba, el objetivo de la prueba, el tipo de persona que participa en el estudio, es decir, si son jueces o consumidores, si es necesario contar con un consentimiento informado de los evaluadores para que puedan participar.

Se debe conocer qué tipo de muestra se va a evaluar para determinar el tamaño o forma de la muestra, el volumen, y, si es necesario, servirlo acompañado de otro alimento, la temperatura para ser evaluado, el tiempo en que se debe evaluar, etc. Se debe establecer si es necesario el uso de escala y las características de esta, si se quiere un perfil sensorial (conocer todos los atributos sensoriales que presenta un alimento), también es preciso definir cuidadosamente los atributos sensoriales y la manera de evaluarlos (Severiano, 2019).

La preparación del material se debe considerar si el alimento se servirá frío o caliente, e identificar el material con un código de tres dígitos aleatorios y aleatorización de las muestras. Del mismo modo, debe considerarse si el participante recibirá alguna compensación por su participación.

El control de las variables en estudio debe ser conocidas y controladas para que las diferencias que se encuentren sean propias de las muestras y no debidas al efecto de variables externas a ellas, para obtener resultados que se puedan analizar estadísticamente, dependiendo del tipo de prueba y obteniendo conclusiones que permitirán, tomar decisiones.

Metodologías sensoriales

La evaluación sensorial engloba un conjunto de técnicas para una medición precisa de las respuestas humanas a los alimentos y minimiza los efectos potencialmente





sesgados de la identidad de marca y otra información que pueda tener influencia en percepción del consumidor. (Severiano, 2019).

Las metodologías sensoriales se dividen en dos grandes grupos: en metodologías analíticas y metodologías afectivas (Severiano, 2019).

Las metodologías analíticas estudian los límites en que son percibidas las muestras, si existen diferencias sensorialmente perceptibles entre ellas, las características de las muestras y la intensidad en las que se presentan. Para realizarlas se necesitan jueces y el nivel de entrenamiento dependerá del tipo de prueba a realizar y del alimento a evaluar.

Severiano 2019, señala que en la metodología afectiva se trabajará con consumidores que serán seleccionados en función del objetivo de la prueba y estos pueden ser consumidores habituales (personas que consumen de manera regular el producto) o no habituales (que lo consumen de forma esporádica, tal vez un refresco en meses) o estarán definidos en función de sus características sociodemográficas (edad, género, escolaridad, nivel socioeconómico, por mencionar algunas).

Pruebas afectivas

Las pruebas afectivas estudian el gusto y preferencia de los consumidores hacia los alimentos y otros productos. Permite conocer si el consumidor acepta un producto para su consumo, si lo compraría, qué tanto le gusta, si la intensidad de algún atributo sensorial como el dulzor está justo como le gusta, si al usar o al preparar un alimento este sabe a lo esperado (Severiano, 2019).

En las pruebas afectivas sensoriales también se obtiene información objetiva porque, al igual que en las pruebas analíticas, también existen metodologías que controlan una serie de variables para llevar a cabo las evaluaciones y se capturan en un cuestionario los resultados para, posteriormente, realizar análisis estadísticos





de los mismos: desde unas gráficas de frecuencia hasta un análisis de correspondencia.

La textura se define como la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y de superficie de los alimentos, que se detectan a través de los sentidos de la vista, el oído, el tacto y la cinestesia. Esta definición expresa conceptos importantes tales como:

1. textura es una propiedad sensorial y, por lo tanto, sólo un ser humano puede percibir y describir. Los métodos instrumentales de textura pueden detectar y cuantificar sólo ciertos parámetros físicos que luego deben de interpretarse en términos de la percepción sensorial;

2. es un atributo de multidimensional;

3. que se deriva de la estructura del alimento (molecular, microscópica o macroscópica); y

4. es detectado por varios sentidos, principalmente los sentidos del tacto (Surmacka et al., 2002).

La textura de un alimento influye más en la intensidad de la percepción del gusto que los otros dos factores, el aroma y el color.

La textura puede ser medida de dos formas, la primera es por medio de pruebas instrumentales y la segunda es por pruebas sensoriales.

Las pruebas instrumentales utilizan equipos llamados texturómetros, los cuales imitan las condiciones de masticación (Hleap y Velasco 2010).



ANTECEDENTES



En el artículo de Velásquez *et al.* (2017) “Características de *hot cakes* elaborados con diferentes mezclas de harinas de amaranto, arroz y papa”, se elaboraron *hot cakes* con mezclas de harina de amaranto, arroz y papa adicionados con 0.5 y 1% de goma guar. Los *hot cakes* fueron evaluados en composición química (carbohidratos, ceniza, fibra, grasa, humedad y proteína). Se evaluó aceptabilidad, parámetros sensoriales y de textura (cohesividad, dureza y masticabilidad). Destacan que la dureza disminuyó con 20% de harina de papa y 1% de goma guar. No encontraron diferencias significativas en los contenidos de carbohidratos, ceniza, fibra, grasa, humedad y proteína y en la mayoría de los parámetros de textura estudiados ($p < 0.05$). Los productos formulados en general aportan proteínas, con buenas características de textura y aceptabilidad sensorial.

En la tesis de Criales (2022) “Desarrollo de productos tipo *hot cakes* a partir de harina de semillas de chíá, amaranto y quinua”, diseñó una mezcla lista para *hot cakes* a partir de harina de pseudocereales. Realizó un análisis de humedad e higroscopicidad de la harina en seco, utilizó un reómetro rotacional y un texturómetro con el propósito de observar el comportamiento de las masas de harina, al agregar agua y aceite. Escogió 2 formulaciones de harina, la mezcla 50/50 entre quinua y amaranto, y la mezcla 50/50 de quinua y chíá. Principalmente por las similitudes con la harina comercial para *hot cakes* en términos de humedad, viscosidad y textura. Posteriormente, preparo los *hot cakes* con esencia de vainilla, stevia en polvo, ácido ascórbico y goma xantana, con el fin de realizarle pruebas de textura, con un control, con el fin de observar semejanzas con harinas comerciales. Los resultados de los parámetros evaluados le permitieron evidenciar que existían diferencias significativas con respecto al control.

Betancourt, *et al* (2016) en su artículo “BBCA harina para *hot cakes* a base de garbanzo y vainas de mezquite” fue elaborado pensando en la importancia que



tienen los ingredientes como las vainas de mezquite en la cocina tradicional mexicana. Las vainas de mezquite aportan fibra y minerales, el garbanzo es fuente en hidratos de carbono de absorción lenta, son fuente de energía. Previo a la formulación de BBAC, deshidrataron las vainas de mezquite y garbanzo y las molieron para obtener harinas. Posteriormente las mezclaron con los demás ingredientes en polvo a partir de las cantidades de harina de mezquite y garbanzo, se formularon en relación 1:1 y mezclaron con los aditivos para formar la formulación BBAC. Los porcentajes aditivos las determinaron por lectura de etiquetas de empaques de otras harinas para *hot cakes* y recetas. Se adicionaron aditivos como polvo de hornear y leche en polvo para favorecer la emulsión de la masa y del pan al cocinarse. En la elaboración de los *hot cakes*, los aditivos cumplieron su función, al obtener *hot cakes* esponjosos, color aceptable y olor dulce. Pero la cantidad de huevos y leche superaron la cantidad que se necesita para elaborar *hot cakes* de harina de trigo, debido a la capacidad de hidratación de BBAC, es menor y la formación de malla de pan es menos estable por la falta de gluten de la harina de trigo. En el *hot cake el sabor* del mezquite resaltó y su principal defecto fue que al consumirlo dejaba un resabio amargo. Las características físicas del *hot cake* BBAC resultaron aceptables gracias a la función del polvo para hornear, leche en polvo, vainilla en polvo y arándanos deshidratados. Menciona que el costo de la formulación de este producto es competitivo en comparación con marcas líderes. Se requieren más estudios para demostrar su aporte en cuanto a proteínas, fibra, reducción de azúcar y su aporte en minerales y antioxidantes.

Cardona, *et al.* (2019), en su tesis “*hot cakes* de harina de avena, amaranto, acai altos en fibra, con mermelada de higo adicionados con inulina” realizaron un estudio de mercado, prepararon una mermelada de higo, harina de avena, amaranto y acai. Realizaron un diseño de mezclas variando la proporción de cada materia prima y sometiendo el producto a evaluación con consumidor. Determinaron el porcentaje de los diferentes componentes por análisis químico proximal que reportaran en su etiqueta, así como un análisis microbiológico de coliformes, mohos





y levaduras. Obtuvieron una aceptación del 82%, pero por sus altos costos de producción optarían por reformular.

En la tesis de Villegas *et al.* (2018) "Optimización de harina para panqueques libres de gluten" sus objetivos fueron obtener la mezcla de harinas similar en sus características fisicoquímicas de un *hot cake* sin gluten, determinar la aceptación sensorial y etiquetado nutricional. Su metodología consta de dos fases. La primera fase consistió en el diseño de mezclas obteniendo dos formulaciones A y B con sus respectivos tratamientos, a base de harina de arroz blanco, de maíz y de yuca. Se usaron leudante y goma xantana como variables independientes. Las variables dependientes fueron la elasticidad, dureza e índice de absorción de agua. La segunda fase consistió en comparar las mezclas en cuanto a características fisicoquímicas y nutricionales con un *hot cake* control. Las formulaciones A y B tenían 2.73 - 1.99% leudante, y 1.63 - 1.17% goma, respectivamente, estadísticamente fueron similares en sus características fisicoquímicas. Obtuvieron mayor aceptación del control comparado con las formulaciones A y B. En la fase 1, la formulación A (arroz + yuca) fue la más parecida al *hot cake* control en cuanto a las características fisicoquímicas, la formulación A (arroz + yuca) y B (arroz + maicena) fueron evaluadas como "No me gusta ni me disgusta" con una calificación de 3.10 y 3.21. Ambas formulaciones cumplieron con el criterio de la FDA para ser consideradas bajas en sodio y azúcar, son similares en carbohidratos complejos, proteína y fibra dietética, se consideran productos aptos para consumidores hipertensos.

Rosales (2008), en su tesis "Desarrollo y caracterización de harinas para *hot cake* enriquecida con okara", realizó de forma experimental pruebas preliminares para elaborar *hot cakes* a partir de harina de trigo, incorporar okara (5, 10, 15 y 20%) y harina de trigo para realizar *hot cakes* a diferentes concentraciones, elaborar los *hot cakes* y evaluar sus características fisicoquímicas y determinar su valor nutricional. Para la harina de *hot cake* con okara también incorporaron azúcar, sal y polvo para hornear. Realizaron análisis de humedad y textura, relacionaron el contenido de agua del producto con la suavidad, a mayor cantidad de okara la





humedad aumenta y en el caso de la textura disminuye y la suavidad aumenta, la okara es capaz de absorber y retener agua, estas propiedades se les atribuyen a las proteínas presentes en la okara que se tratan de albuminas. Solo existió diferencia significativa en humedad, para diámetro, peso, esponjosidad y textura no hay diferencia significativa. La concentración ideal de harina de trigo-okara fue del 15% de sustitución y sugieren aumentar la cantidad de okara para elevar el contenido de proteína y fibra del producto final.

Investigación de producto a la venta

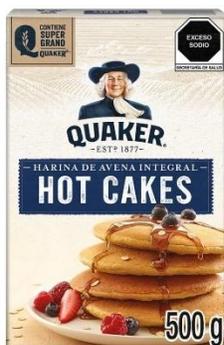
La investigación de producto a la venta permite conocer la presentación de las harinas para *hot cake* que existe a la venta, el contenido y empaque. Además, las mezclas de harinas que se pueden conseguir, ya sea con o sin trigo. Con respecto al precio de estas harinas permite saber si la harina que se diseñó será competitiva en el mercado, fijando el precio apropiado para colocar el producto o bien imponer un nuevo precio por alguna razón justificada.

En las tiendas de autoservicio y de conveniencia se encontraron los siguientes productos como se aprecian en la tabla 2, existen harinas que contiene trigo y avena o solo avena con precio de \$47 - 49, el precio aumenta \$197 en mezclas de harinas que son de cereal diferente al trigo como amaranto, arroz o avena y que puede estar adicionado con alguna leguminosa o algún fruto como el plátano. Las presentaciones que venden son bolsas de 350 g a 500 g.



Tabla 2. Harinas de cereales/ leguminosas comerciales.

Harinas comerciales de diferentes cereales y/o leguminosas	Presentación
	<ul style="list-style-type: none">➤ Ingredientes: Harina de arroz, amaranto y garbanzo➤ Contenido: 420 g➤ \$197.00
	<ul style="list-style-type: none">➤ Ingredientes: Harina de plátano➤ Contenido: 350 g➤ \$104.00
	<ul style="list-style-type: none">➤ Ingredientes: Harina de trigo y amaranto➤ Contenido: 350 g➤ \$66.50
	<ul style="list-style-type: none">➤ Ingredientes: Harina almendra, arroz y amaranto con chispas de chocolate➤ Contenido: 350 g➤ \$104.00



- Ingredientes: Harina de avena integral
- Contenido: 500 g
- \$47.50



- Ingredientes: Harina de avena y salvado de trigo.
- Contenido: 500 g
- \$49.00



METODOLOGÍA

Estrategia experimental

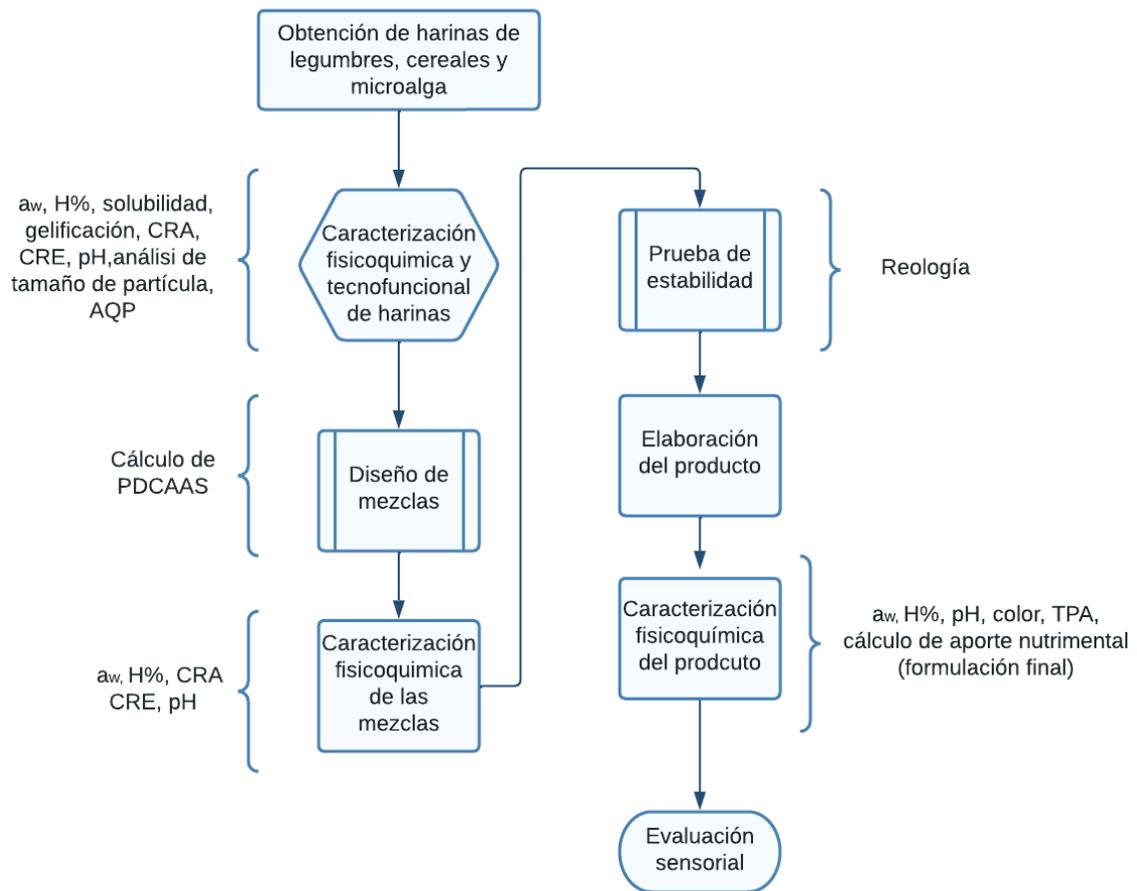


Fig. 2. Estrategia experimental del proyecto.

La estrategia experimental (fig. 2) conllevó primero a obtener las harinas de cereales (avena, amaranto), legumbres (lenteja y frijol) de acuerdo con la metodología

propuesta por Velázquez (2018) y microalgas utilizadas para la elaboración de suplementos alimenticios para personas con malnutrición.

Se hizo la caracterización fisicoquímica de las harinas con la finalidad de conocer la composición y las características tecno funcionales de la materia prima.

Se realizaron los análisis de actividad de agua (a_w), % de humedad, solubilidad, coeficientes de retención de agua y aceite, índice de gelificación y pH de cada harina.

Mediante un diseño de mezclas, se propusieron las diferentes formulaciones (diferentes proporciones de harinas de legumbres, cereales y microalgas) con mayor valor biológico, tomando como referencia los requerimientos nutrimentales que debe cumplir un plan nutrimental para personas con malnutrición. Las mezclas se caracterizaron fisicoquímicamente y por reología al igual que el producto ya preparado. Finalmente, se eligieron dos formulaciones para someterlas a la evaluación con consumidores.

Actividad de agua (a_w)

La actividad de agua de las harinas se midió colocando 1 g de muestra en un medidor de actividad de agua por punto de rocío a 25°C Aqualab 4TE Meter EUA. Esta medición se realizó por duplicado.



Fig. 3. Aqualab 4TE Meter.

Humedad (% H)

El contenido de humedad de las harinas fue determinado mediante una termobalanza *Sartorius* Alemania MA37-1 a una temperatura de 135°C. La determinación de humedad se realizó por duplicado. Para el análisis se pesaron de 4-5 g de cada muestra procurando mantener una capa fina y homogénea en el plato.



Fig. 4. Termobalanza Sartorius Alemania MA37-1.

Solubilidad

Esta técnica se evaluó de acuerdo con el método propuesto por Rodríguez *et al.*, (2012), con modificaciones. Se pesó 1g de cada harina y microalga, a continuación, se agregó 10 mL de agua destilada y se agitó 1 minuto a temperatura ambiente. Se centrifugó a 3000 rpm durante 15 minutos. Se decantó el sobrenadante y se pesó el sedimento.



Fig. 5. Diagrama de flujo para determinación de solubilidad.

Gelificación

La capacidad de formación de gel se determinó utilizando la metodología de Rodríguez *et al.*, 2005, se elaboraron suspensiones con cada harina y la microalga al 6, 8, 10 % en 5mL de agua destilada a temperatura ambiente, se homogeneizaron en un vortex durante 2 minutos. Los tubos que contenían estas suspensiones se calentaron durante 1 h en un baño de agua hirviendo seguido de un enfriamiento rápido a 4°C. Los tubos se mantuvieron en refrigeración durante 24hrs. a 4°C.



Fig. 6. Diagrama de flujo para determinación de gelificación.

Capacidad de retención de agua y aceite

Para la determinación de la capacidad de retención de agua y la capacidad de retención de aceite, se realizaron siguiendo el método propuesto por Jeong *et al.*, (2021), se pesó 0.05 g de cada harina y microalga en 1.5 mL de agua destilada o aceite de soya comercial en un tubo Falcon y se homogeneizaron mediante un vortex durante 20 segundos. Los tubos Falcon con muestra se mantuvieron durante 30 min a temperatura ambiente y los tubos se centrifugaron a 4000 rpm durante 30 minutos. Se decantó el sobrenadante y se pesó el tubo con el sedimento.

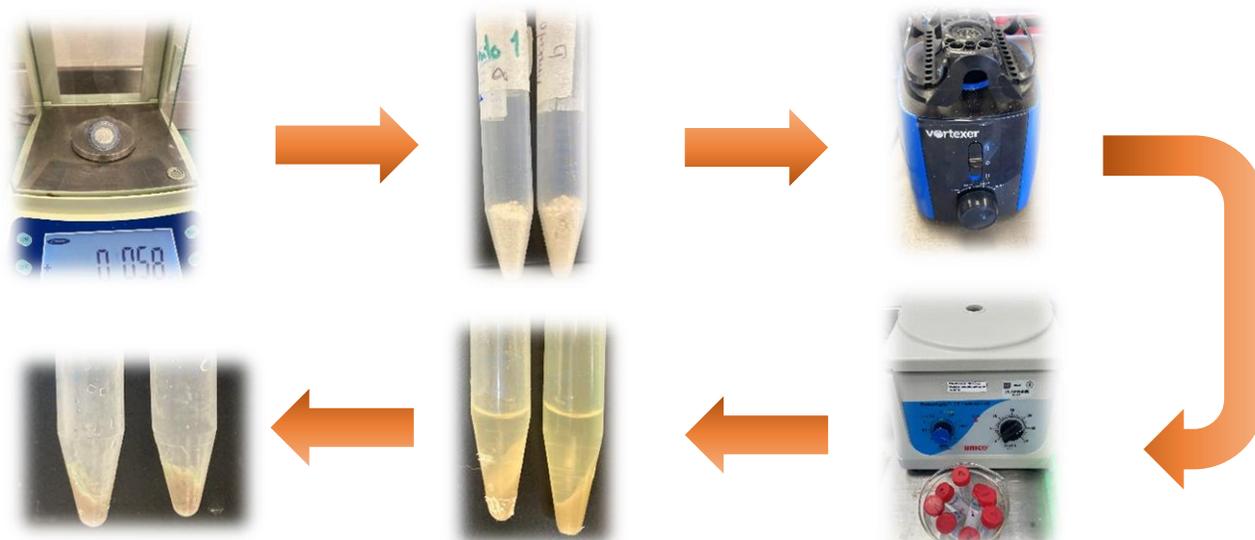


Fig. 7. Diagrama de flujo para determinación de retención de agua y aceite.

pH

Para determinar pH de cada harina y microalga se utilizó la metodología expuesta en la NOM-F-317-S-1978. Pesando 1g y se adicionó 10mL de agua destilada en tubos Falcon, se homogeneizaron mediante un vortex durante 1 minuto. Se calibró el potenciómetro con las soluciones reguladoras de pH 4, pH 7 y pH 10. Se sumergió el electrodo en la muestra de manera que los cubriera perfectamente, en cada medición del pH se sacó el electrodo y se lavó con agua destilada.

