

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DEL MEDIO
NATURAL**

*Enriquecimiento proteico y antioxidante de
galletas con polvo de hojas secas de
moringa y aceptación sensorial*

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

ALUMNO: Sadurní Vendrell Haya

TUTORA UPV: M^a Luisa Castelló Gómez

COTUTORA UPV: M^a Dolores Ortolá Ortolá

Curso Académico: 2020/21

VALENCIA, Julio de 2021

Enriquecimiento proteico y antioxidante de galletas con polvo de hojas secas de *Moringa oleifera* y aceptación sensorial

RESUMEN

Dado el creciente interés de la sociedad por mejorar el perfil nutricional de los productos que consume, la reformulación de productos está teniendo un auge considerable en la industria alimentaria. Por otra parte, recientemente se está evaluando la adaptación del cultivo de la *Moringa oleifera* en la cuenca mediterránea española por su elevado rendimiento, buena adaptación al cambio climático y por ser un producto con un alto potencial, ya que las diferentes partes de esta planta pueden ser comercializadas por sus atributos nutricionales y medicinales. En este sentido, el objetivo de este Trabajo Final del Grado es analizar el enriquecimiento proteico y antioxidante de galletas formuladas con polvo de hojas secas de moringa en diferentes proporciones evaluando sus cambios en tamaño, perfil de aminoácidos, propiedades ópticas y mecánicas, capacidad antioxidante y fenoles totales, así como su aceptación sensorial. Los resultados pusieron de manifiesto que el enriquecimiento con este polvo mejoró las propiedades nutricionales del producto, aunque las galletas se percibieron como demasiado duras y poco dulces.

Palabras clave: *Moringa oleifera*, galletas, aminoácidos, antioxidantes, color, textura, sensorial.

Alumno: Sadurní Vendrell Haya

Tutora académica: M^a Luisa Castelló Gómez

Cotutora: M^a Dolores Ortolá Ortolá

Valencia, julio de 2021

Protein and antioxidant enrichment of cookies with dried *Moringa oleifera* leaves powder and sensory acceptance

ABSTRACT

Given society's growing interest in improving the nutritional profile, product reformulation is having a considerable boom in the food industry. Furthermore, the adaptation of the *Moringa oleifera* crop in the Spanish Mediterranean basin is being recently evaluated due to its high yield, good adaptation to climate change. Moringa has also a high potential, since the different parts of this plant can be marketed for their nutritional and medicinal attributes. In this regard, the aim of this Final Degree Project is to analyze the protein and antioxidant enrichment of cookies prepared with different percentages of dried moringa leaves powder, evaluating their changes in size, aminoacid profile, optical and mechanical properties, antioxidant capacity and total phenols, as well as their sensory acceptance. Results show that the enrichment with this powder improved the nutritional properties of the product, even though the cookies were perceived as too hard, and not sweet enough.

Keywords: *Moringa oleifera*, cookies, aminoacid, antioxidants, colour, texture, sensorial.

Student: Sadurní Vendrell Haya

Academic tutor: M^a Luisa Castelló Gómez

Cotutor: M^a Dolores Ortolá Ortolá

Valencia, July 2021

Enriquiment proteic i antioxidant de galetes amb pols de fulles seques de *Moringa oleifera* i acceptació sensorial

RESUM

Donat l'augment en l'interès de la societat per millorar el perfil nutricional dels productes que consumeix, la reformulació de productes està tenint un increment considerable en la indústria agroalimentària. Per altra banda, recentment s'està avaluant l'adaptació del cultiu de la *Moringa oleifera* a la conca mediterrània espanyola pel seu elevat rendiment, bona adaptació al canvi climàtic i per ser un producte amb un alt potencial, ja que les diferents parts d'aquesta planta poden ser comercialitzades pels seus atributs nutricionals i medicinals. En aquest sentit, l'objectiu d'aquest Treball Fi de Grau és analitzar l'enriquiment proteic i antioxidant de galetes formulades amb pols de fulles seques de moringa amb diferents proporcions, avaluant el seus canvis de mida, perfil d'aminoàcids, propietats òptiques i mecàniques, capacitat antioxidant i fenols totals, així com la seva acceptació sensorial. Els resultats van posar de manifest que l'enriquiment amb aquesta pols va millorar les propietats nutricionals del producte tot i que les galetes es van percebre massa dures i poc dolces.

Paraules clau: *Moringa oleifera*, galetes, aminoàcids, antioxidants, color, textura, sensorial.