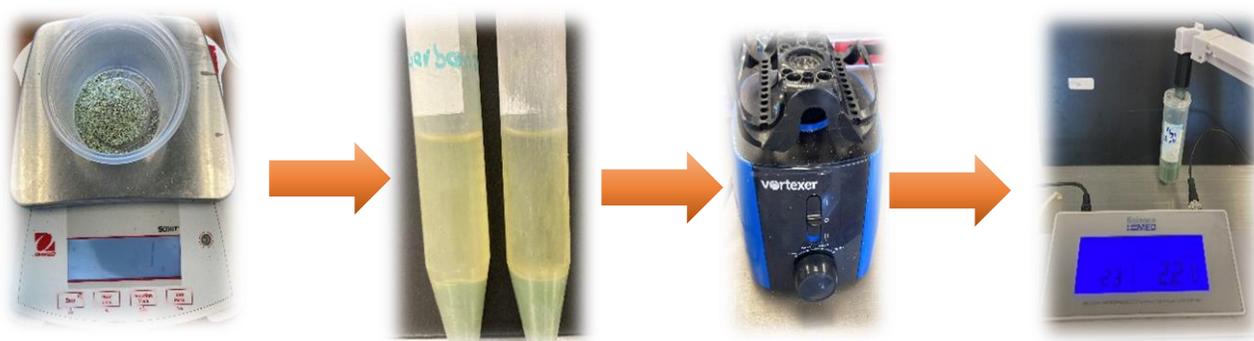


Fig. 8. Diagrama de flujo para determinación de pH.

Obtención de harinas de legumbres

Las legumbres elegidas para este estudio fueron: lenteja (*Lens culinaris*) y frijol negro (*Phaseolus vulgaris*), San Lázaro®, en un empaque sellado de plástico por la cantidad neta de 500g cada una. Se descartan las semillas resacas o materias extrañas.

Remojo y cocción: 100 g de cada una de las legumbres, se remojaron con agua potable en una relación de muestra-agua 1:3 durante 24 h a temperatura ambiente (Albisu y Fernández, 2008). Posteriormente, el agua fue drenada, las muestras lavadas y cocidas en una Olla Eléctrica (*TFal Multicooker 10*), a 95 ± 5 °C, durante 90 minutos. Cabe mencionar que esta olla no cuenta con sistema de presión. Después de la cocción, el agua fue drenada.

Secado: las legumbres cocidas se sometieron a un proceso de secado en un deshidratador de charolas industrial (Avantco) a 50°C, entre 20 - 24 horas. El secado se detuvo hasta que se alcanzó un a_w entre 0.2 - 0.3.

Molienda: las legumbres ya secas se sometieron a una molienda en una licuadora *Vorwerk (Thermomix®)* durante 1 minuto a velocidad 9, para reducir el tamaño de partícula a un tamaño malla 40 (0.420mm).

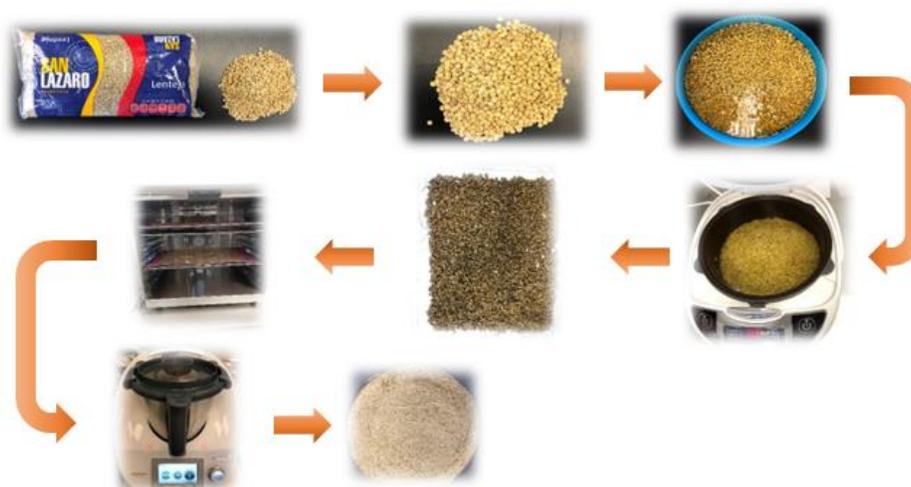


Fig. 9. Diagrama de flujo para obtención de harinas de legumbres.

Obtención de harinas de cereales

Se utilizó amaranto a granel (*Amaranthus*) y avena marca "OATS" (*Avena sativa*) adquiridos en tiendas de autoservicio. Ambos cereales se sometieron a un proceso de molienda en una licuadora *Vorwerk* (*Thermomix*®) durante 2 minutos a velocidad 9, para reducir el tamaño de partícula a un tamaño malla 40 (0.420mm).



Fig. 10. Diagrama de flujo para obtención de harinas de cereales.

Obtención de harina de microalgas

Los cultivos microalgales se llevaron a cabo utilizando la cepa *Galdieria sulphuraria* UTEX 2919, obtenida de la colección microbiana de la Universidad de Texas. Los cultivos experimentales se realizaron en reactores de Microferm® (New Brunswick, New Jersey, N.J.), con un volumen de trabajo de 10 L de medio de mineral descrito por Ford (1979) y Gross & Schnarrenberger (1995), suplementado con glucosa 40 g L⁻¹ y bajo condiciones de operación controladas: temperatura de 42 °C, pH 2.0, iluminación constante, agitación de 180-250 rpm, aireación de 0.5 vvm y TOD superior al 10%.



Fig. 11. Harina de la microalga

Los cultivos se monitorearon cada 12 h, durante 7 días y posteriormente la biomasa generada se secó por aspersion. Los cultivos fueron desarrollados en la Unidad de Escalamiento y Planta Piloto del Instituto de Biotecnología - UNAM.

Análisis del tamaño de partícula

El tamaño de partícula de cada una de las harinas obtenidas se determinó mediante un equipo de difracción láser Mastersizer 3000 con una unidad de Aero S (Marvern Panalytical®). Las condiciones de medición se establecieron como análisis de muestra no esféricas, densidad, índice de refracción del material e índice de absorción. Las condiciones utilizadas fueron: abertura de dispersión de 3.5 mm, presión de 1.5×10^5 Pa y un flujo de alimentación entre 30 y 80 m/s² y se realizaron por triplicado. El tamaño de partícula se reportó como los diámetros del volumen al 90 % (Dx 90), 50 % (Dx 50) y 10 % (Dx 10) de volumen acumulativo. Se analizaron cinco réplicas de cada harina procesada. Los índices de refracción se tomaron de la literatura y el índice de absorción son valores recomendados por el fabricante.



Fig. 12. Diagrama de flujo para análisis de tamaño de partícula.

Análisis químico proximal (AQP)

El análisis químico proximal se realizó en el Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Veterinaria de la UNAM. Utilizando los métodos de la AOAC. Contenido de humedad (AOAC 934.01), cenizas (AOAC 942.05) proteína (AOAC 954.01), extracto etéreo (AOAC 920.39), y fibra cruda (AOAC 962.09) (A.O.A.C., 2011). Por diferencia de 100, se calculan los carbohidratos totales. Certificado Norma ISO-9001-2015.



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS PARA ALIMENTOS
Av. Universidad No. 3000 México D.F. Tel. 5622-5907 y 5622-5879 Fax: 5622-5906

Constancia: NUT-058/2022

Hoja 01/03

DRA. MARISOL CÓRDOVA
ICAT-UNAM

Muestra.: NUT-058
GASU UTEX

Fecha de recepción: 16.02.2022

Análisis Químico Inmediato*

Materia seca	97.58%
Humedad	2.42%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	27.71%
Extracto Etéreo	4.10%
Cenizas	22.66%
Fibra Cruda	0.00%
Extracto Libre de Nitrógeno	42.92%

Los resultados se expresan en Base Húmeda
*Método AOAC 2015 (934.01, 2001.11, 920.39, 942.05, 962.09)
NA = NO ANALIZADO
NC = NO CALCULADO
Analizó: Teresa Martínez Martínez

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., a 26 de febrero de 2022

Q. A. Águeda García Pérez
Responsable del Laboratorio

Luis Corona Gochi
Dr. Luis Corona Gochi
Jefe de Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica

Esta constancia ampara únicamente la muestra analizada. Se prohíbe la reproducción total o parcial de la misma sin previa autorización escrita del responsable del laboratorio. La presente constancia no podrá ser utilizada para fines legales.

FRP-DNAB-MV-002 Rev. 8

Fig. 13. Análisis químico proximal

Pruebas de estabilidad

Se realizaron con el reómetro de esfuerzo controlado (Anton Paar Physica Austria MCR101) a 25°C, utilizando la configuración de cilindros concéntricos. Los datos se analizaron con el software Rheopus 3.5. Cada formulación se suspendió en leche, se agitó durante 1 minuto, y se evaluaron las características oscilatorias (Anexo).



Aquellas formulaciones que presentaron una región viscoelástica lineal, es decir, la zona en donde coexisten propiedades viscosas y elásticas en el mismo material, se les realizó un barrido de frecuencia de baja amplitud en esa zona, en el que se determinó el módulo de almacenamiento (G') y el módulo elástico, se obtuvo el módulo complejo (G^*), que indica la rigidez del sistema y el punto de fluencia que indica la estabilidad del gel. El módulo complejo o dinámico (G^*), se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$G^* = \sqrt{G''^2 + G'^2}$$

La interpretación de las gráficas es de acuerdo con el siguiente esquema:

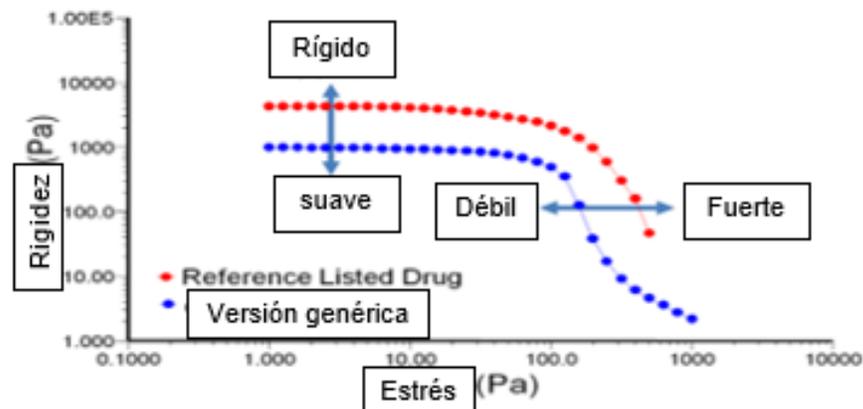


Fig. 14. Interpretación de estabilidad de las mezclas.

De igual forma, se obtuvieron las curvas de flujo considerando el intervalo de velocidad de deformación de $0.1-100 \text{ s}^{-1}$ y se observó el comportamiento de los datos para ajustar al modelo de la Ley de Potencia, para obtener los parámetros k y n (Tabla 8). Las determinaciones fueron hechas por triplicado.

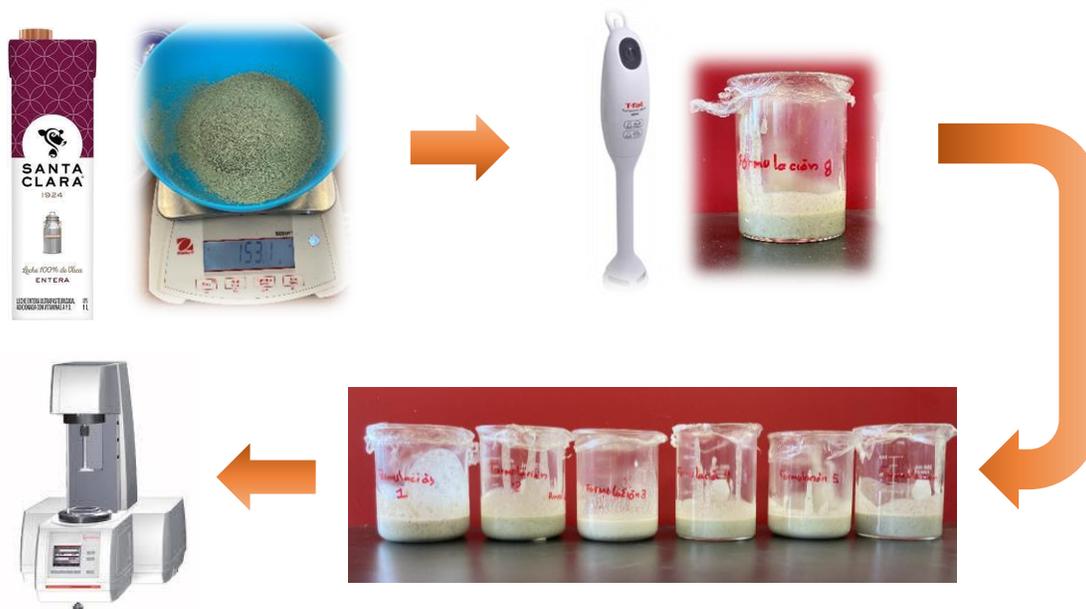


Fig. 15. Diagrama de flujo para reología.

Color

La medición del color de los *hot cakes* obtenidos fue realizada en un Colorímetro CIELAB CIELCH de la marca CTI®, el cual permitió la lectura directa de las coordenadas de L^* (Luminosidad), a^* (Tonalidades de verde a rojo) y b^* (Tonalidades de azul a amarillo). Se midió directo en el *hot cake* obtenido y se llevó al colorímetro para tomar la medición de color, asegurándose que la muestra tapara totalmente la fuente de luz.

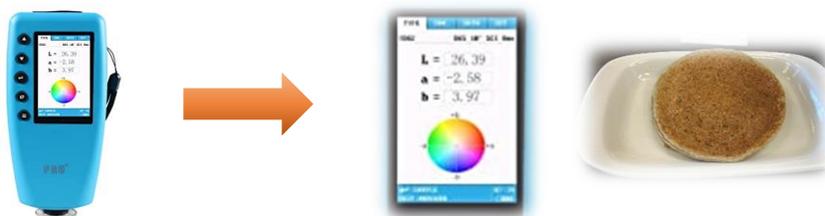


Fig. 16. Colorímetro

Perfil de textura

Se realizó con el texturómetro (BROOFIELD® Texture Pro CT3) colocando aproximadamente 50g de muestra. Se realizó un test de dos ciclos de compresión utilizando una sonda cilíndrica de acero inoxidable de 36mm. Cada muestra se leyó por triplicado y se utilizó el software TexturePro CT para calcular los datos de dureza, adhesividad, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad (Sharma *et al.*, 2017).



Fig. 17. Diagrama de flujo para perfil de textura.

Diseño de mezclas

Se obtuvieron 15 mezclas (tabla 3), variando la proporción de cada harina, la cantidad de microalga se mantuvo constante en cada mezcla.

Tala 3. Diseño de mezclas de las formulaciones de harinas para *hot cake*.

Mezcla	% Harina de amaranto	% Harina de avena	% Harina de frijol	% Harina de lenteja
1	37.5	15.0	37.5	10.0
2	23.8	28.8	23.8	23.8
3	28.3	33.3	10.0	28.3
4	10.0	42.5	10.0	37.5
5	37.5	42.5	10.0	10.0
6	10.0	15.0	65.0	10.0
7	10.0	15.0	10.0	65.0
8	37.5	15.0	10.0	37.5
9	28.3	33.3	28.3	10.0
10	65.0	15.0	10.0	10.0
11	10.0	70.0	10.0	10.0
12	10.0	33.3	28.3	28.3
13	10.0	42.5	37.5	10.0
14	10.0	15.0	37.5	37.5
15	28.3	15.0	28.3	28.3



El objetivo fue saber qué componentes (harinas) influyen más en las características del *hotcake*. También se evaluó cuál es la combinación óptima para lograr poca dureza y elasticidad.

Evaluación sensorial

El cuestionario fue aplicado a 100 consumidores, incluyó preguntas filtro para conocer el consumo de *hot cakes* de harina de cereales y leguminosas, consumo de productos adicionados con alga y la frecuencia del consumo de *hot cakes*. El intervalo de edad de los consumidores fue de 20 a 60 años.

Se le presentaron dos muestras que corresponde a la formulación F2 y F3 con diferentes códigos y en diferente orden, evaluando el nivel de agrado general con una escala hedónica de 9 puntos (1= me disgusta muchísimo, 9= me agrada muchísimo). Para apariencia (color café y esponjoso), olor (harina integral), textura (esponjoso y suave) y sabor (amargo y sabor) se utilizó una escala de intensidad (no lo percibo, ligero, moderado, mucho).

Finalmente se pide que se clasifique en una escala de intensidad (no lo quiero, ligero, moderado, mucho) los atributos que se describan el "*hot cake* ideal". La última pregunta es sobre decisión de compra (ver anexo1).

Prueba RATA (Rate-All-That-Apply)

A la prueba RATA se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para los atributos que evaluaron los consumidores, apariencia (color café, esponjoso), olor (harina integral), textura (esponjoso y suave) y sabor (amargo y cereal) como se muestra en la figura 32.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Caracterización de materia prima

En la tabla 4 se presenta la compilación de las propiedades fisicoquímicas de las harinas de este trabajo.

Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas de las harinas obtenidas

Parámetro	Harina de amaranto	Harina de avena	Harina de frijol	Harina de lenteja	Microalga
a_w	0.1469±0.046	0.1642±0.005	0.2838±0.001	0.1100±0.01	0.2817±0.008
% Humedad	3.66 ± 0.93	3.34±0.07	9.37±0.99	3.85±0.43	6.35±0.134
%ISA	320±14.14	340±14.142	192±39.59	300±14.142	215±7.071
Índice gelificación (% concentración)	10±0.07	10±0.141	6±0.07	6±0.07	0
CRA (g agua/g de muestra)	5.23±1.007	1.74±0.53	4.45±0.53	4.08±0.27	3.34±0.73
CRE (g aceite/g de muestra)	3.31±0.09	2.59±0.139	2.04±0.139	2.10±0.029	5.24±0.992
pH	7.04±0.007	6.71±0.0141	6.27±0.007	6.61±0.007	2.15±0.084
Tamaño de partícula (µm)	Dx10=619±69.4 Dx50=1270±107 Dx90=2400±121	Dx10=6.17±0.364 Dx50=179±48 Dx90=922±859	Dx10=57.6±0.545 Dx50=459±12 Dx90=1280±56.1	Dx10=52.9±0.434 Dx50=135±5.81 Dx90=9.63±9.63	Dx10=3.26±0.002 Dx50=9.60±0.123 Dx90=493±33.3



Un contenido de humedad con un valor máximo del 12.5 % asegura que las harinas de cereales y legumbres sean inocuas y sin brotes recomendado por la normatividad del CODEX para legumbres (FAO, 2007).

La mayoría de los microorganismos no se desarrollan a a_w de 0.60 como lo asevera Fernández y García (2010); por tanto, los valores de a_w alcanzados se encuentran en intervalos menores. Esto significa que no habrá crecimiento microbiano en la materia prima.

En el caso de las harinas presentó un pH menor o igual al neutro, podría pensarse susceptibles al desarrollo de microorganismos, pero al contar con un a_w menor a 0.60 carecen de agua disponible para su desarrollo, disminuyendo las condiciones óptimas para su crecimiento.

El índice de solubilidad en agua (ISA) mide la cantidad de componentes solubles liberados del almidón siendo un indicador de buena digestibilidad del almidón, ya que implica el alcance de gelatinización y dextrinización del mismo, así que el grado de solubilidad es atribuible al contenido de amilosa, debido a que se solubiliza con mayor facilidad; por ejemplo el contenido de amilosa en la harina de amaranto con relación con la harina de frijol o lenteja es bajo, afectando propiedades como temperatura de gelatinización y viscosidad. El granulo de almidón del amaranto presenta un valor menor de amilosa (un menor porcentaje de amilosa conduce a una estructura interna más laxa, posibilitando un mayor hinchamiento del granulo); la solubilidad y la absorción de agua son parámetros que muestran la magnitud de la interacción entre las cadenas de almidón dentro de las secciones amorfas y cristalinas.

Avanza, (2006) describe que la amilosa es factor importante en las propiedades funcionales del almidón de amaranto por ello la formación de un gel más estable que en el caso de la harina de frijol o lenteja, un %ISA más elevado forman un gel estable como en el caso de la harina de avena y amaranto.





Para Eastman & Moore, (1984) la capacidad de formación de gel se determina como la concentración mínima de harina de cereal, leguminosa o alga para obtener un gel firme, como en el caso de la harina de avena y amaranto seguidas de lenteja y frijol, la desnaturalización de las proteínas es un prerrequisito para la formación del gel.

La capacidad de retención de agua fue expresada como una relación porcentual entre la cantidad de agua retenida luego de la centrifugación y la cantidad de agua inicial presente en el sedimento. Una alta capacidad de retención de agua está asociada con la habilidad que tiene el almidón para atrapar agua en su interior, en los productos alimenticios es un parámetro importante puesto que evita pérdidas de este componente en panes y pasteles.

Delcour & Hosney (2010) indican que la capacidad de retención de agua (CRA) determina la calidad y habilidad para formar una masa viscoelástica en la mezcla harina-agua; las harinas con alta CRA como la de amaranto y frijol tienen compuestos más hidrofílicos como almidón dañado, proteínas y pentosanos solubles, siendo importante en la elaboración de alimentos viscosos como sopas, salsas, masas y alimentos horneados, productos donde se requiere una buena interacción proteína-agua.

En el caso de productos horneados, Vásquez *et al.* (2016) sugiere que harinas con una mayor CRA favorecen la obtención de productos más húmedos.

La capacidad de retención de aceite (CRAT) para Cauvain & Young (2006) expresan la máxima cantidad de aceite por g de harina que se absorbe cuando existe una mezcla agua-aceite y se expone a una fuerza externa determinada, es útil en la industria de los productos horneados debido a que las texturas crujientes son altamente asociadas a la cantidad de grasa presente en el alimento, sin embargo, no se desea que esto se perciba sensorialmente, la CRAT está relacionada con el número de cadenas laterales no-polares de las proteínas, también características como la humedad, contenido de lípidos y porosidad influyen





en esta propiedad (Vegas *et al.*, 2017); su importancia tecnológica se debe a que brinda estabilidad a productos que contienen grasa en su matriz evitando pérdidas durante la cocción; como en el caso de la microalga.

Se analizó la distribución de tamaño de partícula de las harinas d (0.1) μm , d (0.5) μm y d (0.9) μm , que representan el diámetro máximo de 10%, 50% y 90% de las partículas en las harinas. En los resultados de Dv10 y Dv50 se observa que el alga tiene el menor tamaño de partícula mientras que el amaranto muestra el mayor tamaño de partícula, esto se debe a que la obtención de la harina de alga se realizó en el Instituto de Biotecnología, UNAM en diferentes condiciones a las que se procesaron las harinas de cereales y leguminosas además la dureza de estas hace que al realizar la molienda tengan mayor o menor tamaño de partícula como en Dv50 donde el amaranto tiene mayor tamaño de partícula que la lenteja.

Los resultados del análisis químico proximal se muestran en la Tabla 5. Estos valores de las semillas utilizadas en el laboratorio concuerdan con lo reportado en la literatura Flores *et al.* (2014) para avena; Terán *et al.* (2015) para amaranto; Zumaran-Alvarado *et al.* (2017) para frijol; Machuca y Meyhuay (2017) para lenteja.

La composición química de los cereales suele ser homogénea, siendo los carbohidratos generalmente el componente mayoritario y de ellos el almidón regularmente es el que se encuentra en más altos porcentajes dentro del endospermo (Hernández, 2010), como se destaca en la avena en comparación de frijol y la lenteja que se clasifican como leguminosas con contenido de almidón y con presentan un contenido lipídico bajo (<1% grasa).





Tabla 5. Análisis químico proximal de las harinas.

Muestra	Cenizas (%)	Extracto etéreo (%)	Extracto libre de N (%)	Humedad (%)	Fibra cruda (%)	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Proteína digestible (%)
Amaranto	2.96	5.75	66.77	4.79	4.90	95.21	14.8	15.05
Avena	1.1	6.0	73.3	8.3	1.6	91.9	9.8	9.7
Frijol	5.1	0.6	65.9	2.5	5.4	97.5	20.6	20.5
Lenteja	2.53	0.29	68.06	1.98	4.07	98.02	23.1	20.48
Microalga	22.86	4.10	42.92	2.42	0.00	97.58	27.71	27.82

Los lípidos se encuentran en pequeñas cantidades normalmente en el germen y capa aleurona (cubierta exterior del endospermo). Cabe destacar que la fracción lipídica en la harina de amaranto es 5.75%, los ácidos grasos polinsaturados son aproximadamente entre el 71.8% al 72.44% de la fracción lipídica, en mayor proporción se encuentran los ácidos grasos linoleico (C18: 2, ω -6) y α -linolénico (C18: 3, ω -3), hasta en un 46% se reporta el ácido linoleico y 1.4% para el α -linolénico, por tanto, en la relación ω -6/ ω -3, el ácido graso ω -6 es alto, respecto a los tocoferoles el contenido mayoritario es para el δ -tocoferol en promedio 7.66 μ g/g (Tang et al., 2016) y en la avena contiene un 6%, es decir, tiene un aporte de lípidos superior al resto, aportando ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (presentes en el endospermo), consideradas como grasa saludable (Gómez et al., 2017). El amaranto presenta un mayor contenido de ácidos grasos saturados palmítico C16:0 y esteárico C18:0. (Martínez et al., 2020).

Los pseudocereales tienen un perfil nutricional característico, ya que cuentan con una mayor cantidad de proteína en comparación a los cereales, como se observa entre el amaranto (15.05%) y la avena (9.7%). (hinchamiento de amaranto). Las proteínas de amaranto están compuestas por aproximadamente 52% de albúminas, 16% de globulinas, 2% de prolaminas y 31% glutelinas (Janssen et al., 2017), en relación con las proteínas, estas se encuentran en el endospermo,





germen y cubiertas externas, siendo los cereales una fuente muy útil de estos nutrientes. Con respecto al % de grasa, la lenteja posee un bajo contenido en grasa y alto contenido en proteínas de origen vegetal (deficitaria en metionina).

Para el contenido de proteína los valores varían entre las harinas. Los cereales como se menciona en la literatura no tienen alta concentración proteica lo cual se ve reflejado al tener valores de proteína cruda entre 9.8 y 14.8 %. En el caso de las legumbres la proteína cruda se encuentra entre 20.6 a 23 % y la proteína digerible oscila entre 20 y 20.5 % corroborando de las legumbres son alimentos vegetales altos en proteína.

Las proteínas de la lenteja están formadas en un 16% de albúminas, un 70% de globulinas, un 11% de glutelinas y un 3% de prolaminas (Jarpa-Parra, 2018), mientras que las proteínas en el frijol son las globulinas 33 - 45%, las glutelinas 12,8 - 41,2% y las prolaminas en general, menos del 1% (Perazzini *et al.*, 2008).

Entre las proteínas de algas existencia de dos grupos de proteínas funcionalmente activas llamadas lectinas y ficobiliproteínas (Pangestuti y Kim, 2011).

Si bien el contenido lipídico es bajo, resulta interesante conocer su perfil de ácidos grasos, ya que, Peinado *et al.*, (2014) y Sánchez-Machado *et al.*, (2004) demostraron que las algas son ricas en ácidos grasos poliinsaturados y su aporte podría ser significativo.

Cálculo teórico PDCAAS

En el anexo 2 se encuentran las tablas con el cálculo de PDCAAS para cada formulación. En la figura 18 se observa que los valores de PDCAAS más altos son F9 y F13 con un valor 0.7. Son las formulaciones con mayor valor biológico, pero no podrán considerarse por el inconveniente de que los *hot cakes* no tuvieron la esponjosidad esperada, debido a que en la formulación el porcentaje más alto





correspondía a harina de avena. El atributo de esponjosidad es deseable en el *hot cake*. Además, se busca que no se desmorone antes de consumirlo. Este atributo se observó en las formulaciones que resultaron planas con un alto contenido de harina de frijol o lenteja, como las F5, F10 y F11, que además presentaron un resabio amargo.

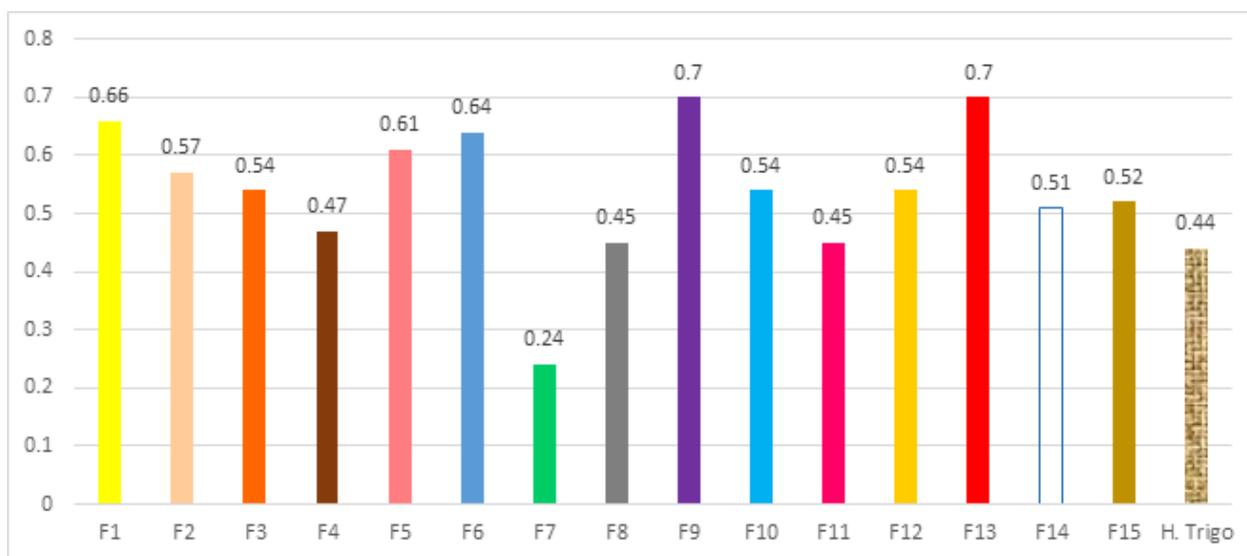


Figura 18. PDCAAS de las 15 formulaciones y de la harina comercial (sólo trigo refinado).

Las siguientes dos opciones por descartar a pesar de un alto valor de PDCAAS, son F1 y F6 por el inconveniente de presentar el resabio amargo debido a la cantidad de harina de frijol, no obstante que los *hot cakes* tuvieron un poco más esponjosidad que las formulaciones antes mencionadas, pero sin lograr los atributos de esponjosidad y suavidad de un *hot cake* de harina de trigo.

Las formulaciones seleccionadas para someter a evaluación con consumidor fueron F2 y F3, con un valor de PDCAAS: 0.57 y 0.54. Para F2 y F3 es importante señalar que el contenido de las harinas de leguminosas permite que se complemente con la de avena sin estar en los valores más altos de valor biológico, pero sin comprometer la textura y sabor final del *hot cake*. La complementariedad se debe al perfil de aminoácidos de las legumbres, ya que se caracteriza por un bajo contenido en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína) y un elevado contenido en lisina y treonina (Delgado *et al.*, 2016). Además, contienen mayor cantidad de





aminoácidos como arginina, ácido glutámico y aspártico que los cereales (Rizzello *et al.*, 2015). Hay que recordar que la lisina es el aminoácido limitante en los cereales mientras que la metionina lo es en las legumbres.

Aunque el valor de PDCAAS no sea el más alto, el valor biológico de estas formulaciones es mayor al que presenta una mezcla a base de la harina de trigo (0.44); ver Figura 18, formulación marcada con entramado beige. (Stone *et al.*, 2019). En el caso de valores por debajo del promedio, cabe resaltar que la relación de aminoácidos esenciales lisina, metionina, cisteína e histidina se encuentra en mayor proporción en la proteína del amaranto, debido a la alta proporción de globulinas y albuminas; gracias a los aminoácidos esenciales presentes en el amaranto el valor biológico de la proteína es mayor (D'Amico & Schoenlechner, 2017), por ello en F4, F11 y F7 presentan los valores más bajos debido a que, en la formulación, la harina de amaranto está en un 10%.

Caracterización de las formulaciones

En la tabla 6 se presenta un resumen de las propiedades fisicoquímicas de las mezclas antes de suspenderlas. A estos datos se les hizo un análisis de varianza (ANOVA, Analysis Of Variance, por sus siglas en inglés). En el caso del parámetro de capacidad de retención de agua (g Agua/g de muestra), el análisis estadístico determina que existe diferencia significativa entre las formulaciones (anexo 1).

La mayor capacidad de retención de agua la tiene la formulación 10 con 7.495 g aceite/g de muestra y la menor, con 3.986 g aceite/g de muestra que corresponde a la formulación 2. La formulación 10 contiene mayor porcentaje de amaranto en comparación a la formulación 2 donde las cuatro harinas se encuentran a la misma proporción, que como ya se ha discutido en la caracterización por separado de cada harina, se sigue esta tendencia en la mezcla de harinas con mayor contenido de amaranto y frijol se refleja en los valores de capacidad de retención de agua más altos.





Tabla 6. Caracterización de las mezclas preparadas en polvo

Formulaciones	a_w	% Humedad	g Aceite/g de muestra	g Agua/g de muestra	pH
F1	0.255±0.020	5.845±0.35	2.410±0.042	5.848±1.122	6.555±0.04
F2	0.254±0.016	5.165±0.23	2.720±0.396	3.986±0.269	6.565±0.01
F3	0.316±0.009	6.695±0.54	3.120±0.255	5.098±0.031	6.580±0.01
F4	0.298±0.008	7.745±1.03	2.888±0.349	4.336±2.348	6.550±0.01
F5	0.292±0.001	7.015±0.87	3.217±0.126	5.795±0.091	6.475±0.01
F6	0.193±0.005	4.295±0.52	3.495±0.007	5.306±0.122	6.590±0.01
F7	0.274±0.005	8.260±0.00	2.310±0.382	4.391±0.126	6.540±0.00
F8	0.289±0.010	9.090±0.34	3.621±0.453	5.733±0.010	6.275±0.01
F9	0.258±0.010	6.040±0.62	2.635±0.177	5.874±0.348	6.415±0.01
F10	0.269±0.000	5.750±0.62	3.288±0.194	7.495±0.034	6.495±0.02
F11	0.298±0.005	7.580±0.55	2.385±0.191	4.428±0.292	6.380±0.01
F12	0.256±0.002	8.300±0.13	2.026±0.417	4.995±0.319	6.585±0.02
F13	0.236±0.015	7.470±0.47	1.506±0.299	4.756±0.478	6.615±0.01
F14	0.230±0.003	5.295±0.27	1.900±0.000	5.083±0.372	6.600±0.01
F15	0.237±0.008	4.220±0.57	2.348±0.548	5.966±0.646	6.585±0.02

Para capacidad de retención de aceite (g Aceite/g de muestra) también se obtuvo que hay diferencias significativas entre formulaciones, la formulación 8 con 3.621 fue el valor más alto de capacidad de retención de aceite y la formulación 13 con 1.506 con menor capacidad de retención de aceite, como en caso de CRAT, para cada harina se explicó que el amaranto es el cereal con mayor valor y en el caso de la F8 tiene 37.5% de amaranto a diferencia que F13 que solo 10%, que cuenta con el valor más pequeño, cabe recalcar que la F10 contiene 65% de amaranto y no presenta el valor más alto de CRAT, pero esto se puede explicar por el % de lenteja ya que Rachel (2012) indica que hay una relación entre CRAT, el





almidón disponible y la proteína contenida. Lo que indica incrementos en CRAT cuando las formulaciones con alto contenido de lenteja presentan mayor contenido de almidón disponible, en este caso F8 contiene 37.5% de lenteja y F10 solo el 10%.

Para a_w existe diferencia significativa entre formulaciones. La formulación con mayor a_w es F3 con 0.316 y la menor es F6 con 0.193 esto se puede explicar porque F3 contiene más harina de avena que es la harina con mayor a_w (0.2838) y F6 su componente mayoritario es frijol y esta harina tiene un a_w menor (0.1642).

En pH se encontró diferencia significativa y al aplicar el método de diferencia mínima significativa arrojo que la formulación F8 tiene el menor pH y esto lo explica Rachel (2012), ya que, se puede deber a que contiene 37.5% de lenteja, por lo que la disminución se debe a que la formulaciones con mayor contenido de leguminosas, disminuyó la solubilización de aminoácidos básicos durante el proceso de cocción al que son sometidas las semillas, a diferencia de las formulaciones con mayor contenido de cereales como F13 con el mayor valor de pH 6.615.

En % humedad también hubo diferencia significativa F8 tiene el mayor porcentaje de humedad con 9.090 y la menor F15 con 4.220.

Caracterización de las formulaciones suspendidas en leche y preparadas para elaboración de *hot cakes*

Las formulaciones se suspendieron en leche, agregando huevo, mantequilla, azúcar y polvo para hornear como se indican las instrucciones en cualquier empaque con harina para *hot cakes* comercial. En la Tabla 7, se presentan las propiedades de todas las mezclas preparadas.

De acuerdo con Manley (2011) los agentes leudantes son aditivos utilizados comúnmente en pastelería, ya que al adicionarse en la masa producen gases que forman núcleos para el desarrollo de la masa durante la cocción, confiriendo al producto final una textura esponjosa y suave.

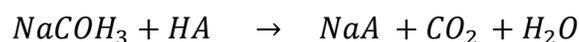




Tabla 7. Caracterización de las formulaciones preparadas con leche, huevo, mantequilla, azúcar y polvo para hornear.

Formulaciones	a_w	pH	Densidad
F1	0.9715±0.0022	7.55±0.03	0.169±0.008
F2	0.9684±0.0016	7.60±0.00	0.171±0.015
F3	0.9691±0.0122	7.63±0.01	0.187±0.007
F4	0.9633±0.0025	7.49±0.01	0.175±0.005
F5	0.9705±0.0002	7.57±0.01	0.189±0.005
F6	0.9673±0.0018	7.53±0.01	0.175±0.004
F7	0.9620±0.0006	7.64±0.02	0.466±0.000
F8	0.9782±0.0015	7.55±0.01	0.189±0.007
F9	0.9797±0.0158	7.61±0.03	0.176±0.005
F10	0.9654±0.0066	7.34±0.06	0.180±0.004
F11	0.9743±0.0175	7.56±0.00	0.176±0.008
F12	0.9696±0.0039	7.54±0.03	0.183±0.021
F13	0.9665±0.0003	7.48±0.06	0.164±0.009
F14	0.9684±0.0020	7.40±0.06	0.184±0.005
F15	0.9648±0.0000	7.25±0.04	0.177±0.007

La mayoría de estos agentes químicos dejan residuos en la masa que afectan el pH final del producto, siendo el más usado el bicarbonato de sodio, el cual en presencia de agua reacciona con las sustancias ácidas que se encuentran en la masa, para liberar dióxido de carbono; el bicarbonato también reacciona cuando se aumenta la temperatura de la matriz liberando dióxido de carbono y permanece en estado de carbonato en la matriz. Las fuentes más comunes de dióxido de carbono son los bicarbonatos de sodio o de amonio. El bicarbonato de sodio (NaHCO_3) reacciona con un ácido (HA) como se evidencia en la siguiente fórmula:





De igual forma el polvo para hornear está compuesto por bicarbonato de sodio, un agente ácido (cremor tártaro), un agente secante (usualmente fécula). Por ello los *hot cakes* obtienen su esponjosidad del polvo de hornear o del bicarbonato de sodio o, a veces, de una combinación de ambos. Esto significa que producen dióxido de carbono mientras se hornean/cocinan, lo que hace que los panqueques se expandan debido a que el CO_2 queda atrapado dentro de la masa.

Al realizar la ANOVA para este parámetro indica que existe una diferencia significativa entre las formulaciones, los valores extremos son F15 con 7.250 a F7 7.65, por ello el pH final de la mezcla para la mayor parte de la formulación cae en el intervalo de la neutralidad.

Para a_w el análisis de varianza no arrojó diferencia entre formulaciones, por otra parte, para densidad si existe diferencia significativa y se obtuvo que para la F13 tiene un valor de 0.164 y para F7 tiene 0.466.

Esto se puede deber a que la densidad se relaciona con la cantidad de burbujas de gas que se incorpora durante la mezcla mecánica (Conforti, 2006). El primer objetivo de la etapa de mezclado es la combinación de todos los ingredientes del batido de manera uniforme para formar una emulsión estable que contiene los dos ingredientes principales: grasa y agua.

El segundo objetivo del mezclado es la de incorporar un gran número de burbujas de aire en el batido, en la formulación F7 tuvo mayor tiempo de batido ya que las formulaciones con mayor contenido de harina de leguminosas necesitaban más leche y tiempo de batido para obtener una consistencia homogénea, reflejando valor alto de densidad a diferencia de F13 que contiene más harina de cereal que de leguminosa o en proporciones equivalentes.



Estabilidad de las mezclas preparadas

En la figura 19 se muestran las curvas de viscosidad de las formulaciones F1 a F8 y en la figura 20 se muestran las curvas de viscosidad de F9 a F15. Todas las mezclas preparadas presentaron el comportamiento no newtoniano, de tipo reofluidizante, es decir la viscosidad disminuye al aumentar la velocidad de deformación. Los datos de viscosidad obedecen al modelo de Ley de potencia. Por tanto, en la tabla 8 se presentan los parámetros reológicos de flujo y consistencia obtenidos para cada mezcla suspendida en leche.