Alumne: Sadurní Vendrell Haya

Tutora acadèmica: M^a Luisa Castelló Gómez

Cotutora: M^a Dolores Ortolá Ortolá

València, juliol de 2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1 La moringa y sus posibilidades	- 1 -
1.2 Las galletas tradicionales en la dieta	- 4 -
1.3 Enriquecimiento de galletas	- 5 -
2. OBJETIVOS	- 7 -
3. MATERIALES Y MÉTODOS	- 8 -
3.1 Materias primas	- 8 -
3.2 Formulaciones y elaboración de las galletas	- 8 -
3.3 Determinaciones analíticas	- 9 -
3.3.1 Altura, diámetro y peso.....	- 9 -
3.3.2 Actividad de agua	- 9 -
3.3.3 Propiedades mecánicas.....	- 9 -
3.3.4 Propiedades ópticas	- 9 -
3.3.5 Capacidad antioxidante total y fenoles totales.....	- 10 -
3.3.6 Contenido en proteínas y perfil de aminoácidos	- 11 -
3.4 Análisis sensorial	- 13 -
3.5 Análisis estadístico	- 14 -
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 15 -
4.1 Variación de altura, diámetro y peso	- 15 -
4.2 Actividad de agua	- 16 -
4.3 Color	- 16 -
4.4 Propiedades mecánicas	- 18 -
4.5 Proteínas y perfil de aminoácidos	- 19 -
4.6 Capacidad antioxidante total y fenoles totales	- 20 -
4.7 Sensorial	- 21 -
5. CONCLUSIONES	- 24 -
6. REFERENCIAS	- 25 -
7. ANEXO	- 29 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol, flores, vainas y semillas de la Moringa.....	- 1 -
Figura 2. (A) Variación de la altura de las galletas (Δh) y (B) del diámetro (ΔD) según la incorporación de moringa en las diferentes formulaciones junto a la galleta control.....	- 15 -
Figura 3. Variación del peso de las galletas (Δg) según la incorporación de moringa en las diferentes formulaciones junto a la galleta control.....	- 15 -
Figura 4. Actividad de agua (a_w) de las galletas según la incorporación de moringa en las diferentes formulaciones junto a la formulación control.....	- 16 -
Figura 5. Atributos de color, (A) luminosidad (L^*), (B) tono (h^*) (barra vacía) y croma (C^*) (barra llena) del exterior galletas de las diferentes formulaciones según la incorporación de moringa junto a la formulación control.....	- 16 -
Figura 6. Coordenadas a^* y b^* del exterior de la galleta de las diferentes formulaciones según la incorporación de moringa junto a la formulación control.....	- 17 -
Figura 7. Diferencias de color (ΔE) de las galletas con moringa respecto a la muestra control....	- 17 -
Figura 8. Imágenes de las diferentes formulaciones de galleta.....	- 18 -
Figura 9. (A) Fuerza máxima y (B) área debajo de la curva del ensayo de compresión en las galletas de las diferentes formulaciones según la incorporación de moringa junto a la formulación control.....	- 18 -
Figura 10. (A) Fuerza máxima y (B) área debajo de la curva del ensayo de corte en las galletas de las diferentes formulaciones según la incorporación de moringa junto a la formulación control.....	- 19 -
Figura 11. % de proteínas sobre el total de galleta en las diferentes formulaciones según la incorporación de moringa junto a la formulación control.....	- 19 -
Figura 12. Perfil de aminoácidos en mg de aminoácido por 100g de galleta en las diferentes formulaciones según la incorporación de moringa (G1 Y G10) junto a la formulación control. * aminoácidos esenciales.....	- 20 -
Figura 13. Capacidad antioxidante expresada como en miliequivalentes de TROLOX por 100g en función del porcentaje de harina de trigo sustituida por moringa.....	- 21 -
Figura 14. Cantidad de fenoles totales expresada en miliequivalentes de ácido gálico por 100g de galleta en función del porcentaje de harina de trigo sustituida por moringa.....	- 21 -
Figura 15. Evaluación en escala hedónica de las formulaciones de galleta G2,5, G5 y G10 según la incorporación de moringa. *Indica diferencias significativas (p -value<0.05).....	- 22 -
Figura 16. Resultado del porcentaje de catadores del análisis sensorial con el método JAR (Just About Right) de los atributos "color externo", "dulzor", "aroma" y "dureza" de las formulaciones de galleta G2,5, G5 y G10 según la incorporación de moringa.....	- 22 -
Figura 17. Gráfico de penalizaciones de los atributos Just About Right (JAR) de las formulaciones G2,5, G5 y G10 (círculo: G2,5, triángulo: G5, cuadrado: G10; azul: color externo, verde: aroma, rojo: dureza, amarillo: dulzor; símbolos llenos: intensidad del atributo demasiado alta y símbolos vacíos: intensidad del atributo demasiado baja).....	- 23 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de macronutrientes y micronutrientes de hojas frescas y secas de <i>Moringa oleifera</i> . (Adaptada Witt, (2014)).	- 3 -
Tabla 2. Contenido en proteínas en hojas frescas y secas de <i>Moringa oleifera</i> (Dhakar et al., 2011).	- 4 -
Tabla 3. Concentraciones <i>Moringa oleifera</i> y harina de trigo en las distintas formulaciones.	- 8 -
Tabla 4. Patrones de los aminoácidos y tiempos de retención del kit (Phenomex).	- 13 -

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La moringa y sus posibilidades

La moringa es un cultivo leñoso de la familia *Moringaceae*. Dentro de esta familia se encuentra su único género, *Moringa*, formado por 13 especies donde destaca la *Moringa oleífera* (Vaknin & Mishal, 2017), estudiada en este trabajo. El porte del cultivo es arbustivo considerándose un árbol de tamaño pequeño-mediano, aunque puede llegar a alcanzar los 10 m de altura. El árbol suele ser confundido por la familia de las fabáceas o leguminosas (*Leguminosae*) por sus hojas compuestas, de composición tri-bipinada que pueden llegar a los 60 cm de longitud, con un tamaño de folíolos de 0,5 a 2 cm de longitud. Las flores hermafroditas se componen en inflorescencias racimosas (panícula) de color blanco o crema. Sus frutos se forman en vainas tricarpelares de 20 a 45 cm de longitud que contienen de 15 a 20 semillas. Durante su crecimiento son de color verde y de cuerpo carnoso, una vez maduran se secan pasando a una tonalidad marrón. Las semillas son de cuerpo carnoso, alargadas con tres secciones aladas. La gran longitud de las vainas caracteriza a este árbol, dándole el pseudónimo “drumstick tree”, debido a la semejanza de los frutos a las baquetas de un tambor (Radovich, 2011; Zhang et al., 2018). En la Figura 1 se pueden observar las diferentes partes de la moringa, (a) el árbol, (b) las flores, (c) los frutos y (d) las semillas.



Figura 1. Árbol, flores, vainas y semillas de la Moringa.

Esta planta presenta una gran adaptabilidad en climatologías adversas, adaptándose a climas tropicales o subtropicales. Las temperaturas diarias donde se favorece el correcto crecimiento de follaje y de vainas oscila entre los 25 y 30 °C. Aun soportando diferentes condiciones de temperatura se ve afectada por el frío, aguantando incluso heladas cortas y poco intensas de máximo -3 °C. Sin embargo, a partir de los 14-15 °C se reduce significativamente el crecimiento vegetativo, así como la floración y la germinación. Las altas temperaturas son menos problemáticas para este cultivo, creciendo sin problema en climas cálidos con máximas de 40 °C, donde se destaca que con poca humedad en el suelo y altas temperaturas la planta continúa creciendo sin limitaciones, aunque por encima de 48 °C la planta no prospera (Muhl et al., 2011). En cuanto a precipitaciones, tolera las sequías, pero no los excesos de humedad en campo. Es habitual su cultivo en zonas subtropicales con precipitaciones anuales de 1000 a 2000 mm, pero su rango óptimo se encuentra sobre los 1000 mm. A valores inferiores de 250 mm anuales la planta no prospera. Los árboles adultos bien implantados pueden tolerar largos periodos de sequía, pero la producción de hojas se ve gravemente afectada (Olson & Alvarado-Cárdenas, 2016). Este cultivo crece en latitudes inferiores a los 600 m desde el nivel del mar.