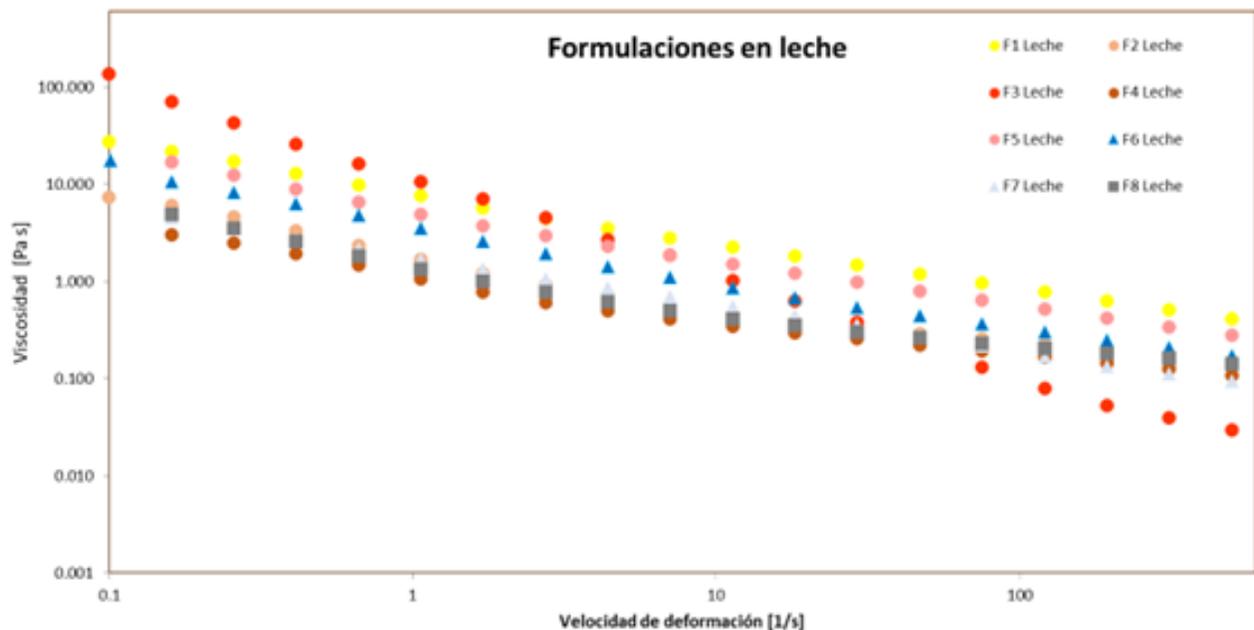


Fig. 19. Curvas de viscosidad de formulaciones F1 a F8 en leche.

La formulación F3 es la mezcla que presenta mayor consistencia y mejor estabilidad debido posiblemente por tener mayor contenido de harina de avena. Por tanto, hay mayor contenido de betaglucono en la mezcla. Este polímero es el que determina



las propiedades físicas de la mezcla, incluyendo la solubilidad y la viscosidad, (Wolever y Cols., 2007).

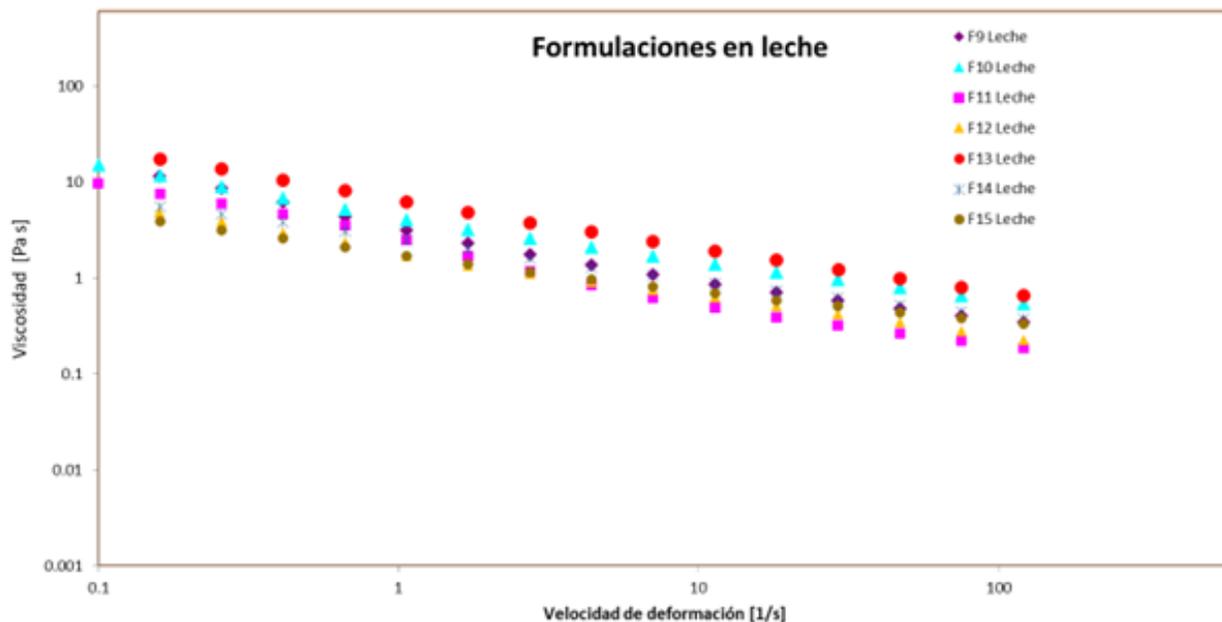


Fig. 20. Curvas de viscosidad de formulaciones F9 a F15 en leche

Tabla 8. Índices de flujo y consistencia de las formulaciones suspendidas en leche.

Formulación	Índice de flujo		Índice de consistencia	
	n	K	R^2	
1	0.505	8.030	0.9975	
2	0.534	1.905	0.9811	
3	0.997	11.560	0.9899	
4	0.580	5.541	0.9873	
5	0.498	3.721	0.9908	
6	0.465	1.780	0.9758	
7	0.516	1.579	0.9994	
8	0.555	3.609	0.9962	
9	0.458	4.501	0.9929	
10	0.536	2.436	0.9993	
11	0.408	2.436	0.996	
12	0.542	1.917	0.9962	
13	0.500	6.601	0.9988	
14	0.587	2.512	0.997	
15	0.620	1.814	0.995	





Las F1 y F13 también muestran altos índices de consistencia mientras que la F4 es la mezcla que presenta la menor consistencia, posiblemente a tener mayor contenido de lenteja y menor contenido de amaranto.

Para F12, 15 el porcentaje mayoritario es harina de frijol, esta leguminosa cuenta con un bajo porcentaje de amilosa lo que confiere a las mezclas que en su consistencia son muy fluidas, no son espesas, son suave y débiles.

Aunque la F3 contiene lenteja, es posible que el % de amilosa de la leguminosa contribuya a obtener una consistencia ni muy rígida ni muy espesa, disminuyendo la aglomeración, mejorando la estabilidad, como es deseable para una mezcla para elaborar *hot cakes*.

Módulo complejo

Las figuras 21 y 22 se muestran los módulos complejos de las mezclas preparadas donde se describen las propiedades viscoelásticas de las masas preparadas y definen el comportamiento que tendrán al momento de elaborar los *hot cakes* y su textura final.

F1, F5 y F13 son las mezclas con mayor rigidez. F1 y F5 son más estables y fuertes, por lo que necesitan mayor esfuerzo para modificar su estructura mientras que la F13, pierde su estructura con el esfuerzo. Porcentajes altos de avena y amaranto le dan fuerza a la mezcla mientras que la baja concentración del amaranto debilita la estructura de la mezcla. El amaranto, tiene un porcentaje alto de amilosa y permite dar fuerza y consistencia a la mezcla.

La F6 y la F11 son las mezclas más suaves y débiles. Ambas mezclas son de bajo índice de consistencia y bajo contenido de amaranto. En el caso de F11, la gelatinización de la avena puede ser la responsable de tener mejor estabilidad que la F6, la cual, a pesar de tener mayor porcentaje de frijol, es más débil su estructura.



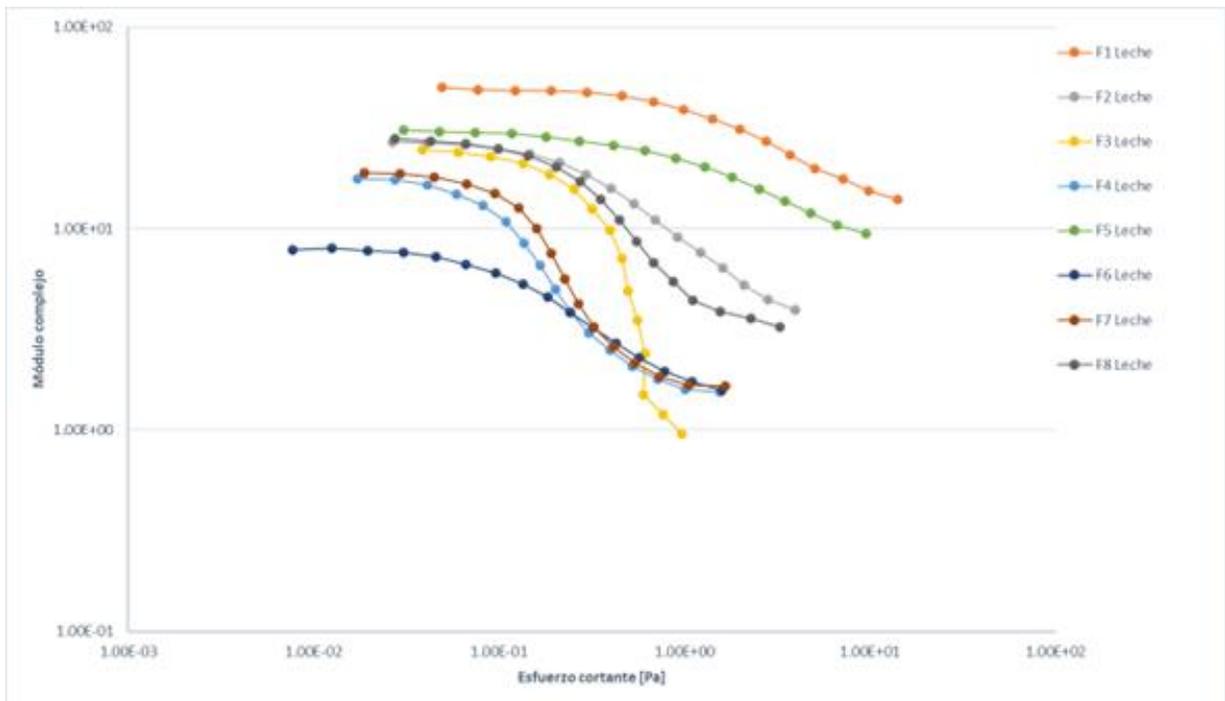


Fig. 21. Módulo complejo de F1 a F8.

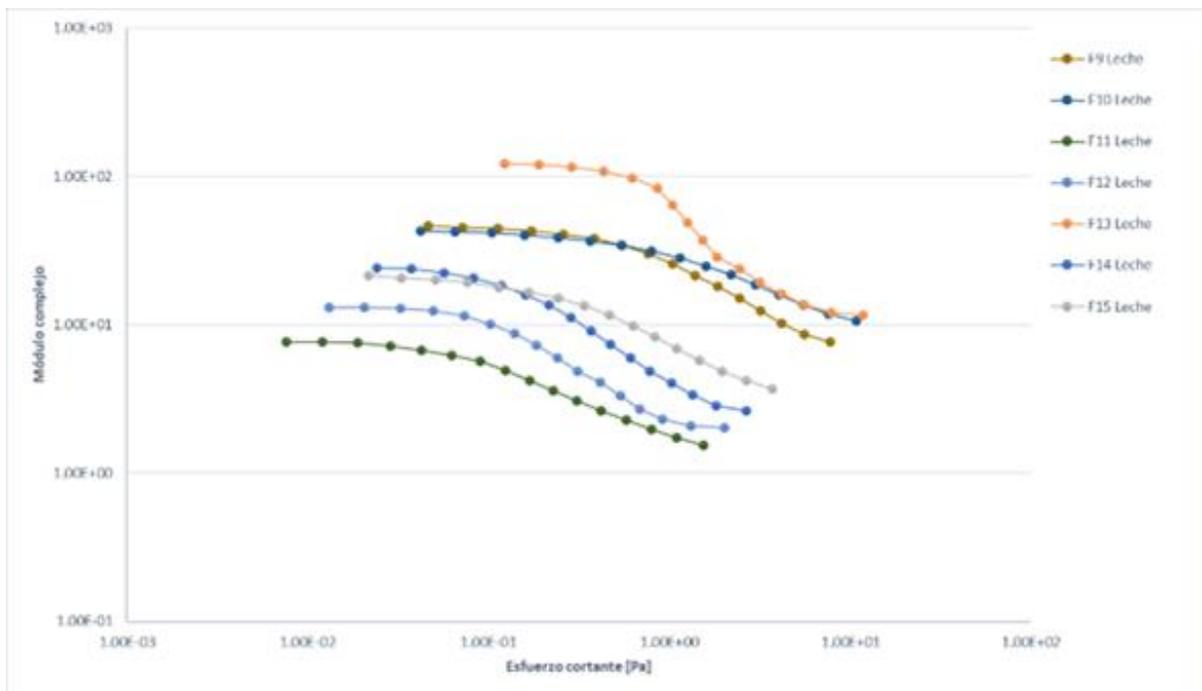


Fig. 22. Módulo complejo de F9 a F15





Se observó que F3 es menos rígida que F1 y F5, pero su estabilidad se pierde fácilmente al aumentar el esfuerzo y se vuelve muy débil no obstante tenga mayores contenidos de avena y amaranto. Por el contrario, la F2 es la mezcla más estable y fuerte con menor rigidez posiblemente por el contenido de harinas en la misma proporción lo que puede una red con mayor resistencia al aumentar el esfuerzo sin perder estructura.

Caracterización de *Hot cakes* elaborados

En las tablas 9, 10 y 11, se encuentran los 15 *hot cakes* que corresponden a cada formulación (Tabla 3) preparada. Se realizó el análisis de varianza para cada parámetro que se midió a los *hot cakes*. F4 tuvo el menor diámetro, 89.98 mm y F3 107.13 mm, el mayor diámetro y este parámetro presentó diferencia significativa. Esta diferencia en diámetros se debe a que en el momento de verter la mezcla en la sartén no se estandarizó la distancia de vertido ni la velocidad de aplicación de la mezcla ni se cuantificó la cantidad de mezcla a aplicar. Se observó que, si se vierte a una distancia corta, el *hot cake* tendrá un diámetro menor.

Con respecto al espesor, existe diferencia significativa y la formulación con mayor espesor fue F4 con 9.16 mm y F10, con el menor espesor (2.40 mm). Este parámetro también presentó diferencia significativa posiblemente al contenido de las harinas de cereales. López *et al.*, (2019), explica que la harina de amaranto tiene alta capacidad de retención de agua y está asociada con la habilidad del almidón para retener agua en su interior. En los productos alimenticios es un parámetro importante puesto que evita pérdidas de humedad en panes y pasteles y además le puede impedir la formación de gas en su interior a la hora de la cocción y el producto final presente un espesor mínimo o plano. En este caso, F4 tiene mayor cantidad de harina de lenteja y de harina de avena a diferencia de F10 que tiene mayor contenido de harina de amaranto, al igual que F1 y F8, que siguen la tendencia al contener más harina de amaranto en su formulación.



Se pueden hacer *hot cakes* con el diámetro y grosor apropiados mediante un flujo homogéneo y de baja viscosidad de la mezcla (Morris y Rose, 1996). Se obtuvo que hay diferencia significativa en el pH de los productos. Se encontró que sólo hay una formulación con pH por debajo de 7 y es la F10 con 6.53, y que fue la única formulación que se tuvo que guardar en refrigeración para su cocción posterior. Al tener un pH más bajo se puede lograr el equilibrio entre el ácido leudante y el bicarbonato de sodio (más ácido, menos bicarbonato) o mediante la selección del ácido leudante (Manley, 2011). Es posible que el equilibrio se desplazó hacia especies ácidas en la matriz alimentaria, ya que podemos observar que la mezcla antes de ser refrigerada contaba con un pH cercano a la neutralidad 7.34.

Tabla 9. Caracterización de *hot cakes* por cada formulación F1 a F5.

Formulaciones	F1	F2	F3	F4	F5
Imagen					
a_w	0.9408±0.02	0.9157±0.00	0.9327±0.00	0.8926±0.01	0.8504±0.00
%Humedad	22.46±1.87	25.23±2.63	22.11±1.07	24.47±4.23	8.86±0.42
pH	7.13±0.01	7.20±0.01	7.31±0.01	7.52±0.03	7.52±0.02
Diámetro (mm)	97.91 ±2.48	99.56±0.86	107.13±0.42	89.98±1.53	101.48±4.52
Espesor (mm)	2.92±1.07	6.40±0.88	7.46±0.78	9.16±1.27	5.18±2.34
L (+/-)	45.26±0.93	38.52±0.98	48.42±0.52	45.45±0.30	38.50±0.23
a (+rojo /- verde)	9.55±0.54	10.73±0.67	11.53±0.81	12.94±0.34	11.96±1.82
b (+ amarillo/- azul)	17.66±0.37	15.16±1.41	20.87±0.21	22.35±0.18	19.88±0.71
Cohesividad	17.06±23.12	0.60±0.04	0.52±0.01	0.53±0.00	34.24±47.33
Elasticidad	0.32±0.66	1.27±0.10	1.43±0.08	1.58±0.13	0.44±0.79
Firmeza	408±39.60	2107±137.18	2776±8.49	806±132.94	828±33.94

Tabla 10. Caracterización de *hot cakes* por cada formulación F6 a F10.

Formulaciones	F6	F7	F8	F9	F10
Imagen					
a_w	0.9360±0.00	0.8787±0.06	0.9118±0.01	0.9032±0.02	0.8753±0.04
%Humedad	36.15±3.47	43.36±0.94	23.69±8.20	26.21±0.75	30.07±0.37
pH	7.48±0.01	7.38±0.02	7.14±0.02	7.23±0.06	6.53±0.05
Diámetro (mm)	95.66±1.38	103.35±4.06	95.75±1.58	92.98±1.59	95.27±5.22
Espesor (mm)	5.80±1.04	9.04±0.31	2.95±0.30	3.75±0.33	2.40±0.24
L (+/-)	42.83±0.62	38.59±0.17	38.78±1.66	36.38±0.18	31.41±0.30
a (+rojo /- verde)	11.94±0.08	12.51±0.26	12.08±0.42	11.77±0.57	9.16±0.83
b (+ amarillo /- azul)	20.03±2.17	16.60±0.47	19.86±3.95	17.78±1.73	11.71±0.30
Cohesividad	0.40±0.05	0.51±0.04	0.58±0.04	16.07±21.62	2.21±2.50
Elasticidad	1.49±0.07	2.15±0.42	1.02±0.09	0.30±0.76	0.34±0.91
Firmeza	1208±130.11	1159±137.18	904±19.80	491±106.07	237±4.24

Las demás formulaciones se mantuvieron en el intervalo de pH de 7.09 a 7.52 como en la mezcla antes de ser procesadas.

La humedad juega un papel muy importante en las características de esponjosidad esperadas en un *hot cake*. Casp (2014), comenta que, a altas temperaturas, una alta y humedad favorece la pegajosidad de las masas, mientras que una humedad demasiado baja ayuda a que se forme una superficie más seca en las masas.

La F5 tiene el valor más pequeño de a_w con 0.8504 y el más alto, F14 con 0.9434. Se encontró diferencia significativa en las 15 formulaciones. En el caso de



F5 se debe a que contiene más harina de amaranto. Wilderjans *et al.* (2013) comenta que la presencia de sacarosa en una mezcla retrasa notablemente la temperatura de gelatinización del almidón debido a que limita la disponibilidad de agua en los gránulos de almidón y en la disminución de la actividad de agua, siendo más sensibles los gránulos de almidón del amaranto.

Tabla 11. Caracterización de *hot cakes* por cada formulación F11 a F15.

Formulaciones	F11	F12	F13	F14	F15
Imagen					
aw	0.9308±0.01	0.9389±0.00	0.9344±0.00	0.9434±0.00	0.9312±0.02
%Humedad	44.23±0.10	42.58±1.28	36.29±0.28	37.70±1.04	31.97±1.10
pH	7.36±0.06	7.36±0.02	7.36±0.03	7.29±0.02	7.09±0.00
Diámetro (mm)	91.45±1.51	98.37±1.48	100.61±4.09	92.27±0.54	101.87±2.62
Espesor (mm)	5.55±0.45	5.56±0.11	5.54±0.52	5.49±0.25	3.68±0.17
L (+/-)	43.06±0.61	33.08±0.07	39.18±0.05	39.43±0.57	36.19±0.29
a (+rojo /- verde)	11.59±1.26	9.06±0.10	9.58±0.47	10.90±0.04	8.70±0.57
b (+ amarillo/- azul)	17.63±0.04	14.90±1.77	15.34±0.88	15.51±1.55	12.59±1.56
Cohesividad	0.73±0.01	0.46±0.11	0.61±0.00	0.56±0.16	0.53±0.05
Elasticidad	2.01±0.01	1.81±0.11	1.74±0.08	1.43±0.11	1.72±0.04
Firmeza	1232±381.84	1552±11.31	866±164.05	968±19.80	1401±239.00

Nielsen (2008) señala que los tres aspectos principales para la aceptación de un alimento son el color, el sabor y la textura. Otros autores consideran que el color es el más relevante de los aspectos de un producto ya que una buena apariencia, permite al consumidor evaluar los otros dos aspectos.





Para la coordenada L^* existe diferencia significativa entre las formulaciones, donde la F3 tiene un valor 48.42, el más alto mientras que el más bajo fue F10, con 31.41. Hoyos y Palacios (2015) atribuyen que un color café mucho más claro, que puede ser atribuido a la expansión de la masa y la formación de los alveolos en la miga del pan, generan un aumento de la luminosidad. Para la coordenada a^* también existe diferencia significativa entre las mezclas y la F15 tiene el valor más bajo con 8.70 y el más alto F4 12.94, al realizar las mismas pruebas para la coordenada b^* se obtuvo que hay diferencia significativa y los valores extremos F10 con 11.71 y F4 con 19.88. Los parámetros a^* y b^* en la corteza del *hot cake* son positivos, es decir tienden hacia los colores rojo y amarillo.

Análisis de textura

En la figura 23, se pueden observar que F2 y F3 resaltan por tener el mayor valor de firmeza ya que son las formulaciones que contienen porciones similares de harina de amaranto y avena (% alto de amilosa), en comparación de las formulaciones que contiene más harina de legumbres (% bajo de amilosa) en las que tiene valores pequeños de firmeza.

Se aprecia que los valores de firmeza, elasticidad, cohesividad, que se obtuvieron del análisis de perfil de textura del *hot cake*, evidencian diferencias significativas entre las muestras, para firmeza y elasticidad. F3 presenta la mayor firmeza y F10, la menor. Esto se debe a que la formulación F3 contiene 33.33 % harina de avena, 28.33 % harina de amaranto y 28.33 % de harina de lenteja, y son las harinas con mayor porcentaje de amilosa. Estas proporciones de harinas le confiere estabilidad a producto final, en comparación con las formulaciones con mayor cantidad de harina leguminosas que tienen un porcentaje de amilosas bajo y que dan *hot cakes* que se desmoronan fácilmente como en el caso de la F10.

Para elasticidad F9 tiene el valor más bajo con 0.30 y F7, con 2.15 el valor más alto. Este es un atributo de calidad para un *hot cake* muy importante, que revela la capacidad para recuperar su altura durante el tiempo que transcurre antes del final



de la primera compresión y el comienzo de la segunda. La elasticidad se asocia a un producto fresco, aireado. Sanz, *et al.* (2009) afirman que, por lo tanto, un producto de alta calidad estará asociado a altos valores de elasticidad. Para Singh *et al.* (2016) la cohesividad determina la resistencia interna en la estructura de un alimento y la capacidad de un material para adherirse a sí mismo. Un producto con mayor cohesividad es más tolerante a la manipulación en la fabricación, empaque y comercialización, por lo que se presentará a los consumidores en el estado esperado libera la primera compresión.

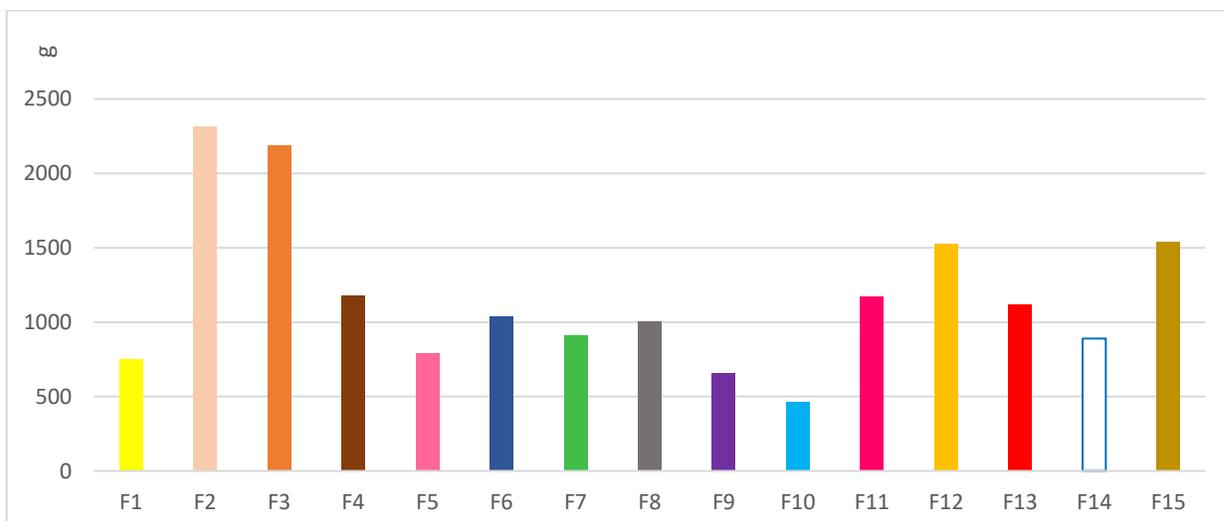


Fig. 23. Análisis de textura: Firmeza F1-F15

Para F1 y F5 con la mayor cohesividad, destaca en su formulación mayor contenido de harina de amaranto. F2, F3 y F4 los más elásticos, contiene porciones similares de harina de amaranto, lenteja y avena, se complementa la estructura interna que forma el almidón, durante la hidratación. hinchamiento y cocción del *hot cake*.

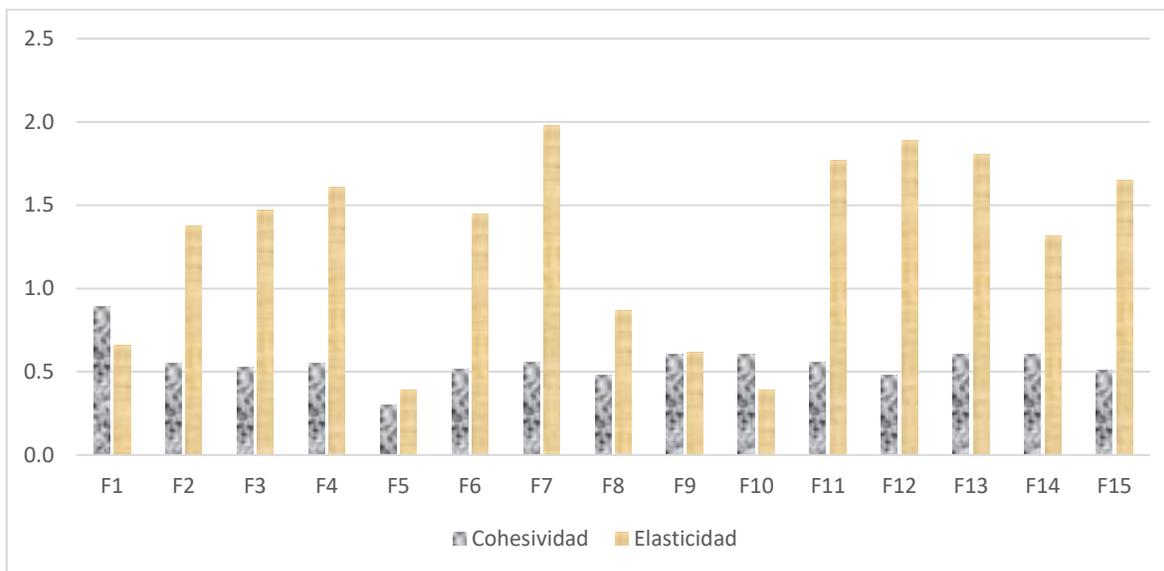


Fig. 24. Análisis de textura: Cohesividad y elasticidad F1-F15

En la figura 23, se pueden observar a F6, F7 y F8 con valores altos de firmeza ya que contienen 15% de avena y un porcentaje de 10% o 65% de harina de leguminosa. F9 y F10 con mayor cohesividad porque contienen 30% de harina de avena o de amaranto en su formulación que le confieren esos atributos. F6 y F7 con mayor elasticidad, se debe a que contienen 15% de avena y 10% de avena.

En la figura 23, destaca que F12, F13 y F15 son las formulaciones con mayor firmeza ya que contiene mayor cantidad de harina de avena. F13 y F14 con mayor cohesividad por contener 37.5% de harina de frijol. F11, F12 y F13 son las formulaciones con mayor elasticidad contienen mayor concentración de harina de avena.

ANÁLISIS SENSORIAL

La evaluación del producto final la realizaron 100 consumidores, el 50% de la población que evaluó fueron del género masculino 48% correspondió al género femenino y el 2% no binario, con un intervalo de edad de entre 20-35 años.

La figura 26 muestra los resultados acerca del agrado por los *hot cakes* y señalan que 91% les gusta y el 55% los consume ocasionalmente.

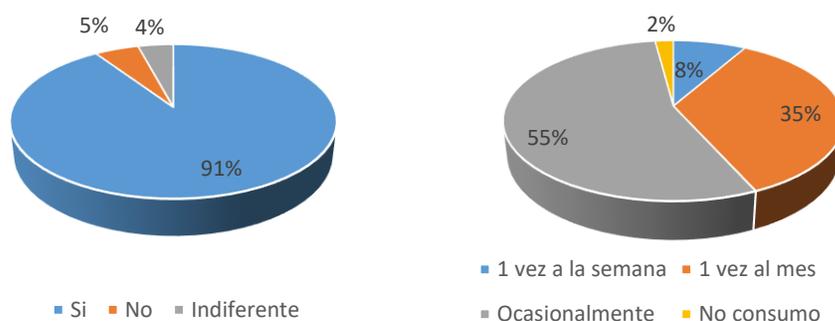


Fig. 25. Consumo y frecuencia de *hot cakes*.

La información que se obtuvo a partir de las preguntas correspondientes al consumo se presenta en las siguientes figuras. En la figura 27 se observa que al 74% de los participantes les gustan los *hot cakes* y el 6% los ha consumido de harina de cereal (ver anexo 1).

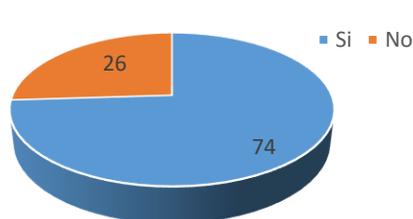


Fig. 26. ¿Te gustan los *hot cakes*?

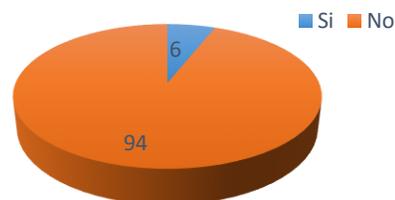


Fig. 27. ¿Has consumido *hot cakes* de harina de cereales?

Los *hot cakes* consumidos son de cereales: avena, amaranto, quinoa y no consumen de harina de leguminosas; pero estuvieron dispuestos a consumir *hot cakes* de harina de leguminosa, cereal y alga.

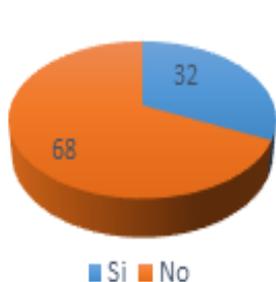


Fig. 28. ¿Has consumido *hot cakes* de harina de leguminosas?

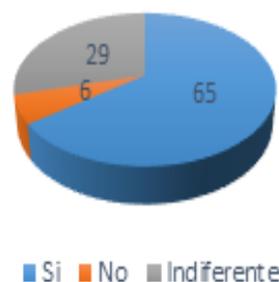


Fig. 29. ¿Te gustaría consumir *hot cakes* de harina de leguminosa, cereal y alga?



También se aplicó la tabla de juicios correctos para conocer la intensidad de compra, F2 obtuvo 54 juicios y F3 obtuvo 43, esto indica que el consumidor compraría cualquiera de las dos muestras ya que las perciben igual.

Nivel de agrado

No hubo diferencia significativa en el nivel de agrado de los consumidores, con respecto a F2 y F3, obteniendo mayor frecuencia en “me gusta un poco”, Las medias obtenidas fueron 6.20 para F2 y 6.25 para F3 como se aprecia en la figura 31. A pesar de que no hay diferencia significativa, F3 presentó una mayor calificación debido a que la cantidad de frijol en la mezcla es de 10%, las demás harinas (lenteja, amaranto y avena) se encuentran en un 25%, Por otro lado, F2 tiene todas las harinas en las mismas proporciones (25% cada una).



Fig. 30. Nivel de agrado en consumidores.

Prueba RATA (Rate-All-That-Apply)

Los atributos no presentaron una diferencia significativa entre las dos formulaciones. El porcentaje de harina de cereales (amaranto y avena) varió de 23.8% a 33.3% dependiendo de que formulación se trate. El almidón del amaranto y los betaglucanos de la avena son responsables de la viscosidad y estabilidad de la mezcla por ello en apariencia, textura y sabor se percibieron iguales.





Fig. 31. Atributos de apariencia, olor, textura y sabor por RATA.

Hot cake ideal

Se realizó un análisis de componentes principales con los atributos de apariencia, textura, olor y sabor de las formulaciones evaluadas. Se presenta en la figura 33 el producto del análisis. Se puede observar que F3 es semejante al *hot cake* ideal y los atributos que lo describen son apariencia esponjosa, olor a harina integral, textura esponjoso y suave, con sabor a cereal y los atributos que no se quieren son sabor amargo y color café por eso F2 se descarta.

Así mismo, se obtuvieron los costos de producción de F2 y F3 (Figura 34). Se observó que para producir un 1kg de harina tipo *hot cake* en cualquiera de las dos formulaciones, sólo hay una diferencia de \$0.20. Por tanto, se consideró que F3 puede ser una excelente opción para producto final.

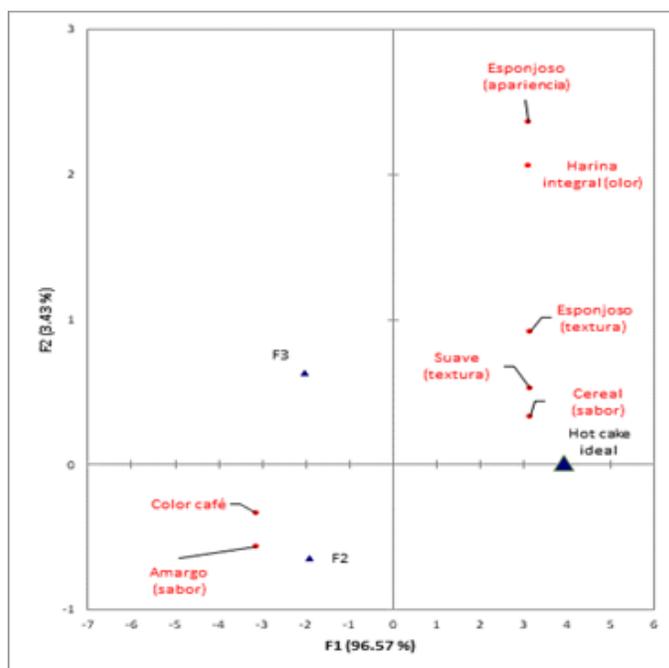


Fig. 32. Análisis de componentes principales sobre los atributos F2 y F3 vs *hot cake* ideal.

F2 Ingredientes y aditivos	Cantidad (g)	Fórmula (%)	\$/1Kg de harina	\$/1kg de harina tipo <i>hot cake</i>
Harina de avena	28.75	24.68	78	19.27
Harina de frijol	23.75	20.30	90	18.35
Harina de lenteja	23.75	20.39	89	18.14
Harina de amaranto	23.75	20.39	108	22.02
Microalga	0.50	0.43	850	3.65
Polvo para hornear	8.00	6.87	80	5.49
Azúcar estandar	8.00	6.87	20	1.37
Total	116.50	100.00		88.27





F3 Ingredientes y aditivos	Cantidad (g)	Fórmula (%)	\$/1Kg de harina	\$/1kg de harina tipo <i>hot cake</i>
Harina de avena	33.33	28.61	78	22.32
Harina de frijol	10.00	8.58	90	7.73
Harina de lenteja	28.33	24.32	89	21.64
Harina de amaranto	28.33	24.32	108	26.27
Microalga	0.50	0.43	850	3.65
Polvo para hornear	8.00	6.87	80	5.49
Azúcar estandar	8.00	6.87	20	1.37
Total	116.49	100.00		88.47

Fig. 33. Precio de materia prima F2 y F3 para 1 Kg de harina tipo *hot cake*

Una vez que se eligió F3 como la formulación para producto final, se comparó el aporte nutrimental obtenido por cálculo teórico con el experimental y con una marca comercial de harina de trigo para preparar *hot cakes* (tabla 12).

Tabla 12. Tabla aporte nutrimental (Una Porción de 100g aporta):

	Cálculo teórico F3	Datos experimentales F3	Declarado por Harina de trigo preparada para <i>hot cakes</i> Tres Estrellas®
Contenido energético (Kcal)	383.8	380.28	212.15
Proteínas (g)	16.2	14.12	7.51
Grasas totales (g)	3.8	5.48	3.60
Hidratos de carbono disponibles (g)	69.4	67.33	37.43
Fibra dietética (g)	3.6	2.58	1.51

Se obtuvo un aporte energético menor en el cálculo experimental a lo que se esperaba teóricamente, aunque comparado con la marca comercial, se tiene un aporte energético mayor. El aporte proteico de F3 es mayor que la harina de trigo. Tiene mayor contenido de grasa, pero son grasas insaturadas en comparación a la marca comercial que se tratan de grasas saturadas. F3 tiene mayor contenido de carbohidratos, pero son de lenta absorción, lo que permite estar saciado por más tiempo y el aporte de fibra, es mayor resultando benéfico para la salud.



CONCLUSIONES



Se logró el diseño y desarrollo de una harina de tipo *hot cake* de alto valor biológico a base de cereales y leguminosas y complementada con microalgas como suplemento alimenticio para personas con malnutrición. Mientras que las harinas de cereales promueven la absorción de grasa y la formación de geles, las leguminosas, la absorción de agua y la microalga aporta proteína digestible e incrementa el valor biológico del producto.

F1, F9 y F13, por el cálculo teórico fueron las formulaciones para obtener un *hot cake* con alto valor biológico. Sin embargo, por las características del producto final, no fueron seleccionadas. Por esponjosidad y aspecto general, F2 y F3 fueron las formulaciones seleccionadas para evaluación sensorial, cálculo de costos y aporte nutrimental experimental, considerando que el producto final fue similar al producto comercial.

De las 15 formulaciones: F13, F11, F10, F8, F6, F3, F2 se encuentran en los valores extremos para cada propiedad tecnofuncional. Aunque destaca F3 como la mezcla que presentó mayor consistencia en la prueba de estabilidad.

Es importante determinar pH, porcentaje de humedad y a_w de las harinas para asegurar la inocuidad y las buenas prácticas de manufactura de la materia prima. Así mismo, el tamaño de partícula es determinante en las características de textura y aspecto final del producto. Las partículas pequeñas fueron responsables de la absorción de agua, alta viscosidad, plasticidad y suavidad de la masa como son la harina de avena, lenteja y microalga.

F2 contiene amaranto, avena, lenteja y frijol en las mismas proporciones mientras que F3 solo contiene 10% de frijol, 28 % de lenteja y amaranto y 33% harina de avena. Estas proporciones de harinas le confiere estabilidad a producto final además que en diámetro, espesor, color y textura es similar a un *hot cake* de



trigo comercial. Por tanto, esta formulación cumple con un alto valor biológico, así como que el consumidor compraría ya que es similar al concepto de producto ideal que se tiene para este producto.





PERSPECTIVAS

- Adicionar una harina de leguminosa (garbanzo o haba) con el fin de elevar el contenido de aminoácidos esenciales en la formulación.
- Agregar algún saborizante para aumentar el nivel de agrado en el *hot cake*.
- Aumentar el porcentaje de microalga en la formulación.
- Probar otros leudantes que ayuden a aumentar la esponjosidad del *hot cake*.



REFERENCIAS



- Aguilar, E., Peiretti, E., Uñates, M., Marchevsky, E., Escudero, N., & Camiña, J. (2013). Amaranth seed varieties. Argentina. A chemometric approach. *Journal of Food Measurement and Characterization*.
- Albisu, M., & Fernandez, O. (2008). *Leguminosas*. La Coruña. Netbiblo, D. L.
- Alonso, L. & O'Mahony, J. (2018). Composition, protein profile and rheological properties of pseudocereal based protein rich ingredients. *Foods* (Basel, Switzerland).
- Antonopoulou, S., Nomikos, T., Oikonomou, A., Kyriacou, A., Andriotis, M., Fragopoulou, E. & Pantazidou, A. (2005). Characterization of bioactive glycolipids from *Scytonema julianum* (cyanobacteria). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 140(2), 219-31.
- Avanza, M. 2006. *Structural Characterization of Amaranth Protein Gels*. *Journal of Food Science*, Puppo, M. C. y Añón M. C 70, (3), E 223-229.
- Baojun. Z., Dong W. & Georg, P. (2022). The thermoacidophilic red alga *Galdieria sulphuraria* is a highly efficient cell factory for ammonium recovery from ultrahigh-NH₄⁺ industrial effluent with co-production of high-protein biomass by photo-fermentation, *Chemical Engineering Journal*.
- Barbier, G., Oesterhelt, C., Larson, D., Halgren, G., Wilkerson, C., Garavito, M., Benning, C. & Weber, P. (2010). Comparative genomics of two closely related unicellular thermoacidophilic red algae, *Galdieria sulphuraria* and *Cyanidioschyzon merolae*, reveals the molecular basis of the metabolic



flexibility of *Galdieria sulphuraria* and significant differences in carbohydrate metabolism of both algae. *Plant Physiol.* Vol 137(2): 460–474.

Bello, L. y Tovar, J. (2001). Actualización en Química y Nutrición del almidón, pp-13.14. Editorial COFAA. Instituto Politécnico Nacional. Morelos, México.

Betancourt, B., Castro, C., Meléndez, A., Torres, B., Juárez, A. & Sosa, M. (2016). Bbac harina para hotcakes a base de garbanzo y vainas de mesquite. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos.* Universidad de Guanajuato. Vol. 1, No. 2, 650-655.

Bourne, M. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement.* Editorial, Academia Press. Florida, Estados Unidos.

Cardona, K. & Martínez, J. (2019) Harina de hot cakes de harina de avena, amaranto y acai, altos en fibra, con mermelada de higo adicionados con inulina. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM

Cabezas, C. (2021). Caracterización de masas elaboradas con inulina y harinas de amaranto y trigo para el desarrollo de galletas tipo cracker. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia.