Desde el punto de vista edafológico, tiene una gran adaptabilidad a todo tipo de suelos, siempre y cuando no haya encharcamientos, ya que afectan negativamente al cultivo. Puede desarrollarse en suelos arcillosos, sin embargo, los suelos con mejor adaptación son los arenosos que permiten un buen drenaje (Nouman et al., 2014).

Su adaptabilidad climatológica y agronómica convierten a la moringa en un cultivo perfecto para su desarrollo en la Península Ibérica y las Islas Baleares, destacando la costa andaluza, el litoral valenciano y murciano, y otras pequeñas ubicaciones de la costa mediterránea como la cuenca del Delta del Ebro (Godino et al., 2013). Por ello, la Moringa se considera uno de los árboles idóneos para la lucha contra el cambio climático (Gedefaw, 2015).

El árbol es nativo de la India, pero su cultivo se extiende a lo largo de la zona tropical y subtropical. Sus usos se remontan al Imperio Romano y Egipto, donde se aprovechaban las semillas para la extracción de aceite el cual se utilizaba como perfume y loción corporal. En la actualidad, en occidente continúa siendo un cultivo desconocido, aunque empieza a tener popularidad por considerarse un “superalimento” (Consumer, 2020). Sin embargo, la mayor producción y consumo la encontramos en India y partes del trópico africano, siendo muy popular en el sudeste asiático, en particular Filipinas.

Los usos de este cultivo son prácticamente inagotables. Se aprovecha absolutamente todo: las hojas, los frutos, las flores, las semillas, las raíces y la madera. Además de su uso en alimentación humana y animal es considerado el “Árbol Milagro” por sus numerosas propiedades medicinales (Liu et al., 2018).

En el ámbito culinario se utilizan las hojas y las vainas en fresco para la elaboración de diferentes platos como ensaladas, sopas, bebidas y otros platos regionales. Es muy habitual el uso de las vainas en fresco, que son utilizadas de forma similar a la Okra (*Abelmoschus esculentus*) (Trigo et al., 2021). Si se quiere prolongar la conservación de las hojas se pueden deshidratar pudiéndolas utilizar posteriormente para la elaboración de infusiones. Las hojas deshidratadas también se pueden pulverizar, formando así un polvo de color verde intenso que puede usarse en caldos, como matriz en productos de pan y bollería o compactándolo en comprimidos. Las raíces pueden ser utilizadas como el rábano picante, que puede ser añadidas en recetas en fresco o ser deshidratadas para su uso en polvo. De las vainas secas se obtienen las semillas, que se pueden consumir directamente o ser añadidas en diferentes recetas, aunque su principal uso es para la obtención de aceite. El aceite es utilizado tanto para uso culinario como cosmético, así como para la lubricación de maquinaria de precisión (Gupta et al., 2018). Por otra parte las semillas pulverizadas previamente desengrasadas se emplean como potabilizadoras de agua, ya que contienen Lrhamnosyloxy-benzyl isothiocyanate, agente antibiótico (Eilert et al., 1981).

El uso de este cultivo como planta medicinal se conoce desde la antigüedad. En la medicina tradicional India (ayurveda) se le conoce como el árbol de las 300 enfermedades, haciendo referencia a las múltiples dolencias que puede sanar o prevenir (Mathur, 2005). Son varios los estudios que afirman las propiedades medicinales de la moringa, tales como reducción del dolor de cabeza, poder cicatrizante, antiinflamatorio, antiparasitario, para la lucha de tumores e incluso regula los correctos niveles de azúcar en sangre (Trigo et al., 2021).

Además de ser una planta de rápido crecimiento y con una producción muy elevada de follaje, su rico perfil en macro y micronutrientes de todas sus partes, la convierten en un cultivo idóneo para países con problemas de malnutrición (Batool et al., 2019; Radovich, 2011).

En la Tabla 1 se puede observar el contenido de nutrientes por cada 100 g de producto, tanto para las hojas frescas como deshidratadas (o polvo de moringa). Estos valores corresponden con los publicados por Witt, (2014) y calculados con los valores medios de tres bases de datos, la USDA National Nutrient Database, la Nutritive Value of Indian Foods y la FAO West African Food Composition.

Tabla 1. Composición nutricional de macronutrientes y micronutrientes de hojas frescas y secas de *Moringa oleifera*. (Adaptada Witt, (2014)).

Nutriente	Hojas frescas	Hojas secas
Cantidad por 100g de producto		
Energía (kcal)	80,7 ± 14,7	304 ± 87
Humedad (mg)	77 ± 1,5	7,4 ± 2,89
Grasas (g)	1,4 ± 0,3	6 ± 2,5
Proteínas (g)	8,1 ± 1,3	24 ± 5,8
Carbohidratos (g)	10,1 ± 2,1	36 ± 9,2
Fibra cruda (g)	1,6 ± 0,6	9 ± 7,45
Fibra total (g)	5,3 - 7,3	20,6 - 28,6
Ca (mg)	353 ± 145	1897,0 ± 748,4
P (mg)	91 ± 27	297 ± 149
Na (mg)	4 - 9	220 ± 180
K (mg)	337 - 470	1467,0 ± 636,7
Mg (mg)	26 - 151	473,0 ± 429,4
Fe (mg)	6,1 ± 4	32,5 ± 10,78
Zn (mg)	0,6 - 1,1	2,4 ± 1,12
Cu (mg)	0,11 - 0,21	0,90 ± 0,48
Thiamina o Vitamina B1 (mg)	0,23	2,6
Riboflavina o Vitamina B2 (mg)	0,73	1,29 - 20,5
Niacina o Vitamina B (mg)	2,70 ± 0,05	8,2
Vitamina B6 (mg)	1,2	2,4
Folato o Vitamina B9 (µg)	40 - 370	540
Vitamina A (µg)	918,7 ± 650,1	3639 ± 1979,8
Vitamina C (mg)	145,3 ± 85,5	172,0 ± 37,7
Vitamina E (mg)	25	56 - 113

Los valores indican un gran equilibrio tanto de macro como de micronutrientes, destacando algunos componentes por su proporción comparándolos con otros alimentos tanto de origen vegetal como animal. Principalmente destaca el contenido de micronutrientes, en particular minerales como el calcio y potasio, y vitaminas como la A (betacaroteno) y la C (ácido ascórbico) y en menos importancia, la B2 (riboflavina). Todas ellas tienen una gran capacidad antioxidante (Batool et al., 2019; Dhakar et al., 2011).

Desde el punto de vista de los macronutrientes si por algo es importante la moringa es por ser muy rica en proteínas. Según la OMS se recomienda la ingesta diaria de 0,8 a 1 g de proteínas por kg de peso corporal. Además, del total de la ingesta calórica diaria las proteínas deben abarcar entre un 10 y 13 %, del total recomendándose que la mitad o más sean de origen vegetal (Nut&Health, 2021). No solo destaca por la cantidad de proteínas, sino también por su calidad. Contiene un completo perfil de aminoácidos esenciales (Tabla 2) si se compara con la soja (*Glycine max*) (una de las mejores proteínas vegetales). Respecto a los aminoácidos no esenciales, la moringa contiene arginina e histidina, este último importante durante el crecimiento infantil (Dhakar et al., 2011).

Tabla 2. Contenido en proteínas en hojas frescas y secas de *Moringa oleifera* (Dhakar et al., 2011).

Aminoácido	Hojas frescas	Hojas secas
	Cantidad por 100g de producto	
Arginina (mg)	406,6	1325
Histidina (mg)	149,8	613
Lysina (mg)	342,4	1325
Triptófano (mg)	107	425
Fenilalanina (mg)	310,3	1388
Metionina (mg)	117,7	350
Treonina (mg)	117,7	1188
Leucina (mg)	492,2	1950
Isoleucina (mg)	299,6	825
Valina (mg)	374,5	1063

Destaca también la capacidad antioxidante de sus hojas, por su gran cantidad de fenoles y flavonoides, especialmente quercetina, kaempferol, betasosterol, ácido cafeoilquínico y zeatina (Batoool et al., 2019). Los antioxidantes ayudan a la prevención de enfermedades cardiovasculares, así como a prevenir el deterioro de los tejidos mediante el bloqueo de la formación de radicales libres.

1.2 Las galletas tradicionales en la dieta

Según el Boletín Oficial del Estado (BOE-A-1982-13243, 1982), las galletas son un producto alimentario obtenido por la mezcla de una harina de base cereal, con grasas comestibles, agua, y con adición o no de azúcares horneada para obtener un producto sólido con bajo contenido en agua. Las galletas se encuentran dentro del nicho de alimentos de confitería-pastelería, bollería y repostería (BOE-A-2010-7714, 2010).

La galleta es el producto de bollería con mayor volumen de ventas y exportaciones en referencia a este nicho. El consumo de galletas en nuestro país, según el informe anual del consumo alimentario en 2020, ha aumentado un 5,3 % en volumen con respecto al 2019, y se estima que el 1,15 % del presupuesto para la compra de alimentos en los hogares se destina a la compra de galletas. La mayoría de las galletas consumidas en el hogar son envasadas y el principal canal de distribución son los supermercados y las grandes superficies (MAPAMA, 2021). En cuanto a exportaciones, España representa la tercera potencia europea, detrás de Alemania e Italia (Agronews, 2019), estimándose que aproximadamente el 44 % del volumen producido se destina para exportación. Las galletas son consumidas principalmente para meriendas (29,7 %), desayunos familiares (21,7 %) o infantiles (15,5 %). Del total producido, solo el 18,3 % son galletas dirigidas a población muy interesada en la búsqueda de alimentos saludables (PRODULCE, 2017).

Las galletas al ser un alimento con una base de cereal son una fuente rica de carbohidratos complejos, los cuales tienen una absorción lenta en nuestro organismo. Por otra parte, la parte grasa que aporta la mantequilla o en su defecto otras grasas de origen vegetal o animal y los azúcares contribuyen, junto con los carbohidratos, al elevado contenido calórico de estos productos. El bajo contenido proteico es aportado por las harinas de cereal y en menor medida por los huevos o leche que en algunas formulaciones pueden estar presentes. El perfil de micronutrientes depende mucho del origen de la harina u otros componentes que se utilicen, pero por lo habitual no destacan por tener un perfil rico en vitaminas y minerales.

En base de la conformación de macronutrientes de las galletas, son habitualmente incluidas en las dietas como una forma sencilla y rápida de consumo de hidratos de carbono, que deben contemplar el 55 % del aporte calórico de la dieta. Sin embargo, se recomienda que estos sean

hidratos de carbono complejos, evitando el consumo de hidratos de carbono simples aportados por los azúcares (UNED, 2021).

1.3 Enriquecimiento de galletas

Se considera un alimento enriquecido aquel que por adición de nutrientes por encima de los contenidos del alimento original o por la adición de otros que no contienen siempre que satisfaga la nutrición en la alimentación (Moreno, 2008).

Es habitual la fortificación de alimentos para mejorar su perfil nutritivo, normalmente para aumentar sus propiedades saludables, por la creciente preocupación del consumidor por la salud (Diarioenfermero, 2017).

Por otra parte, los alimentos funcionales permiten obtener beneficios para la salud o reducir el riesgo de sufrir enfermedades, pero siempre y cuando satisfagan las necesidades nutricionales básicas (Ashwell, 2004).

Actualmente, hay un aumento de compra de alimentos con alto contenido proteico, especialmente por deportistas. Sin embargo, cada día se está haciendo más notoria la compra de estos productos por la mayoría de la población, entre otras cosas por la tendencia al consumo de dietas más saludables, reduciendo el consumo de grasas y aumentando el de proteínas (OCU, 2020).

Según el Reglamento CE (1924/2006) (Comisión Europea, 2006), podrá declararse un alimento como “fuente de proteínas” si estas aportan como mínimo el 12 % del valor energético del alimento, o como “alto contenido de proteínas” cuando como mínimo aporten el 20 % del valor energético del alimento.