Carrasco, I., Fernández, A., Martínez, R., Palma, A. (2017). Impacto social y económico de la doble carga de la malnutrición. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Castañeda, W. (2005). *Color.* Editorial Universidad de Caldas Artes y Humanidades

Castellanos, K. y Castellanos, A. (2020). Suplementos alimenticios: entre la necesidad y el consumismo. *Ciencia*, volumen 71 número 3. <https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/index.php/ediciones-anteriores/articulos-fuera-de-los-volumenes-publicados-online/799-suplementos-alimenticios-entre-la-necesidad-y-el-consumismo>





- Cauvain, S., & Young, L. (2006). *Baked Products: Science, Technology and Practice*.
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. (2016). Suplementos Alimenticios. <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/suplementos-alimenticios-62063>.
- Conforti, F. D. (2006). Cake manufacture. In Y. H. Hui, H. Corke, I. De Leyn, W. Nip, & N. Cross (Eds.), *Bakery products: Science and technology* (pp. 393-409). Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Coultate, T. (2007). *Manual de química y bioquímica de los alimentos* (3ra ed). Zaragoza España. Acribia.pp87-93
- Criales, S. (2022). Desarrollo de productos tipo pancakes a partir de harina de semillas de chía, amaranto y quinua. Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes.
- D'Amico, S., & Schoenlechner, R. (2017). Amaranth: Its Unique Nutritional and Health-Promoting Attributes. In *Gluten-Free Ancient Grains*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100866-9/00006-6>
- Da Silva, L., Guimarães, M., De Barros, E., Moreira, A., Dos Santos, A. & Almeida, G. (2006). Biochemical composition and indigestible oligosaccharides in *Phaseolus vulgaris* L. seeds. *Plant Foods Hum Nutr*; 61:87-9.
- Dagnino, J. (2014). Análisis de Varianza. *Bioestadística y Epidemiología*, 43, 306-310.
- De innovación y calidad, D. (2014). FAO propone nuevo método para medir la calidad de las proteínas. Dica.
- Delcour, J. & Hosney, C. (2010). *Principles of Cereals Science and Technology*.





Delgado, C., Olías, R., Jiménez, J. y Clemente, A. (2016). Nutritional and beneficial effects of grain legumes.

Diario oficial de la federación 1999, Segunda sección/secretaría de salud. Reglamento de vienes y servicios, P.69

Díaz, G., Marsán, V. & del Valle, O. (2016) Principales propiedades inmunomoduladoras y antiinflamatorias de la ficobiliproteína C-ficocianina. Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia.32(4).

Duranti, M. (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties. Fitoterapia. 77:67-82.

Eastman, J. & Moore, C. O. (1984). Cold water-soluble granular starch for gelled food composition. U.S. Patent 4465702.

Elías, L. (1996). Concepto y tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana. Ciudad de Guatemala

Eriksen, T. (2008) Production of phycocyanin—a pigment with applications in biology, biotechnology, foods and medicine. Appl Microbiol Biotechnol. 80: 1–14.

Espinoza, F. (2017) Microalgas en la alimentación ¿Suplementos novedosos o reinventados? Universidad Autónoma de Guadalajara. México.

Espinoza, C., Quispe, M. (2011). Tecnología de cereales y leguminosas. Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional del Centro de Perú.

Esquivel, I. y Cayro, S. (2018). Elaboración de pan sin gluten en base a harinas de arroz (*oryza sativa*), soya (*glycine max*) y lenteja malteada (*lens culinaris*),





diseño y evaluación de un fermentador industrial. Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas. Universidad Católica de Santa María.

FAO. (2002). Protein and amino acid requirements in human nutrition. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43411/WHO?sequence=1> [Acceso: 14 abril 2023].

FAO. (2007). Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos Vegetales. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a1392s/a1392s.pdf> [Acceso: 5 noviembre 2022].

FAO. (2016). Legumbres: semillas nutritivas para un futuro sostenible. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i5528s/i5528s.pdf> [Acceso: 19 noviembre 2022].

FAO. (2021). Beneficios nutricionales de las Legumbres. Disponible en: <https://www.fao.org/3/c0049s/C0049S.pdf> [Acceso: 5 noviembre 2022].

Fernández, J. & Garcia T. (2010). *Vida útil de los alimentos*. Segunda edición. San Carlos: Unellez.

Flores, F., Lozano, F., Ramos, A., Salgado, R., Guerrero, V., Ramírez, S., Bello, A., Zamudio, P. (2014). Caracterización fisicoquímica, reológica y funcional de harina de avena (*Avena sativa* L. cv Bachíniva) cultivada en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua. *Tecnociencia Chihuahua*, 8(3), 152-162. Recuperado de: http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v8n3/Data/Caracterizacion_fisicoquimica_reologica_y_funcional_de_harina_de_avena.pdf

Ford, T. (1979). Ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase from the thermophilic, acidophilic alga, *Cyanidium caldarium* (Geitler): Purification, characterisation and thermostability of the enzyme. *Biochimica et Biophysica Acta* (BBA) - Enzymology, 569(2), 239–248. [https://doi.org/10.1016/0005-2744\(79\)90059-7](https://doi.org/10.1016/0005-2744(79)90059-7)





- Gil, A. (2010). Cereales y productos derivados. En: Tratado de Nutrición. Tomo 2. Composición y Calidad Nutritiva de los alimentos. Editorial Panamericana
- Gimferrer, N. (2009). *Del grano a la harina*. Consumers.
- González, L., Téllez, A., Sampedro, J. & Nájera, H. (2007). Las proteínas en la nutrición. Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Gómez, a., Ceballos, I., Ruiz, E., Rodríguez, P., Valero, T., Ávila, J. y Varela, G. (2017). Informe datos actuales sobre las propiedades nutricionales de la avena. Fundación Española de la Nutrition.
- Guevara, J. y Salazar, D. (2021). Efecto de la adición de harinas no convencionales para la producción y enriquecimiento de productos cárnicos. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería en Alimentos.
- Grobbelaar, U. (2007) Photosynthetic characteristics of *Spirulina platensis* grown in commercial-scale open outdoor raceway ponds: what the organisms tell us?. *J Appl Phycol.*19: 591–598.
- Gross, W., & Schnarrenberger, C. (1995). Heterotrophic Growth of Two Strains of the Acido-Thermophilic Red Alga *Galdieria sulphuraria*. *In Plant and Cell Physiology* (Vol. 36). <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a078803>
- Gutiérrez, H. & De la Vara, R. (2008). *.Análisis y diseño de Experimentos*. Segunda edición. Ciudad de México: *McGraw-Hill Interamericana*.
- Haros, C. M., & Schoenlechner, R. (Eds.). (2017). *Pseudocereals: chemistry and technology*. John Wiley & Sons.
- Hernández, J. y Zapata, J. (2008) Desarrollo de un proceso a escala de laboratorio para la obtención de harina y un producto alimenticio a base de ocará de soya.





Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Procesos.
https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/370/Juliana_Hernandez_Gonzalez_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Hleap, J. y Velasco, V. 2010. Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja. (*Oreochromis* sp). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 8(2): 46-56.

Huamán, R., Marmolejo, D., Paitan, E., y Zenteno, F. (2018). Seguridad alimentaria y desnutrición crónica en niños menores de cinco años del valle del río Apurímac en el Mantaro. *Nutr. clín. diet. hosp.*, 99–105.

Hoyos, D. & Palacios, A. (2015). Utilización de harinas compuestas de maíz y garbanzo adicionadas con fibra de cáscara de piña para sustitución de harina de trigo en productos de panificación. *Escuela de ingeniería de alimentos. Colombia.*

Hunziker, T. (1952). Los pseudocereales de la agricultura indígena de América.

Janssen, F., Pauly, A., Rombouts, I., Jansens, K. J. A., Deleu, L. J., & Delcour, J. A. (2017). Proteins of Amaranth (*Amaranthus* spp.), Buckwheat (*Fagopyrum* spp.), and Quinoa (*Chenopodium* spp.): A Food Science and Technology Perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 39–58. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12240>.

Jarpa, 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*, 53, 892-903.

Jeong, M., Lee, S. & Cho, S. (2021) Effect of Three Defatting Solvents on the Techno-Functional Properties of an Edible Insect (*Gryllus bimaculatus*) Protein Concentrate. *Molecules*, 26, 5307. <https://doi.org/10.3390/molecules26175307>





- Joshi, D., Sood, S., Hosahatti, R., Kant, L., Pattanayak, A., Kumar, A., Stetter, M. (2018). From zero to hero: the past, present and future of grain amaranth breeding. *Theoretical and Applied Genetics*.
- Kim, K. & Kang, H. (2011). Medicinal effects of peptides from marine microalgae. *Advances in Food and Nutrition Research*, 64, 313–323.
- López, A., Horta Sachik, S. (2017). Estudio comparativo de la composición química y grado de aceptabilidad de tres bebidas artesanales a base de Avena, Amaranto y Quinoa (tesis, licenciatura).
- López, N., Galante, M., Raimundo, G., Spelzini, D., & Boeris, V. (2019). Functional properties of amaranth, quinoa and chia proteins and the biological activities of their hydrolyzates. *Food Research International*, 116
- Machado, D., López, J., López, J., Paseiro, P. (2004). Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food Chemistry*, 85, 439-444.
- Machuca, M. & Meyhuay, F. (2017). Evaluación nutricional de galletas dulces con sustitución parcial por harina de arroz (*Oryza sativa*) y harina de lenteja (*Lens culinaris*) (Ingeniero Agroindustrial). Universidad Nacional del Centro de Perú. Recuperado: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4775/Machuca%20Flores%20-%20Meyhuay%20Soto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
Consultado 7/03/2019
- Manley, D. (2011). *Manley 's technology of biscuits , crackers and cookies* (Fourth edi; W. Publishing, Ed.
- Mariotti F. (2017). Plant Protein, Animal Protein, and Protein Quality. En: Mariotti F. *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention*. Elsevier; 2017. 621–642.





- Martínez, C., Peñas, E., & Hernández, B. (2020). Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*, 137(December 2019), 111178. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178>.
- Mauro, R. (2014). Evaluación nutricional y tecnológica de harinas de cereales y pseudocereales libres de gluten, a partir de análisis composicionales y ensayos fisicoquímicos. Tesis de grado Magíster en Tecnología de los Alimentos; Universidad Católica de Córdoba. Córdoba, España. Disponible en: <http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/91/1/2014.%20Mauro.%20Evaluacion%20nutricional.pdf>
- Mendoza, E. (2015). Bromatología. composición y propiedades de los alimentos. México. Mc Graw Hill.pp125-127.
- Miranda, P., Marrugo, Y. y Montero, P. (2013). Caracterización Funcional del Almidón de Frijol Zaragoza (*Phaseolus Lunatus L.*) y Cuantificación de su Almidón Resistente. Programa Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Colombia.
- Mosquera, K. (2017). Evaluacion de la produccion del pigmento azul ficocianina de la microalga *Galdieria sp.* cepa USBA-GBX-83. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ciencias. Bogotá, Colombia.
- Morán, J. (2016). Innovaciones en el mercado de horneados saludables.
- Moya, P (2015). Introducción a la mercadotecnia. Un acercamiento a la satisfacción de necesidades. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Nielsen, S. (2008). Análisis de los Alimentos. España: Editorial ACRIBIA S.A.
- NORMA OFICIAL MEXICANA "Determinación de pH en Alimentos" NOM-F-317-S-1978.





- Olmedilla, B., Farré, R., Asensio, C. & Martín, M. (2010). Papel de las leguminosas en la alimentación actual. Elsevier España. 14(2):72-76
- Parrales, Y. y Zamora, M. (2019). Aplicación de la harina de lenteja (*Lens culinaris*) como sustituto de la harina de trigo en masas de pastelería. Facultad de Ingeniería Química. Guayaquil.
- Paredes, O., Barba de la Rosa, A., Hernández, D. & Carabez Trejo, A. (1990). Amaranto: características y aprovechamiento industrial. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, DC.
- Pangestuti, R., Kim, Sk. (2011) Biological Activities and Health Benefit Effects of Natural Pigments Derived from Marine Algae. *Journal of Functional Foods*, 3, 255-266.
- Peinado, I., Girón, J., Koutsidis, G., Ames, J. (2014). Chemical composition, antioxidant activity and sensory evaluation of five different species of brown edible seaweeds. *Food Research International*, 66, 36-44.
- Perazzini, D. Leonardi, S., Ruggeri, D., Alesiani, G., D'Arcangelo, & A. Canini. (2008). Characterization of *Phaseolus vulgaris* L. landraces cultivated in central Italy. *Plant Food for Human Nutrition* 63:211-218.
- Polo Chávez, I. A. (2012). Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de seis variedades de leguminosas: arveja, garbanzo, haba, lenteja, maní y soya (Bachelor's thesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador).
- Quesada, D. y Gómez, G. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*. 2019;2(1).





- Rachel, T.(2012) *Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecnofuncionales de leguminosa* [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Madrid]. Disponible en: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/101597/1/tecnofuncionales%20de%20leguminosas.pdf>
- Raposo, J., Morais, C., Morais, B. (2013). Health applications of bioactive compounds from marine microalgae. *Life Sciences*, 93, 479-486.
- Rastogi, A., & Shukla, S. (2013). Amaranth: A New Millennium Crop of Nutraceutical Values. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Rizzello, C., Hernández, B., Fernández, S., Curiel, J., Pinto, D., Marzani, B., Coda, R. y Gobbetti, M. (2015). Italian legumes: Effect of sourdough fermentation on lunasin-like polypeptides. *Microbial Cell Factories*, 14, 168.
- Rodríguez, A., Puente, C. y Novillo, C. (2021)
- Rodrigues, B., Menezes, R., Mercadante, Z., Lopes, E. & Zepka, Q. (2015). Bioactive pigments from microalgae *Phormidium autumnale*. *Food Research International*, In Press, Corrected Proof.
- Rodríguez, E., Lascano, A. & Sandoval, G. (2012). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 15(1), 199-207.
- Rodríguez, M. (2008). Bases de la Alimentación Humana. Netbiblo.
- Rodríguez, M., Santamaría, A. & Rivero, M. (2001). Alimentos funcionales, complementos alimenticios y productos dietéticos para la edad avanzada. Licenciada en Farmacia y en Ciencia y Tecnología de los Alimentos.





- Rodríguez, S., Martínez, N., Millán, F. & Dávila, G. (2005). Composition and Functional Properties of *Lupinus campestris* Protein Isolates. *Plant Foods for Human Nutrition* 60: 99–107.
- Rosado, J., Rivera, J., López, G., Solano, L., Rodríguez, G., Casanueva, E., García, A., Toussaintñ G. & Maulen, I. (1999). Desarrollo y evaluación de suplementos alimenticios para el Programa de Educación, Salud y Alimentación. *Salud Publica*. 41:153-162.
- Rosales, K. (2008). Desarrollo y caracterización de harina para hot cake enriquecida con okara. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México.
- Sahin, S., & Gülüm, S. (2009). *Propiedades Físicas de los Alimentos*. Zaragoza (España): Editorial ACRIBIA S.A.
- Sanz, T., Salvador, A., Baixauli, R., & Fiszman, S. M. (2009). Evaluation of four types of resistant starch in muffins. II. Effects in texture, colour and consumer response. *European Food Research and Technology*.
- Salazar, D. y Guevara, J. (2021). Efecto de la adición de harinas no convencionales para la producción y enriquecimiento de productos cárnicos. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32590>.
- Secretaría de Salud (2006), Ley General de Salud. Consultado el 2 de abril de 2022. Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGS.pdf>
- Severiano, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*, 7(19), 47-68. Epub 25 de enero de 2021. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>





- Severiano, P., Gómez, D., Méndez, C., Pedrero., Gómez., Ríos, S. y Andrade, M (2016). Manual de evaluación sensorial. Ciudad de México. Facultad de química, UNAM.
- Sharma, M., Kristo, E., Corredig, M. & Duizer, L. (2017). Effect of hydrocolloid type on textura of pureed carrots: Rheological and sensory measures, Food Hydrocolloids.
- Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2016). Development of eggless gluten-free rice muffins utilizing black carrot dietary fibre concentrate and xanthan gum. Journal of Food Science and Technology.
- Spolaore, P., Joanni, C., Duran, E. & Isambert A. (2006). Commercial applications of microalgae. J Biosci Bioeng.101: 87–96
- Stone, A., Nosworthy, M., Chiremba, C., House, J., & Nickerson, M. (2019). A comparative study of the functionality and protein quality of a variety of legume and cereal flours. Cereal Chemistry. Canada.}
- Stone, H. and Sidel, J. 2004. Sensory Evaluation Practices. Elsevier Academic Press. London, U.K
- Surmacka, A., Block, W., Vernon, M. (2002). Texture is a sensory property, Food Quality and Preference, 13, 215-225.
- Szczesniak, A. 2002. Texture is a sensory property. Food Quality and Preference 13: 215–225.
- The content authority. (2022). Hotcake Vs Pancake: How Are These Words Related?. Consultado el 2 de abril de 2022. Disponible en: <https://thecontentauthority.com/blog/hotcake-vs-pancake>





- Tirell, J. (2023) Is A Pancake A Cake? [Details Explained]. *Cake Re*. Consultado el 2 de abril de 2022. Disponible en: <https://www.cakere.com/is-a-pancake-a-cake/>
- Terán, W. I. C., Vilcacundo, R., & Carpio, C. (2015). Compuestos bioactivos derivados de amaranto y quinua bioactive components derived from amaranth and quinoa. *Actualización en Nutrición*.
- Valencia, L. y 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. Universidad del valle. Colombia.
- Valenzuela B, Rodrigo, Tapia O, Gladys, González E, Marcela, y Valenzuela B, Alfonso. (2011). Ácidos grasos omega-3 (epa y dha) y su aplicación en diversas situaciones clínicas. *Revista chilena de nutrición*, 38(3), 356-367.
- Vance, E., Kuiken, T., Vejerano, P., McGinnis, P., Hochella, F., Jr., Rejeski, D. & Hull, M. S. (2015). Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 6, 1769-1780.
- Vásquez, S., Verdú, F., Islas, S., Barat, A., & Grau, J. M. (2016). Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) sobre las propiedades reológicas de la masa y texturales del pan. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(2), 307–317.
- Vegas, R., Zavaleta, A., & Vegas, C. (2017). Effect of the pH and sodium chloride on the functional properties of flour of lupinus mutabilis “tarwi” seeds variety criolla. *Agroindustrial Science*, 7(1), 49–55.
- Velásquez, P. & Vázquez, L. (2017). Características de hot cakes elaborados con diferentes mezclas de harinas de; amaranto, arroz y papa. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, vol. 2 (2017) 48-53





- Velázquez, M. (2018). Cooked and dried process standardization for legumes to obtain flours for nutritional supplements. *MFE 18 Extended Abstract*. 2(2): 5-10.
- Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., y Torres, J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición*, 45(3), 271-278.
- Villegas, A. & Zambrabo, G. (2018). Optimización de harina para panqueques libres de gluten. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras.
- Wiesen, G. (2023) What are Hotcakes? DelightedCooking <https://www.delightedcooking.com/what-are-hotcakes.htm>
- Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in food science & technology*
- Zumaran-Alvarado, E. M., Juárez García, M., Mancillas Medina, J., Ávila-Ontiveros, M., & Leyva Maldonado, A. (2017). Desarrollo de un pay de harina de frijol negro San Luis con mermelada de chilacayote de altas propiedades nutricionales. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*.



Anexos



ANEXO 1

Para 100 consumidores se necesitan 61 juicios para establecer significancia en una prueba pareada.

Tabla 1. Número mínimo de juicios correctos para establecer significancia a varios niveles de significancia para pruebas de comparación por pares duo-trio(dos colas, $p=1/2$)

Número de ensayos	Niveles de probabilidad						
	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.005	0.001
43	29	29	30	30	31	32	33
44	29	30	30	30	31	32	34
45	30	30	31	31	32	33	34
46	31	31	31	32	33	33	35
47	31	31	32	32	33	34	36
48	32	32	32	33	34	35	36
49	32	33	33	34	34	35	37
50	33	33	34	34	35	36	37
60	39	39	39	40	41	42	44
70	44	45	45	46	47	48	50
80	50	50	51	51	52	53	56
90	55	56	56	57	58	59	61
100	61	61	62	63	64	65	67



El cuestionario se aplicó a 100 consumidores.

Cuestionario evaluación sensorial con consumidor

Fecha: _____

Edad: _____

Género: _____

De las siguientes preguntas marca con una X la opción de tu preferencia

¿Te gustan los hotcakes?

Si _____ No _____ Indiferente _____

¿Has consumido hotcakes de harina de cereales (avena, quinoa, amaranto)?

Si _____ No _____

¿Has consumido hotcakes de harina de leguminosas (lenteja o frijol)?

Si _____ No _____

¿Has consumido productos adicionados con alga?

Si _____ No _____

¿Con qué frecuencia consumes hotcakes?

1 vez a la semana

1 vez al mes

Ocasionalmente

No consumo

¿Te gustaría consumir hotcakes de harina de leguminosa, cereal y alga?

Si _____ No _____ Indiferente _____

Ante usted se presentan 2 muestras de hotcakes. En el espacio donde dice Clave escriba el número correspondiente a la muestra que va a degustar. Pruebe e indique con una X el nivel de agrado de cada muestra.

	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta	Me disgusta un poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta un poco	Me gusta	Me gusta bastante	Me gusta mucho
Clave									
Clave									





Escriba en el espacio de la tabla la clave correspondiente a la muestra que va a degustar. Marque con una X en la escala la intensidad del atributo que describa a la muestra con la clave correspondiente. Primero observe la muestra.

APARIENCIA

Color café

Clave	No lo quiero	Ligero	Moderado	Mucho

Esponjoso

Clave	No lo quiero	Ligero	Moderado	Mucho

Perciba el olor de la muestra.

OLOR

Harina integral

Clave	No lo percibo	Ligero	Moderado	Mucho

Deguste la muestra

TEXTURA

Esponjoso

Clave	No lo percibo	Ligero	Moderado	Mucho

Suave

Clave	No la percibo	Ligero	Moderado	Mucho





SABOR

Amargo

Clave	No lo quiero	Ligero	Moderado	Mucho

Cereal

Clave	No lo quiero	Ligero	Moderado	Mucho

Marque con una X en la escala la intensidad que corresponda en cada atributo para describir el HOT CAKE que para usted sea el IDEAL.