Las galletas tradicionales no destacan por ser alimentos proteicos por lo que en algunos casos la industria intenta enriquecerlos. Sin embargo, habitualmente son enriquecidos con proteínas de origen animal, como por ejemplo las obtenidas a partir del suero de la leche, siendo un buen aprovechamiento de un subproducto que normalmente es desechado en queserías. Aun así actualmente está habiendo un aumento importante en la demanda de proteínas de origen vegetal (Fernández, 2020), un gran potencial sobre todo para el mercado vegano y vegetariano en auge por la intención de seguir dietas más saludables así como la preocupación por el medio ambiente y el sufrimiento animal (Climaterra, 2020). No obstante, esto tiene una doble cara, porque normalmente estas proteínas son obtenidas a partir de la soja, cultivo estrella de la exportación que fomenta la destrucción del Amazonas, con lo que por solucionar el problema que puede comportar la obtención de proteína a partir de fuentes animales por el alto gasto ambiental que supone mantener un animal se está contradiciendo en la obtención de proteína vegetales a partir de un alimento que fomenta el cambio climático y la destrucción de especies endémicas (Pérez, 2020). Por tanto, la industria de la galletería se enfrenta al reto de buscar otras proteínas vegetales, como por ejemplo la moringa (cambiar todas), que puedan cubrir las necesidades del mercado.

Por otra parte, en los últimos años hay un creciente interés por el consumo de alimentos ricos en antioxidantes. Estos pueden ingerirse directamente a partir de numerosos vegetales tales como el brócoli, las zanahorias, las espinacas, etcétera (Vilaplana, 2007). Además, cada vez es más frecuente encontrar productos procesados enriquecidos con antioxidantes, aunque estos suelen ser de origen artificial, regulados según el Real Decreto 145/1997 (BOE-A-1997-6156, 1997). Por ello, la incorporación de antioxidantes de origen natural en galletas podría potenciar

su funcionalidad (Del Castillo et al., 2005), junto con la posible disminución de calorías de estos alimentos (Patrignani, 2017).

En resumen, la ingesta de alimentos enriquecidos y funcionales fáciles de consumir en forma de snack o galleta están al orden del día por la preocupación de la población por mantener dietas saludables. La incorporación de *Moringa oleifera* en estos alimentos puede aportar una fortificación proteica, así como brindar una funcionalidad medicinal por su capacidad antioxidante.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es evaluar la viabilidad de la incorporación de hojas secas en polvo de *Moringa oleifera* en galletas para mejorar el perfil nutricional de las mismas, especialmente en términos de contenido de proteína vegetal y compuestos antioxidantes.

Para ello, se plantea los siguientes objetivos específicos:

- Evaluación de la influencia del contenido en polvo de moringa sobre las características tecnológicas del producto: altura, diámetro, peso, color y textura
- Análisis de la mejora en el contenido proteico y perfil de aminoácidos
- Análisis de la mejora en la capacidad antioxidante y fenoles totales
- Aceptación sensorial

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materias primas

Para la elaboración de las diferentes formulaciones s M^a Luisa e utilizó polvo de *Moringa oleifera* seca proveniente de las parcelas experimentales que se encuentran en la Universitat Politècnica de València. En estas parcelas se estudia la viabilidad del cultivo diferenciándose en el origen de las plantas y las prácticas culturales. En este caso se ha trabajado con la moringa de origen Ghana con prácticas culturales destinadas a la producción de vainas de la cosecha de septiembre de 2020.

Las hojas, con el peciolo incluido se secaron en un secador de bandejas con aire caliente a 50 °C durante 8 h (Gil et al., 2019). Una vez secas se trituraron (Thermomix, TM31, Vorwerk, Wupertal, Germany) en cuatro impulsos de 10 s cada una a máxima velocidad. El polvo se tamizó con un tamiz con un tamaño de malla de 0:100 mm y posteriormente se almacenó en botes estancos de vidrio con un recubrimiento de papel de aluminio que se guardaron en estanterías en oscuridad a temperatura ambiente.

3.2 Formulaciones y elaboración de las galletas

Se elaboraron 5 tipos de galleta variando la proporción de polvo de moringa seca que sustituía la harina de trigo. Las formulaciones fueron de 1, 2,5, 5 y 10 % (p/p) de moringa (porcentajes respecto al total de harina de trigo), y una formulación control con un 100% (p/p) de harina de trigo (0% (p/p) moringa). En la tabla 3 se muestran las formulaciones junto con la combinación de harina-polvo de moringa.

Los otros ingredientes utilizados en la elaboración de galletas fueron harina de trigo, agua, azúcar, mantequilla y levadura química en polvo, todos obtenidos en un supermercado local (Consum). El agua fue obtenida directamente de la red de suministro local.

Las cantidades (expresadas como % del total) de cada uno de estos ingredientes fueron: 54 % de harina de trigo o mezcla harina de trigo-polvo de moringa, 16 % de mantequilla, 15 % de azúcar, 14% de agua y 1 % de levadura química en polvo.

Tabla 3. Concentraciones *Moringa oleifera* y harina de trigo en las distintas formulaciones.

Formulación	% polvo moringa sobre el total de harina de trigo	% harina sobre el total de galleta
Control	0,00	54,00
G1	1,00	53,46
G2,5	2,50	52,65
G5	5,00	51,30
G10	10,00	48,60

Para la elaboración de las distintas galletas se tamizó previamente la harina y la levadura en un tamiz con un tamaño de malla de 0:100 mm para evitar la formación de grumos en la masa. Se mezcló en un bol amasador la harina de trigo y la levadura tamizada junto al polvo de moringa (excepto la Control) con la mantequilla (previamente fundida en microondas a máxima potencia durante 30 s), el azúcar y el agua. Se programó en una maquina amasadora (Kenwood, modelo KM240) el amasado durante un tiempo de 10 min a máxima potencia. Después del amasado se estiró la masa con un rodillo de madera con unos topes en los extremos para que la masa quedará con una altura de 5mm, y se dejó reposar la lámina de masa durante 5 min. Tras el

reposo se volvió a estirar con él y se cortó con un cortapastas de 42 mm de diámetro. Finalmente, las galletas se hornearon en un horno industrial (Racional AGD-86899 Landsberg a.Lech, Germany) a 180 °C durante 20 min, sin ventilación y humedad relativa del 0 %.

Las galletas se dejaron enfriar y se almacenaron en botes herméticos de plástico con un recubrimiento de papel de plata, que fueron almacenadas en un armario en oscuridad a temperatura ambiente durante 30 días.

3.3 Determinaciones analíticas

3.3.1 Altura, diámetro y peso

Para comparar el crecimiento de las galletas, así como la variación de peso antes, después del horneado y tras un período de almacenamiento de 30 días, todas las formulaciones de galletas fueron medidas en altura, diámetro y peso.

Las mediciones se hicieron con un pie de rey y una báscula con una precisión de 0,1 g.

Se hicieron 12 mediciones para cada formulación.

3.3.2 Actividad de agua

La actividad de agua (a_w) es un parámetro esencial en el análisis de alimentos. Esta indica el agua disponible o no ligada al soluto, disponible para el crecimiento de microorganismos, así como para reacciones químicas y enzimáticas durante la conservación de los alimentos.

La medida de actividad de agua se realizó en un higrómetro de punto de rocío AquaLab (Decagon Devices, Inc., model 4TE, Pullman, Washington, USA). El higrómetro se calibró con una cubeta de carbón activo previo análisis de las muestras hasta la estabilización del equipo. La precisión con la que mide es de $\pm 0,003$. Para el análisis de las muestras se pulverizó en cada análisis una galleta en mortero hasta obtener un polvo de la galleta, posteriormente en cada cubeta de plástico se pesó aproximadamente una cantidad de 2 g de polvo de galleta. Se analizaron todas las formulaciones con 3 repeticiones en cada formulación.

3.3.3 Propiedades mecánicas

Para evaluar las propiedades mecánicas de las galletas se hizo uso de un texturómetro (ANAME, Texture Analyser TA-XT2). Se llevaron a cabo dos ensayos uno de compresión y otro de corte. Para el ensayo de compresión se utilizó una sonda específica para este ensayo, un émbolo de material plástico de 2mm de diámetro (P/2 Sonda cilíndrica 2 mm de diámetro de plástico) y para el ensayo de corte una cuchilla de aluminio (A/BS Cuchilla de corte según método AIB). En ambos casos, se estableció una velocidad de avance de la sonda de $0,5\text{mm s}^{-1}$. Los resultados obtenidos se expresaron en términos de fuerza máxima aplicada (N) en la compresión o corte, distancia a la que corta o parte la galleta (mm) y el área bajo las curvas de corte o compresión (Nmm).

Para ambos ensayos se analizaron 6 galletas de cada formulación.

3.3.4 Propiedades ópticas

Para el análisis colorimétrico de las galletas se hizo uso de un espectrocolorímetro (Konica Minolta, Inc. Modelo CM – 3600d, Tokio, Japón). Este equipo permite obtener las coordenadas CIE $L^*a^*b^*$, sistema cartesiano de 3 dimensiones, utilizando el iluminante D65 y observador 10° . La coordenada L^* indica el primer atributo de color, la luminosidad, medida en una escala de 0

a 100, siendo el 0 la ausencia de luminosidad, es decir, el negro y siendo el 100 el máximo parámetro luminoso, el color blanco. Los parámetros a^* y b^* indican las coordenadas en la esfera de color, donde la a^* varía entre el rojo en los valores positivos y el verde en los valores negativos, así como la b^* varía entre el amarillo en los valores positivos y el azul en los negativos. A partir de estas coordenadas pueden obtenerse los otros dos atributos de color, el croma o saturación (C^*) que indica la intensidad del color obtenido y el tono (h^*) que indica el color del elemento (Talens, 2017). Las ecuaciones 1 y 2 muestran el cálculo del croma y del tono respectivamente:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$h^* = \arctan \frac{b^*}{a^*} \quad (2)$$

La diferencia de color (ΔE^*) de las diferentes formulaciones respecto a la formulación Control se calculó según la ecuación 3:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad (3)$$

La medición del color en las galletas se hizo de la cara superior de las galletas. Se analizaron 12 repeticiones de cada formulación.

3.3.5 Capacidad antioxidante total y fenoles totales

Capacidad antioxidante total

La actividad antioxidante total se realizó por el método de captación del radical libre 2,2-difenil-1-picrilidrazilo (DPPH), método descrito por Brand-Williams et al. (1995) con algunas modificaciones. El principio de este método instrumental es la reacción de los antioxidantes con el 2,2-difenil-1-picridrazilo. Este compuesto tiene un característico color cuya intensidad disminuye en presencia de un antioxidante. El análisis se llevó a cabo en un espectrofotómetro (Thermo Fisher Scientific, Inc. Helios Zeta UV-VIS, Waltham, MA, EE. UU.) midiendo la absorbancia a una longitud de onda de 515 nm.

El primer paso fue tomar una cantidad de 0,5 g de muestra de cada formulación que se diluyeron en 5 mL de metanol 80:20 (80:20, metanol:agua) y se dejó en agitación durante 1 h a 300 rpm. Pasado el tiempo de dilución se pasó la parte acuosa de las muestras a tubos de microcentrifuga ("Eppendorf") y se centrifugaron en un vórtex (Medifriger BL-S, P-Selecta) durante 10 minutos a 10000 rpm. Se tomó una alícuota del sobrenadante de 0,2 mL y se añadió directamente a una cubeta de espectrofotometría con una capacidad de 4 mL que contenía una mezcla de 2,75 mL de metanol 80:20 y 0,75 mL de una disolución metanólica (80:20) de DPPH en una concentración de 0,0125 mg mL⁻¹. Introducida la alícuota se agitó y se midió la absorbancia pasados 30 min. Todas las formulaciones se analizaron por triplicado.

La capacidad antioxidante se calculó como el porcentaje de reducción del DPPH (%) según la ecuación 4:

$$\text{Capacidad antioxidante (\%)} = \left(\frac{A_{\text{control}} - A_{\text{muestra}}}{A_{\text{control}}} \right) * 100 \quad (4)$$

Donde A_{control} es la medida de la absorbancia antes de la introducción de la alícuota de disolución de galleta y A_{muestra} es la absorbancia medida después de 30 minutos de la

introducción de alícuota. Los resultados se expresaron como equivalentes de Trolox por 100 g de galleta, habiendo hecho previamente una recta de calibración con una disolución de *Trolox* (6-hidroxi-2, 5, 7, 8-tetrametilcorman-2-carboxílico).

Fenoles totales (TPC)

Para la caracterización del contenido total de fenoles en las distintas muestras se utilizó el método de Folin-Ciocalteu modificado Sakanaka et al. (2005). Este método colorimétrico tiene como principio la reacción de los compuestos fenólicos con el reactivo de Folin-Ciocalteu, dando lugar a una coloración azul (García Martínez et al., 2015) que fue analizada por espectrofotometría a una longitud de onda de 760 nm.