APARIENCIA

	No la quiero	Ligero	Moderado	Mucho
Color café				
Color verde				
Esponjoso				

OLOR

	No lo quiero	Ligero	Moderado	Mucho
Harina integral				

TEXTURA

	No lo quiero	Ligero	Moderado	Mucho
Esponjoso				
Suave				

SABOR

	No lo quiero	Ligero	Moderado	Mucho
Amargo				
Cereal				





Marque con una X en la escala la intensidad que corresponda en cada atributo para describir el HOT CAKE que para usted sea el IDEAL.

APARIENCIA

	No lo quiero	Ligero	Moderado	Mucho
Color café				
Color verde				
Esponjoso				

OLOR

	No lo quiero	Ligero	Moderado	Mucho
Harina integral				

TEXTURA

	No lo quiero	Ligero	Moderado	Mucho
Esponjoso				
Suave				

SABOR

	No lo quiero	Ligero	Moderado	Mucho
Amargo				
Cereal				

De los dos hotcakes que degustó, ¿Cuál comprarías? Escribe la clave: _____

**MUCHAS GRACIAS
POR PARTICIPAR!**





ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS 15 FORMULACIONES

Análisis de la varianza (Variable g Agua/g de muestra):

Fuente	GD	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	22.060	1.576	9.44	< 0.0001
Error	15	2.502	0.167		
Total corregido	29	24.562			

Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos					
F10	7.495	A					
F15	5.966		B				
F9	5.874		B	C			
F1	5.848		B	C	D		
F5	5.795		B	C	D		
F8	5.733		B	C	D		
F6	5.306		B	C	D	E	
F3	5.098		B	C	D	E	F
F14	5.083			C	D	E	F
F12	4.995				D	E	F
F13	4.756					E	F
F11	4.428						F
F7	4.391						F
F4	4.336						F
F2	3.986						F

Análisis de la varianza (Variable g Aceite/g de muestra):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	10.527	0.752	8.164	0.0001
Error	15	1.382	0.092		
Total corregido	29	11.909			





Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos							
F8	3.621	A							
F6	3.495	A	B						
F10	3.288	A	B	C					
F5	3.217	A	B	C	D				
F3	3.120	A	B	C	D				
F4	2.888		B	C	D	E			
F2	2.720			C	D	E			
F9	2.635				D	E	F		
F1	2.410					E	F	G	
F11	2.385					E	F	G	
F15	2.348					E	F	G	
F7	2.310					E	F	G	
F12	2.026						F	G	H
F14	1.900							G	H
F13	1.506								H

Análisis de la varianza (Variable aw):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	0.029	0.002	24.166	< 0.0001
Error	15	0.001	0.000		
Total corregido	29	0.030			

Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos							
F3	0.316	A							
F4	0.298	A	B						
F11	0.298	A	B						
F5	0.292		B	C					
F8	0.289		B	C	D				
F7	0.274			C	D	E			
F10	0.269				D	E	F		
F9	0.258					E	F		
F12	0.256					E	F	G	
F1	0.255					E	F	G	H
F2	0.254						F	G	H
F15	0.237							G	H
F13	0.236							H	I
F14	0.230								I
F6	0.193								I
									J

Análisis de la varianza (Variable pH):

Fuente	GD	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	0.260	0.019	72.481	< 0.0001
Error	15	0.004	0.000		
Total corregido	29	0.264			





Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos									
F13	6.615	A									
F14	6.600	A	B								
F6	6.590	A	B	C							
F12	6.585	A	B	C	D						
F15	6.585	A	B	C	D						
F3	6.580		B	C	D	E					
F2	6.565			C	D	E	F				
F1	6.555				D	E	F				
F4	6.550					E	F				
F7	6.540						F				
F10	6.495							G			
F5	6.475							G			
F9	6.415								H		
F11	6.380									I	
F8	6.275										J

Análisis de la varianza (Variable % Humedad):

Fuente	GD	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	62.795	4.485	15.176	< 0.0001
Error	15	4.433	0.296		
Total corregido	29	67.228			

Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos									
F8	9.090	A									
F12	8.300	A	B								
F7	8.260	A	B								
F4	7.745		B	C							
F11	7.580		B	C							
F13	7.470		B	C							
F5	7.015			C	D						
F3	6.695			C	D	E					
F9	6.040				D	E	F				
F1	5.845					E	F				
F10	5.750					E	F				
F14	5.295						F	G			
F2	5.165						F	G			
F6	4.295							G			
F15	4.220							G			

Análisis de la varianza (Variable pH):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	0.340	0.024	22.812	< 0.0001
Error	15	0.016	0.001		
Total corregido	29	0.356			





Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos							
F7	7.635	A							
F3	7.630	A							
F9	7.610	A	B						
F2	7.600	A	B	C					
F5	7.570	A	B	C	D				
F11	7.560		B	C	D				
F1	7.550		B	C	D	E			
F8	7.550		B	C	D	E			
F12	7.540			C	D	E	F		
F6	7.525				D	E	F		
F4	7.490					E	F		
F13	7.480						F		
F14	7.400							G	
F10	7.335							G	
F15	7.250								H

Análisis de la varianza (Variable Densidad):

Fuente	GD	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	0.156	0.011	146.738	< 0.0001
Error	15	0.001	0.000		
Total corregido	29	0.158			

Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos			
F7	0.466	A			
F5	0.189		B		
F8	0.189		B		
F3	0.187		B	C	
F14	0.184		B	C	
F12	0.183		B	C	
F10	0.180		B	C	D
F15	0.177		B	C	D
F9	0.176		B	C	D
F11	0.176		B	C	D
F6	0.175		B	C	D
F4	0.175		B	C	D
F2	0.171		B	C	D
F1	0.169			C	D
F13	0.164				D





Análisis de la varianza (Variable Diámetro):

Fuente	GD	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	657.847	46.989	6.093	0.001
Error	15	115.684	7.712		
Total corregido	29	773.531			

Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos						
F4	89.985	A						
F11	91.445	A						
F14	92.275	A	B					
F9	92.975	A	B	C				
F10	95.270	A	B	C	D			
F6	95.665	A	B	C	D	E		
F8	95.750	A	B	C	D	E		
F1	97.915		B	C	D	E	F	
F12	98.365			C	D	E	F	
F2	99.560				D	E	F	
F13	100.610				D	E	F	
F5	101.475					E	F	G
F15	101.870						F	G
F7	103.350						F	G
F3	107.130							G

Análisis de la varianza (Variable Espesor):

Fuente	GD	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	119.469	8.533	10.983	< 0.0001
Error	15	11.654	0.777		
Total corregido	29	131.123			





Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos					
F10	2.400	A					
F1	2.915	A					
F8	2.950	A					
F15	3.675	A	B				
F9	3.745	A	B	C			
F5	5.175		B	C	D		
F14	5.490		B	C	D		
F13	5.535		B	C	D		
F11	5.550		B	C	D		
F12	5.560			C	D		
F6	5.795				D	E	
F2	6.395				D	E	
F3	7.455					E	F
F7	9.040						F
F4	9.155						F

Análisis de la varianza (Variable pH):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	1.667	0.119	129.450	< 0.0001
Error	15	0.014	0.001		
Total corregido	29	1.681			

Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos						
F10	6.525	A						
F15	7.085		B					
F1	7.125		B					
F8	7.135		B	C				
F2	7.195			C	D			
F9	7.225				D	E		
F14	7.285					E		
F3	7.305						F	
F12	7.355						G	
F13	7.360						G	
F11	7.360						G	
F7	7.375						H	
F6	7.475							I
F5	7.515							I
F4	7.520							I





Análisis de la varianza (Variable %Humedad):

Fuente	GD	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	2702.567	193.040	25.014	< 0.0001
Error	15	115.762	7.717		
Total corregido	29	2818.328			

Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos					
F5	8.855	A					
F3	22.110		B				
F1	22.455		B				
F8	23.690		B				
F4	24.470		B	C			
F2	25.230		B	C			
F9	26.210		B	C	D		
F10	30.070			C	D		
F15	31.965				D	E	
F6	36.145					E	
F13	36.290					E	
F14	37.695					E	F
F12	42.575						F G
F7	43.355						F G
F11	44.230						G

Análisis de la varianza (Variable aw):

Fuente	GD	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	0.023	0.002	3.331	0.014
Error	15	0.007	0.000		
Total corregido	29	0.030			





Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos			
F5	0.850	A			
F10	0.875	A	B		
F7	0.879	A	B		
F4	0.893	A	B	C	
F9	0.903		B	C	D
F8	0.912		B	C	D
F2	0.916		B	C	D
F11	0.931			C	D
F15	0.931			C	D
F3	0.933			C	D
F13	0.934			C	D
F6	0.936			C	D
F12	0.939			C	D
F1	0.941				D
F14	0.943				D

Análisis de la varianza (Variable L):

Fuente	GD	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	604.370	43.169	100.992	< 0.0001
Error	15	6.412	0.427		
Total corregido	29	610.781			

Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos					
F10	31.410	A					
F12	33.080		B				
F15	36.185			C			
F9	36.375			C			
F5	38.500				D		
F2	38.515				D		
F7	38.590				D		
F8	38.775				D		
F13	39.175				D		
F14	39.425				D		
F6	42.830					E	
F11	43.060					E	
F1	45.260						F
F4	45.445						F
F3	48.415						G





Análisis de la varianza (Variable a):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	53.601	3.829	6.696	0.0004
Error	15	8.577	0.572		
Total corregido	29	62.178			

Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos					
F15	8.700	A					
F12	9.060	A					
F10	9.160	A	B				
F1	9.545	A	B	C			
F13	9.575	A	B	C			
F2	10.725		B	C	D		
F14	10.900			C	D	E	
F3	11.525				D	E	F
F11	11.590				D	E	F
F9	11.765				D	E	F
F6	11.940				D	E	F
F5	11.955				D	E	F
F8	12.080				D	E	F
F7	12.505					E	F
F4	12.940						F

Análisis de la varianza (Variable b):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	261.109	18.651	7.464	0.0002
Error	15	37.479	2.499		
Total corregido	29	298.588			





Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos					
F10	11.705	A					
F15	12.585	A	B				
F12	14.900	A	B	C			
F2	15.155		B	C			
F13	15.335		B	C			
F14	15.505		B	C			
F7	16.600			C	D		
F11	17.630			C	D	E	
F1	17.655			C	D	E	
F9	17.780			C	D	E	
F8	19.860				D	E	F
F5	19.875				D	E	F
F6	20.025					E	F
F3	20.870					E	F
F4	22.345						F

Análisis de la varianza (Variable Dureza a):

Fuente	GD	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	12005891.467	857563.676	34.379	< 0.0001
Error	15	374162.000	24944.133		
Total corregido	29	12380053.467			

Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos						
F10	237.000	A						
F1	408.000	A						
F9	491.000	A	B					
F4	806.000		B	C				
F5	828.000			C	D			
F13	866.000			C	D			
F8	904.000			C	D	E		
F14	968.000			C	D	E		
F7	1159.000				D	E	F	
F6	1208.000					E	F	
F11	1232.000					E	F	G
F15	1401.000						F	G
F12	1552.000							G
F2	2107.000							H
F3	2776.000							I





Análisis de la varianza (Variable Dureza b):

Fuente	GD	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	7777385.867	555527.562	34.637	< 0.0001
Error	15	240580.000	16038.667		
Total corregido	29	8017965.867			

Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos					
F10	181.000	A					
F1	373.000	A					
F9	411.000	A					
F4	681.000		B				
F5	720.000		B				
F8	731.000		B				
F13	733.000		B				
F14	808.000		B				
F6	925.000		B	C			
F7	944.000		B	C			
F11	1086.000			C	D		
F15	1166.000			C	D		
F12	1249.000				D		
F2	1691.000					E	
F3	2267.000						F

Análisis de la varianza (Variable Elasticidad):

Fuente	GD	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	14	11.375	0.812	4.460	0.003
Error	15	2.732	0.182		
Total corregido	29	14.107			





Test de comparaciones múltiples:

Categoría	Media	Grupos			
F9	0.300	A			
F1	0.320	A			
F10	0.340	A			
F5	0.440	A	B		
F8	1.015	A	B	C	
F2	1.270		B	C	D
F3	1.425			C	D
F14	1.425			C	D
F6	1.490			C	D
F4	1.580			C	D
F15	1.715			C	D
F13	1.740			C	D
F12	1.810			C	D
F11	2.010				D
F7	2.150				D





ANEXO 2 CÁLCULO DE PDCAAS TEÓRICO

F1	Analytical data						Digestible quantities in mixture ^b						PDCAAS value: lowest score x digestibility
	Peso (g)	Proteína (g/100g)	Lysine (g)	Sulfuramino ac (mg/g proteína)	Threonine (g)	Tryptophan (g)	Digestibility (g)	Protein (g)	Lysine (g)	Sulfuramino ac (mg)	Theonine (g)	Tryptophan (g)	
	A	B	C	D	E	F	G	AxBxG/ 100=P	PxC	PxD	PxE	PxF	
Avena	15	9.2	6.5	32.5	50.9	8.7	0.86	1.19	7.74	38.70	60.63	8.66	
Frijol	38	20.3	61.6	21.3	61.1	8.5	0.78	6.03	371.41	128.07	368.21	51.23	
Lenteja	10	18.8	59.3	0.0	0.0	5.5	0.79	1.49	88.13	0.00	0.00	8.16	
Amaranto	38	14.4	46.7	23.0	7.0	10.4	0.85	4.64	216.41	106.59	32.30	48.45	
Micro alga	0.5	23.93	70.1	24.2	50.7	3.1	0.28	0.03	2.33	0.81	1.69	0.10	
Total								13.38	686.02	274.17	462.82	116.60	
Amino acids: mg/g protein (total for each amino acid/total protein)													
Weighted average digestibility: sum of digestible protein/ total protein													0.71
Amino acid score for mixture: amino acids/g protein per reference pattern													
Age group (years)	Reference patterns: mg/g proteinc												
	Lysine	Sulfuramino	Threonine	Tryptophan	Lysine	Sulfuramino	Theonine	Tryptophan					
Infants (0–5 years)	57	28	31	8.50	0.900	0.732	1.116	1.026				0.732	0.52
Old children (1–2 years)	52	26	27	7.40	0.986	0.788	1.282	1.178				0.788	0.56
Older children and adolescents (4–18 years)	48	23	25	6.50	1.069	0.891	1.384	1.341				0.891	0.63
Adults (>18 years)	45	22	23	6	1.140	0.932	1.504	1.453				0.932	0.66

F2	Analytical data						Digestible quantities in mixture ^b						PDCAAS value: lowest score x digestibility
	Peso (g)	Proteína (g/100g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg/g proteína)	Threonine (g)	Tryptophan (g)	Digestibility (g)	Protein (g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg)	Theonine (g)	Tryptophan (g)	
	A	B	C	D	E	F	G	AxBxG/ 100=PxC	PxD	PxE	PxF		
Avena	28.75	9.2	6.5	32.5	50.9	8.7	0.86	2.28	14.84	74.18	116.21	8.66	
Frijol	23.75	20.3	61.6	21.3	61.1	8.5	0.78	3.77	232.13	80.05	230.13	32.02	
Lenteja	23.75	18.8	59.3	0.0	0.0	5.5	0.79	3.53	209.31	0.00	0.00	19.38	
Amaranto	23.75	14.4	46.7	23.0	7.0	10.4	0.85	2.90	135.26	66.62	20.19	30.28	
Micro alga	0.5	23.93	70.1	24.2	50.7	3.1	0.28	0.03	2.33	0.81	1.69	0.10	
Total								12.51	593.87	221.65	368.21	90.44	
Amino acids: mg/g protein (total for each amino acid/total protein)													
Weighted average digestibility: sum of digestible protein/ total protein													0.71
Amino acid score for mixture: amino acids/g protein per reference pattern													
Age group (years)	Reference patterns: mg/g proteinc												
	Lysine	Sulfuramino	Threonine	Tryptophan	Lysine	Sulfuramino	Theonine	Tryptophan					
Infants (0–5 years)	57	28	31	8.50	0.833	0.633	0.949	0.850				0.633	0.45
Preschool children (1–2 years)	52	26	27	7.40	0.913	0.681	1.090	0.977				0.681	0.48
Older children and adolescents (4–18 years)	48	23	25	6.50	0.989	0.770	1.177	1.112				0.770	0.55
Adults (>18 years)	45	22	23	6	1.055	0.805	1.279	1.205				0.805	0.57

F3	Analytical data						Digestible quantities in mixture ^b						PDCAAS value: lowest score x digestibility
	Peso (g)	Proteína (g/100g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg/g proteína)	Threonine (g)	Tryptophan (g)	Digestibility (g)	Protein (g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg)	Theonine (g)	Tryptophan (g)	
	A	B	C	D	E	F	G	AxBxG/ 100=PxC	PxD	PxE	PxF		
Avena	33.33	9.2	6.5	32.5	50.9	8.7	0.86	2.65	17.20	85.99	134.72	8.66	
Frijol	10	20.3	61.6	21.3	61.1	8.5	0.78	1.59	97.74	33.70	96.90	13.48	
Lenteja	28.33	18.8	59.3	0.0	0.0	5.5	0.79	4.21	249.68	0.00	0.00	23.12	
Amaranto	28.33	14.4	46.7	23.0	7.0	10.4	0.85	3.46	161.34	79.47	24.08	36.12	
Micro alga	0.5	23.93	70.1	24.2	50.7	3.1	0.28	0.03	2.33	0.81	1.69	0.10	
Total								11.94	528.28	199.97	257.38	81.48	
Amino acids: mg/g protein (total for each amino acid/total protein)													
Weighted average digestibility: sum of digestible protein/ total protein													0.71
Amino acid score for mixture: amino acids/g protein per reference pattern													
Age group (years)	Reference patterns: mg/g proteinc												
	Lysine	Sulfuramino	Threonine	Tryptophan	Lysine	Sulfuramino	Theonine	Tryptophan					
Infants (0–5 years)	57	28	31	8.50	0.777	0.598	0.696	0.803				0.598	0.43
Preschool children (1–2 years)	52	26	27	7.40	0.851	0.644	0.799	0.923				0.644	0.46
Older children and adolescents (4–18 years)	48	23	25	6.50	0.922	0.728	0.863	1.050				0.728	0.52
Adults (>18 years)	45	22	23	6	0.984	0.762	0.938	1.138				0.762	0.54





F4	Analytical data							Digestible quantities in mixture ^b					
	Peso (g)	Proteína (g/100g)	Lysine	Sulfuramino (mg/g proteína)	Threonine	Tryptophan	Digestibility	Protein (g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg)	Theonine	Tryptophan	
	A	B	C	D	E	F	G	AxBxG/ 100= PxC	PxD	PxE	PxF		
Avena	42.5	9.2	6.5	32.5	50.9	8.7	0.86	3.38	21.93	109.65	171.79	8.66	
Frijol	10	20.3	61.6	21.3	61.1	8.5	0.78	1.59	97.74	33.70	96.90	13.48	
Lenteja	37.5	18.8	59.3	0.0	0.0	5.5	0.79	5.57	330.49	0.00	0.00	30.60	
Amaranto	10	14.4	46.7	23.0	7.0	10.4	0.85	1.22	56.95	28.05	8.50	12.75	
Micro alga	0.5	23.93	70.1	24.2	50.7	3.1	0.28	0.03	2.33	0.81	1.69	0.10	
Total								11.79	509.44	172.21	278.87	65.59	
Amino acids: mg/g protein (total for each amino acid/total protein)									43.21	14.61	23.65	5.56	
Weighted average digestibility: sum of digestible protein/ total protein								0.71					
Age group (years)								Amino acid score for mixture: amino acids/g protein per reference pattern					PDCAAS value: lowest score x digestibility
			Reference patterns: mg/g proteinc										
			Lysine	Sulfuramino	Threonine	Tryptophan	Lysine	Sulfuramino	Theonine	Tryptophan			
Infants (0–5 years)			57	28	31	8.50	0.758	0.522	0.763	0.655	0.522	0.37	
Preschool children (1–2 years)			52	26	27	7.40	0.831	0.562	0.876	0.752	0.562	0.40	
Older children and adolescents (4–18 years)			48	23	25	6.50	0.900	0.635	0.946	0.856	0.635	0.45	
Adults (>18 years)			45	22	23	6	0.960	0.664	1.028	0.927	0.664	0.47	

F5	Analytical data							Digestible quantities in mixture ^b					
	Peso (g)	Proteína (g/100g)	Lysine	Sulfuramino (mg/g proteína)	Threonine	Tryptophan	Digestibility	Protein (g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg)	Theonine	Tryptophan	
	A	B	C	D	E	F	G	AxBxG/ 100= PxC	PxD	PxE	PxF		
Avena	42.5	9.2	6.5	32.5	50.9	8.7	0.86	3.38	21.93	109.65	171.79	8.66	
Frijol	10	20.3	61.6	21.3	61.1	8.5	0.78	1.59	97.74	33.70	96.90	13.48	
Lenteja	10	18.8	59.3	0.0	0.0	5.5	0.79	1.49	88.13	0.00	0.00	8.16	
Amaranto	37.5	14.4	46.7	23.0	7.0	10.4	0.85	4.58	213.56	105.19	31.88	47.81	
Micro alga	0.5	23.93	70.1	24.2	50.7	3.1	0.28	0.03	2.33	0.81	1.69	0.10	
Total								11.06	423.69	249.35	302.24	78.21	
Amino acids: mg/g protein (total for each amino acid/total protein)									38.31	22.55	27.33	7.07	
Weighted average digestibility: sum of digestible protein/ total protein								0.71					
Age group (years)								Amino acid score for mixture: amino acids/g protein per reference pattern					PDCAAS value: lowest score x digestibility
			Reference patterns: mg/g proteinc										
			Lysine	Sulfuramino	Threonine	Tryptophan	Lysine	Sulfuramino	Theonine	Tryptophan			
Infants (0–5 years)			57	28	31	8.50	0.672	0.805	0.882	0.832	0.672	0.48	
Preschool children (1–2 years)			52	26	27	7.40	0.737	0.867	1.012	0.956	0.737	0.52	
Older children and adolescents (4–18 years)			48	23	25	6.50	0.798	0.980	1.093	1.088	0.798	0.57	
Adults (>18 years)			45	22	23	6	0.851	1.025	1.188	1.179	0.851	0.61	