Inicialmente se pesaron 0,5 g de muestra de cada formulación que se diluyeron en 5 mL de metanol 80:20 durante 1 h en agitación continua a 300 rpm. La suspensión se colocó en tubos de centrifuga y se centrifugó en un vórtex (Medifriger BL-S, P-Selecta) durante 10 min a 10000 rpm. Posteriormente en una cubeta de espectrofotometría se añadieron 0,125 mL del sobrenadante junto a 0,125 mL del reactivo Folin-Ciocalteu y 0,5 mL de agua destilada, dejando reposar en oscuridad y temperatura ambiente durante 6 min. Pasados los 6 min se añadió 1,25 mL de una disolución de carbonato sódico con concentración del 7 % en agua y 1 mL de agua destilada y se dejó reposar durante 90 min en oscuridad y temperatura ambiente.

Finalmente, y transcurrido el tiempo de reposo se midió con un espectrofotómetro (Thermo Fisher Scientific, Inc. Helios Zeta UV-VIS, Waltham, MA, EE. UU.) a una longitud de onda de 760 nm. Los resultados se expresaron como mg de ácido gálico equivalentes por 100 g de muestra seca.

3.3.6 Contenido en proteínas y perfil de aminoácidos

Contenido en proteínas

El contenido total de proteínas presente en las muestras se analizó por el método Kjeldahl. Este método mide el contenido en nitrógeno de una muestra, que posteriormente se multiplica por un factor de conversión para pasar el valor de equivalentes de nitrógeno a porcentaje proteico presente en la muestra. El factor de conversión varía según alimentos, en este caso se ha elegido el valor estándar de 6,25 al ser un alimento formado por diferentes ingredientes (García-Martínez & Fernández-Segovia, 2012)

El método consta de tres fases, una digestión, una destilación y finalmente una valoración.

Primero se pesó 1g de muestra y se colocó en tubos de ensayo Kjeldahl los cuales tenían 3 g de catalizador (K_2SO_4 : $CuSO_4$:Se - 10:1:0,1), a los que se les añadió 5 mL de H_2O_4 al 35% y 10 mL de H_2SO_4 concentrado, en ese orden. Posteriormente se puso a digerir a 420°C durante 20 min. Las muestras se dejaron enfriar.

Cuando las muestras estaban frías se les añadió 50mL de agua destilada y se puso cada muestra en el destilador automático (UDK, 129. VELP, SCIENTIFICA), programándose 4 minutos de destilación. El destilador aporta un exceso de hidróxido de sódico 10N que alcaliniza el medio y condensa el amoníaco derivado en los Erlenmeyer con el exceso de ácido bórico al 4% p/v.

Finalmente se realizó una valoración sobre los Erlenmeyer con ácido sulfúrico 0,12N utilizando el indicador mixto Rojo de Metilo-Verde de Bromocresol.

Los resultados obtenidos se transformaron a % proteico con el factor de conversión anteriormente mencionado. Se analizaron todas las formulaciones por triplicado y también muestras de moringa pura por duplicado.

Perfil de aminoácidos

La cantidad y los aminoácidos presentes en la muestra se realizó por cromatografía de gases. Las muestras se analizaron por triplicado.

Previo ensayo se realizó una hidrólisis ácida del polvo de galleta según la propuesta del Reglamento de la Comisión (CE) No.152/2009, con ciertas modificaciones (García-Martínez & Fernández-Segovia, 2012). Se pesó una cantidad de 0,1 g de cada muestra (Control, G1 y G10) en tubos de ensayo de pyrex con tapón de rosca y se añadió 1 mL de ácido clorhídrico 6N. Los tubos se colocaron en una gradilla que fue sumergida en un baño de inmersión termorregulado (PRECISDIG, Selecta Master) a una temperatura de 100 °C durante 1 h. Esta hidrólisis se realizó con los tapones puestos en los tubos de ensayo, pero sin enroscar, evitando así que se cree el vacío que podría romper los tubos. Posterior se introdujeron las muestras en una estufa a 110 °C durante 23 h. Finalizada la hidrólisis se dejaron enfriar las muestras durante un tiempo aproximado de 45 min a temperatura ambiente. Teniendo las muestras frías, se añadió 1 mL de ácido clorhídrico 0,1N: etanol (1:1, v:v) y se filtraron con un filtro de jeringuilla PTFE con un tamaño de malla de 0,45 µm. El sobrenadante obtenido se derivatizó con el método propuesto por el kit utilizado (EZ:Faast Análisis de Aminoácidos por CG-FID (Phenomenex)).

Finalizada la derivatización se extrajeron las muestras en 0,1 mL de isooctano y se analizaron en modo de ionización electrónica a 70 eV utilizando un GC-FID Agilent 7820A acoplado a un instrumento MSD 5973 (Agilent, Palo 8 Alto, CA). Se inyectó una disolución de aminoácidos derivatizada (1 µL) a 250 °C en modo dividido 1:15 en una columna capilar Zebron ZB-AAA de 1,5 mL de 10 m x 0,25 mm x 0,25 mm (composición del film 50 % fenil 50 % dimetilpolisiloxano) (Phenomenex, Cheshire, UK). La temperatura del horno se inició con 110 °C con un aumento de 32°C min⁻¹ hasta alcanzar los 320 °C y luego se mantuvo por 2 min. La línea de transferencia se mantuvo a 320 °C y el gas portador fue Helio a un caudal constante de 1,5 mL min⁻¹. La fuente de iones se mantuvo a 320 °C. Los aminoácidos contenidos en la disolución estándar (200 mmol L⁻¹ cada una) se derivatizaron en diferentes diluciones (10 – 150 µmol L⁻¹) y se trazaron curvas de calibración para cada aminoácido. Se utilizó norvalina (100 µL (0,2 mmol L⁻¹)) como estándar interno (Etchevers et al., 2021; Peinado et al., 2016).

Finalmente, para la cualificación y cuantificación de los aminoácidos presentes en las diferentes muestras se compararon los tiempos de retención de los patrones que incluía el mismo kit. En la Tabla 4 se observan los diferentes patrones de aminoácidos y sus tiempos de retención.

Tabla 4. Patrones de los aminoácidos y tiempos de retención del kit (Phenomex).