F6	Analytical data							Digestible quantities in mixture ^b					
	Peso (g)	Proteína (g/100g)	Lysine	Sulfuramino (mg/g proteína)	Threonine	Tryptophan	Digestibility	Protein (g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg)	Theonine	Tryptophan	
	A	B	C	D	E	F	G	AxBxG/ 100= PxC	PxD	PxE	PxF		
Avena	15	9.2	6.5	32.5	50.9	8.7	0.86	1.19	7.74	38.70	60.63	8.66	
Frijol	65	20.3	61.6	21.3	61.1	8.5	0.78	10.31	635.31	219.07	629.83	87.63	
Lenteja	10	18.8	59.3	0.0	0.0	5.5	0.79	1.49	88.13	0.00	0.00	8.16	
Amaranto	10	14.4	46.7	23.0	7.0	10.4	0.85	1.22	56.95	28.05	8.50	12.75	
Micro alga	0.5	23.93	70.1	24.2	50.7	3.1	0.28	0.03	2.33	0.81	1.69	0.10	
Total								14.24	790.46	286.63	700.65	117.30	
Amino acids: mg/g protein (total for each amino acid/total protein)									55.51	20.13	49.21	8.24	
Weighted average digestibility: sum of digestible protein/ total protein								0.71					
Age group (years)								Amino acid score for mixture: amino acids/g protein per reference pattern					PDCAAS value: lowest score x digestibility
			Reference patterns: mg/g proteinc										
			Lysine	Sulfuramino	Threonine	Tryptophan	Lysine	Sulfuramino	Theonine	Tryptophan			
Infants (0–5 years)			57	28	31	8.50	0.974	0.719	1.587	0.969	0.719	0.51	
Preschool children (1–2 years)			52	26	27	7.40	1.068	0.774	1.822	1.113	0.774	0.55	
Older children and adolescents (4–18 years)			48	23	25	6.50	1.157	0.875	1.968	1.267	0.875	0.62	
Adults (>18 years)			45	22	23	6	1.234	0.915	2.139	1.373	0.915	0.65	





F7	Analytical data							Digestible quantities in mixture ^b					PDCAAS value: lowest score x digestibility
	Peso (g)	Proteína (g/100g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg/g proteína)	Threonine (mg/g proteína)	Tryptophan (mg/g proteína)	Digestibility	Protein (g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg)	Theonine (mg)	Tryptophan (mg)	
	A	B	C	D	E	F	G	AxBxG/100=PxG	PxC	PxD	PxE	PxF	
Avena	15	9.2	6.5	32.5	50.9	8.7	0.86	1.19	7.74	38.70	60.63	8.66	
Frijol	10	20.3	61.6	21.3	61.1	8.5	0.78	1.59	97.74	33.70	96.90	13.48	
Lenteja	65	18.8	59.3	0.0	0.0	5.5	0.79	9.66	572.85	0.00	0.00	53.04	
Amaranto	10	14.4	46.7	23.0	7.0	10.4	0.85	1.22	56.95	28.05	8.50	12.75	
Micro alga	0.5	23.93	70.1	24.2	50.7	3.1	0.28	0.03	2.33	0.81	1.69	0.10	
Total								13.69	737.61	101.26	167.71	88.03	
Amino acids: mg/g protein (total for each amino acid/total protein)										53.88	7.40	12.25	6.43
Weighted average digestibility: sum of digestible protein/ total protein								0.71					
Age group (years)								Amino acid score for mixture: amino acids/g protein per reference pattern					
			Reference patterns: mg/g protein										
			Lysine	Sulfuramino	Threonine	Tryptophan	Lysine	Sulfuramino	Theonine	Tryptophan			
Infants (0–5 years)			57	28	31	8.50	0.945	0.264	0.395	0.757	0.264	0.19	
Preschool children (1–2 years)			52	26	27	7.40	1.036	0.284	0.454	0.869	0.284	0.20	
Older children and adolescents (4–18 years)			48	23	25	6.50	1.122	0.322	0.490	0.989	0.322	0.23	
Adults (>18 years)			45	22	23	6	1.197	0.336	0.533	1.072	0.336	0.24	

F8	Analytical data							Digestible quantities in mixture ^b					PDCAAS value: lowest score x digestibility
	Peso (g)	Proteína (g/100g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg/g proteína)	Threonine (mg/g proteína)	Tryptophan (mg/g proteína)	Digestibility	Protein (g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg)	Theonine (mg)	Tryptophan (mg)	
	A	B	C	D	E	F	G	AxBxG/100=PxG	PxC	PxD	PxE	PxF	
Avena	15	9.2	6.5	32.5	50.9	8.7	0.86	1.19	7.74	38.70	60.63	8.66	
Frijol	10	20.3	61.6	21.3	61.1	8.5	0.78	1.59	97.74	33.70	96.90	13.48	
Lenteja	37.5	18.8	59.3	0.0	0.0	5.5	0.79	5.57	330.49	0.00	0.00	30.60	
Amaranto	37.5	14.4	46.7	23.0	7.0	10.4	0.85	4.58	213.56	105.19	31.88	47.81	
Micro alga	0.5	23.93	70.1	24.2	50.7	3.1	0.28	0.03	2.33	0.81	1.69	0.10	
Total								12.96	651.86	178.40	191.09	100.66	
Amino acids: mg/g protein (total for each amino acid/total protein)										50.30	13.76	14.74	7.77
Weighted average digestibility: sum of digestible protein/ total protein								0.71					
Age group (years)								Amino acid score for mixture: amino acids/g protein per reference pattern					
			Reference patterns: mg/g protein										
			Lysine	Sulfuramino	Threonine	Tryptophan	Lysine	Sulfuramino	Theonine	Tryptophan			
Infants (0–5 years)			57	28	31	8.50	0.882	0.492	0.476	0.914	0.476	0.34	
Preschool children (1–2 years)			52	26	27	7.40	0.967	0.529	0.546	1.049	0.529	0.38	
Older children and adolescents (4–18 years)			48	23	25	6.50	1.048	0.598	0.590	1.195	0.590	0.42	
Adults (>18 years)			45	22	23	6	1.118	0.626	0.641	1.294	0.626	0.45	

F9	Analytical data							Digestible quantities in mixture ^b					PDCAAS value: lowest score x digestibility
	Peso (g)	Proteína (g/100g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg/g proteína)	Threonine (mg/g proteína)	Tryptophan (mg/g proteína)	Digestibility	Protein (g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg)	Theonine (mg)	Tryptophan (mg)	
	A	B	C	D	E	F	G	AxBxG/100=PxG	PxC	PxD	PxE	PxF	
Avena	33.33	9.2	6.5	32.5	50.9	8.7	0.86	2.65	17.20	85.99	134.72	8.66	
Frijol	28.33	20.3	61.6	21.3	61.1	8.5	0.78	4.49	276.90	95.48	274.51	38.19	
Lenteja	10	18.8	59.3	0.0	0.0	5.5	0.79	1.49	88.13	0.00	0.00	8.16	
Amaranto	28.33	14.4	46.7	23.0	7.0	10.4	0.85	3.46	161.34	79.47	24.08	36.12	
Micro alga	0.5	23.93	70.1	24.2	50.7	3.1	0.28	0.03	2.33	0.81	1.69	0.10	
Total								12.12	545.90	261.74	435.00	91.23	
Amino acids: mg/g protein (total for each amino acid/total protein)										45.05	21.60	35.90	7.53
Weighted average digestibility: sum of digestible protein/ total protein								0.71					
Age group (years)								Amino acid score for mixture: amino acids/g protein per reference pattern					
			Reference patterns: mg/g protein										
			Lysine	Sulfuramino	Threonine	Tryptophan	Lysine	Sulfuramino	Theonine	Tryptophan			
Infants (0–5 years)			57	28	31	8.50	0.790	0.771	1.158	0.886	0.771	0.55	
Preschool children (1–2 years)			52	26	27	7.40	0.866	0.831	1.329	1.017	0.831	0.59	
Older children and adolescents (4–18 years)			48	23	25	6.50	0.938	0.939	1.436	1.158	0.938	0.67	
Adults (>18 years)			45	22	23	6	1.001	0.982	1.561	1.255	0.982	0.70	





F10	Analytical data							Digestible quantities in mixture ^b										
	Peso (g)	Proteína (g/100g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg/g proteína)	Threonine (mg)	Tryptophan (mg)	Digestibility	Protein (g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg)	Theonine (mg)	Tryptophan (mg)						
	A	B	C	D	E	F	G	AxBxG/100=	PxC	PxD	PxE	PxF						
Avena	15	9.2	6.5	32.5	50.9	8.7	0.86	1.19	7.74	38.70	60.63	8.66						
Frijol	10	20.3	61.6	21.3	61.1	8.5	0.78	1.59	97.74	33.70	96.90	13.48						
Lenteja	10	18.8	59.3	0.0	0.0	5.5	0.79	1.49	88.13	0.00	0.00	8.16						
Amaranto	65	14.4	46.7	23.0	7.0	10.4	0.85	7.93	370.18	182.33	55.25	82.88						
Micro alga	0.5	23.93	70.1	24.2	50.7	3.1	0.28	0.03	2.33	0.81	1.69	0.10						
Total								12.23	566.12	255.53	214.46	113.28						
Amino acids: mg/g protein (total for each amino acid/total protein)									46.29	20.89	17.53	9.26						
Weighted average digestibility: sum of digestible protein/ total protein								0.71										
Age group (years)								Reference patterns: mg/g protein				Amino acid score for mixture: amino acids/g protein per reference pattern		PDCAAS value: lowest score x digestibility				
								Lysine	Sulfuramino	Threonine	Tryptophan	Lysine	Sulfuramino		Theonine	Tryptophan		
Infants (0–5 years)								57	28	31	8.50	0.812	0.746		0.566	1.090	0.566	0.40
Preschool children (1–2 years)								52	26	27	7.40	0.890	0.804		0.649	1.252	0.649	0.46
Older children and adolescents (4–18 years)								48	23	25	6.50	0.964	0.908		0.701	1.425	0.701	0.50
Adults (>18 years)								45	22	23	6	1.029	0.950		0.762	1.544	0.762	0.54

F11	Analytical data							Digestible quantities in mixture ^b										
	Peso (g)	Proteína (g/100g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg/g proteína)	Threonine (mg)	Tryptophan (mg)	Digestibility	Protein (g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg)	Theonine (mg)	Tryptophan (mg)						
	A	B	C	D	E	F	G	AxBxG/100=	PxC	PxD	PxE	PxF						
Avena	70	9.2	6.5	32.5	50.9	8.7	0.86	5.56	36.12	180.60	282.94	8.66						
Frijol	10	20.3	61.6	21.3	61.1	8.5	0.78	1.59	97.74	33.70	96.90	13.48						
Lenteja	10	18.8	59.3	0.0	0.0	5.5	0.79	1.49	88.13	0.00	0.00	8.16						
Amaranto	10	14.4	46.7	23.0	7.0	10.4	0.85	1.22	56.95	28.05	8.50	12.75						
Micro alga	0.5	23.93	70.1	24.2	50.7	3.1	0.28	0.03	2.33	0.81	1.69	0.10						
Total								9.89	281.27	243.16	390.02	43.15						
Amino acids: mg/g protein (total for each amino acid/total protein)									28.45	24.59	39.44	4.36						
Weighted average digestibility: sum of digestible protein/ total protein								0.71										
Age group (years)								Reference patterns: mg/g protein				Amino acid score for mixture: amino acids/g protein per reference pattern		PDCAAS value: lowest score x digestibility				
								Lysine	Sulfuramino	Threonine	Tryptophan	Lysine	Sulfuramino		Theonine	Tryptophan		
Infants (0–5 years)								57	28	31	8.50	0.499	0.878		1.272	0.513	0.499	0.36
Preschool children (1–2 years)								52	26	27	7.40	0.547	0.946		1.461	0.590	0.547	0.39
Older children and adolescents (4–18 years)								48	23	25	6.50	0.593	1.069		1.578	0.671	0.593	0.42
Adults (>18 years)								45	22	23	6	0.632	1.118		1.715	0.727	0.632	0.45

F12	Analytical data							Digestible quantities in mixture ^b										
	Peso (g)	Proteína (g/100g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg/g proteína)	Threonine (mg)	Tryptophan (mg)	Digestibility	Protein (g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg)	Theonine (mg)	Tryptophan (mg)						
	A	B	C	D	E	F	G	AxBxG/100=	PxC	PxD	PxE	PxF						
Avena	33.33	9.2	6.5	32.5	50.9	8.7	0.86	2.65	17.20	85.99	134.72	8.66						
Frijol	28.33	20.3	61.6	21.3	61.1	8.5	0.78	4.49	276.90	95.48	274.51	38.19						
Lenteja	28.33	18.8	59.3	0.0	0.0	5.5	0.79	4.21	249.68	0.00	0.00	23.12						
Amaranto	10	14.4	46.7	23.0	7.0	10.4	0.85	1.22	56.95	28.05	8.50	12.75						
Micro alga	0.5	23.93	70.1	24.2	50.7	3.1	0.28	0.03	2.33	0.81	1.69	0.10						
Total								12.60	603.05	210.33	419.41	82.82						
Amino acids: mg/g protein (total for each amino acid/total protein)									47.84	16.69	33.27	6.57						
Weighted average digestibility: sum of digestible protein/ total protein								0.71										
Age group (years)								Reference patterns: mg/g protein				Amino acid score for mixture: amino acids/g protein per reference pattern		PDCAAS value: lowest score x digestibility				
								Lysine	Sulfuramino	Threonine	Tryptophan	Lysine	Sulfuramino		Theonine	Tryptophan		
Infants (0–5 years)								57	28	31	8.50	0.839	0.596		1.073	0.773	0.596	0.42
Preschool children (1–2 years)								52	26	27	7.40	0.920	0.642		1.232	0.888	0.642	0.46
Older children and adolescents (4–18 years)								48	23	25	6.50	0.997	0.726		1.331	1.011	0.726	0.52
Adults (>18 years)								45	22	23	6	1.063	0.758		1.447	1.095	0.758	0.54





F13	Analytical data							Digestible quantities in mixture ^b					PDCAAS value: lowest score x digestibility
	Peso (g)	Proteína (g/100g)	Lysine	Sulfuramino (mg/g proteína)	Threonine	Tryptophan	Digestibility	Protein (g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg)	Theonine	Tryptophan	
	A	B	C	D	E	F	G	AxBxG/ 100=	PxC	PxD	PxE	PxF	
Avena	42.5	9.2	6.5	32.5	50.9	8.7	0.86	3.38	21.93	109.65	171.79	8.66	
Frijol	37.5	20.3	61.6	21.3	61.1	8.5	0.78	5.95	366.52	126.39	363.36	50.55	
Lenteja	10	18.8	59.3	0.0	0.0	5.5	0.79	1.49	88.13	0.00	0.00	8.16	
Amaranto	10	14.4	46.7	23.0	7.0	10.4	0.85	1.22	56.95	28.05	8.50	12.75	
Micro alga	0.5	23.93	70.1	24.2	50.7	3.1	0.28	0.03	2.33	0.81	1.69	0.10	
Total								12.06	535.87	264.89	545.33	80.23	
Amino acids: mg/g protein (total for each amino acid/total protein)									44.42	21.96	45.20	6.65	
Weighted average digestibility: sum of digestible protein/ total protein							0.71						
Age group (years)							Amino acid score for mixture: amino acids/g protein per reference pattern						
Reference patterns: mg/g proteinc			Lysine	Sulfuramino	Threonine	Tryptophan	Lysine	Sulfuramino	Theonine	Tryptophan			
Infants (0–5 years)			57	28	31	8.50	0.779	0.784	1.458	0.782	0.779	0.55	
Preschool children (1–2 years)			52	26	27	7.40	0.854	0.845	1.674	0.899	0.845	0.60	
Older children and adolescents (4–18 years)			48	23	25	6.50	0.925	0.955	1.808	1.023	0.925	0.66	
Adults (>18 years)			45	22	23	6	0.987	0.998	1.965	1.108	0.987	0.70	

F14	Analytical data							Digestible quantities in mixture ^b					PDCAAS value: lowest score x digestibility
	Peso (g)	Proteína (g/100g)	Lysine	Sulfuramino (mg/g proteína)	Threonine	Tryptophan	Digestibility	Protein (g)	Lysine (g)	Sulfuramino (mg)	Theonine	Tryptophan	
	A	B	C	D	E	F	G	AxBxG/ 100=	PxC	PxD	PxE	PxF	
Avena	15	9.2	6.5	32.5	50.9	8.7	0.86	1.19	7.74	38.70	60.63	8.66	
Frijol	37.5	20.3	61.6	21.3	61.1	8.5	0.78	5.95	366.52	126.39	363.36	50.55	
Lenteja	37.5	18.8	59.3	0.0	0.0	5.5	0.79	5.57	330.49	0.00	0.00	30.60	
Amaranto	37.5	14.4	46.7	23.0	7.0	10.4	0.85	4.58	213.56	105.19	31.88	47.81	
Micro alga	0.5	23.93	70.1	24.2	50.7	3.1	0.28	0.03	2.33	0.81	1.69	0.10	
Total								17.32	920.65	271.08	457.55	137.73	
Amino acids: mg/g protein (total for each amino acid/total protein)									53.15	15.65	26.42	7.95	
Weighted average digestibility: sum of digestible protein/ total protein							0.71						
Age group (years)							Amino acid score for mixture: amino acids/g protein per reference pattern						
Reference patterns: mg/g proteinc			Lysine	Sulfuramino	Threonine	Tryptophan	Lysine	Sulfuramino	Theonine	Tryptophan			
Infants (0–5 years)			57	28	31	8.50	0.932	0.559	0.852	0.935	0.559	0.40	
Preschool children (1–2 years)			52	26	27	7.40	1.022	0.602	0.978	1.075	0.602	0.43	
Older children and adolescents (4–18 years)			48	23	25	6.50	1.107	0.680	1.057	1.223	0.680	0.48	
Adults (>18 years)			45	22	23	6	1.181	0.711	1.148	1.325	0.711	0.51	





ANEXO 3 CONGRESO LATIN FOOD 2022.



Development of a pancake-type flour based on vegetable protein complemented with *Galdieria sulphuraria* as a high biological supplement for malnutrition

Contreras-Morales A.*, Martínez-Arellano, I, Córdova-Aguilar M.S.
Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología
Universidad Nacional Autónoma de México

1



Mexican Association of Food Science

This certificate is presented to:

Contreras Morales, Anael; Martínez Arellano, Isadora; Córdova Aguilar, María Soledad

In recognition for the oral presentation of the work entitled:

Development of a pancake-type flour based on vegetable protein complemented with *Galdieria sulphuraria* as a high biological supplement for malnutrition

at the 10th Food Science, Biotechnology and Safety Congress Latin Food 2022 which took place on November 16-18 in Puebla, Mexico.


Dr. Rosa María Rodríguez Jasso
President of AMECA


Dr. Gilber Vela Gutiérrez
President of the Organizing Committee


Dr. Celeste C. Ibarra Herrera
President of the Scientific Committee





CONGRESO ESTUDIANTIL INTERDISCIPLINARIO ICAT 2023.

1ER. CONGRESO ESTUDIANTIL INTERDISCIPLINARIO ICAT 2023

Hernández Díaz Diana Belén, Paulina Lizette López Orjaga, Jair Alejandro Rodríguez Ruiz, María Fernanda Sandoval Rodríguez, Isadora Martínez Arellano, María Soledad Córdova Aguilar
 Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, Instrumentación Científica e Industrial, Ingeniería de Proceso, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U. Ciudad de México 04510
 icatali2020@gmail.com

DEL DESARROLLO A LA COMERCIALIZACION, PRODUCTOS DE ALTO VALOR NUTRICIONAL

SUMARIO La búsqueda de sustitutos para las proteínas de origen animal ha impulsado la creación de ICATALI, una empresa que ha desarrollado una amplia variedad de productos elaborados a partir de proteínas vegetales obtenidas de legumbres como el frijol, haba, garbanzo y lenteja, complementados con amaranto y avena.

LA CLAVE A LA PROTEÍNA VEGETAL
 Las legumbres suelen contener alrededor del **doblo de cantidad de proteínas** que se encuentran en cereales de grano entero.

BENEFICIOS NUTRICIONALES DE LAS LEGUMBRES

- Su consumo ayuda a **prevenir enfermedades crónicas** como diabetes, enfermedades cardiovasculares y obesidad
- Están exentos de gluten
- Alto contenido de fibra
- Alto contenido de hierro lo cual ayuda a **prevenir la anemia ferropénica en niños y mujeres**
- Bajo contenido de grasa
- Al combinarse con otros cereales aumenta su calidad de proteína

PRODUCTOS CON ALTO CONTENIDO DE PROTEÍNA VEGETAL

Productos especializados para personas con deficiencias nutrimentales

Galletas
 Ingredientes: Jarabe de agave como endulzante, garbanzo, avena, aceite vegetal, lenteja, frijol, sorbitol, glicerol, canela.

Hamburguesas
 Ingredientes: Haba, lenteja garbanzo, amaranto, aceite vegetal, sal, ajo en polvo, pimienta negra en polvo, cebolla en polvo.

Barras de bagazo de nopal
 Ingredientes: Avena, amaranto, bagazo de nopal, endulzadas con jarabe de agave.

Harina para hotcakes
 Ingredientes: Avena, lenteja, amaranto, frijol y polvo para hornear.