Patrón	Abreviatura	Tiempo de retención (min)
Interno	Internal	1,876
Alanine	ALA	1,46
Sarcosine	SAR	1,519
Glycine	GLY	1,562
α -Aminobutyric acid	ABA	1,661
Valine*	VAL	1,754
β -Aminoisobutyric acid	β AIB	1,829
Leucine*	LEU	1,956
allo-Isoleucine	alILE	1,983
Isoleucine*	ILE	2,012
Threonine*	THR	2,215
Serine	SER	2,256
Proline	PRO	2,324
Asparagine	ASN	2,414
Aspartic acid	ASP	2,935
Methionine*	MET	2,967
Hydroxiprolina	HYP	3,099
Glutamic acid	GLU	3,276
Phenylalanine*	PHE	3,307
α -Aminoadipic acid	AAA	3,568
Ornithine	ORN	4,263
Lysine*	LYS	4,511
Tyrosine	TYR	4,958
Tryptophan*	TRP	5,242

3.4 Análisis sensorial

Para el análisis sensorial se realizó una cata con tres formulaciones de galletas G2,5, G5 y G10. Debido a las restricciones como consecuencia de la pandemia de COVID, la sesión de cata no pudo realizarse en las instalaciones de la UPV, por lo que se repartieron las muestras junto con los cuestionarios, a 25 personas seleccionadas al azar intentando que hubiera un amplio perfil tanto de edad como de género. Cada catador hizo la prueba en su casa y posteriormente remitió los resultados. En el Anexo se adjunta el cuestionario utilizado para realizar el análisis sensorial.

Las evaluaciones sensoriales se basaron en la calificación de las muestras según una escala hedónica y una escala de punto óptimo. Para la escala hedónica de 9 puntos a partir de la normativa europea (ISO 4121:2003), considerando distintos niveles desde “me disgusta mucho” hasta “me gusta mucho”. En este ensayo se analizaron los siguientes atributos: aspecto, color, aroma y rujencia al partirla; crujencia en boca, masticabilidad, dulzor y sabor. Para el análisis de escala de punto óptimo o test “Just About Right” (JAR) se tomaron en cuenta 4 atributos: color externo, aroma, dureza y el dulzor. Este análisis se realizó para identificar si las galletas estaban en el punto ideal, o si les faltaba o sobraba intensidad del atributo evaluado. Además, se realizó un análisis de penalizaciones con el objetivo de conocer si un atributo situado por encima o debajo del JAR, ha penalizado en la puntuación de la aceptación global (Fernández et al., 2018).

3.5 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó programa Statgraphics Centurion actualizado en la versión XVIII. Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA). Para determinar las diferencias significativas entre las muestras se utilizó el Test Turkey de LS D (Least Significant Difference) a un nivel de significancia del 95%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variación de altura, diámetro y peso

En la Figura 2 se representa la variación de altura (A) durante el horneado, así como la variación del diámetro (B) de las diferentes formulaciones de galletas con incorporación de moringa, así como la formulación control. Los resultados ponen de manifiesto que entre las galletas con moringa no hubo diferencias significativas en la variación de altura. Sin embargo, sí que el aumento de altura fue significativamente inferior al registrado en la muestra control como también se observó en otros estudios con galletas enriquecidas en moringa (Hedhili et al., 2021). En el caso del diámetro de las galletas se observó el mismo comportamiento que sería consecuencia de la falta de expansión de la masa durante el horneado por el reemplazo de harina de trigo y, por tanto de gluten, por polvo de moringa, como fue también observado en un estudio previo realizado en magdalenas con polvo de moringa (Chinchilla et al., 2020). Además, la concentración de aminoácidos y el contenido en proteínas está relacionado con la capacidad de retener gas que puede atrapar la masa durante el horneado (Chinchilla et al., 2020), lo que justificaría que las formulaciones con una mayor cantidad de moringa tengan un menor crecimiento en la altura durante el horneado en comparación con la muestra control.

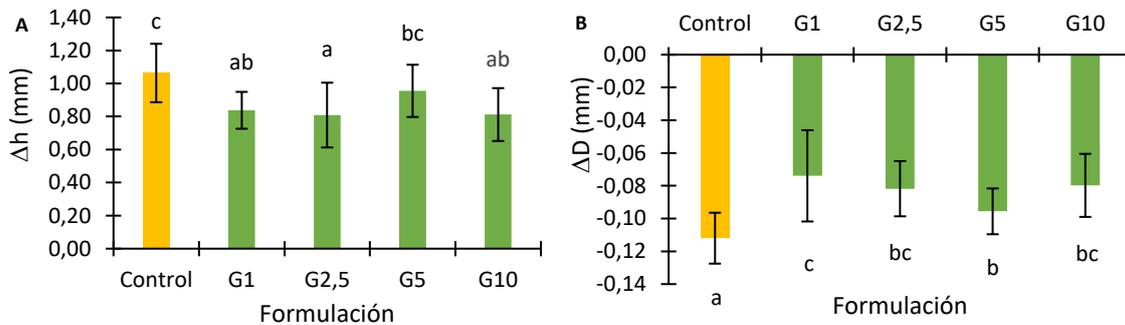


Figura 2. (A) Variación de la altura de las galletas (Δh) y (B) del diámetro (ΔD) según la incorporación de moringa en las diferentes formulaciones junto a la galleta control.

En la Figura 3 se representa la variación del peso de la galleta después del horneado. Los resultados indican que no hubo diferencias significativas en la pérdida de peso debido a la evaporación del agua entre la muestra control y las galletas con moringa. En todas las muestras hubo una pérdida de peso entono al 20 %.

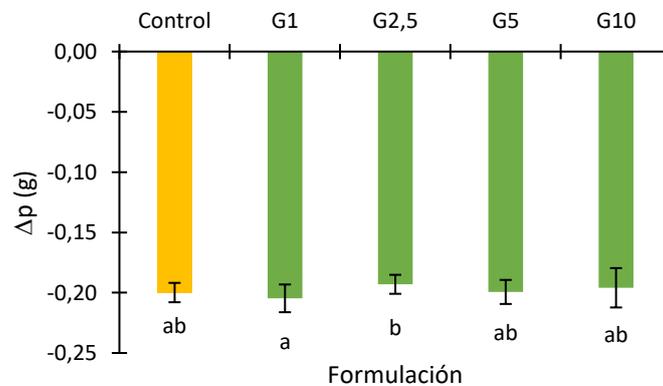


Figura 3. Variación del peso de las galletas (Δp) según la incorporación de moringa en las diferentes formulaciones junto a la galleta control.

4.2 Actividad de agua

La Figura 4 presenta los valores de actividad de agua (a_w) de las diferentes formulaciones de galletas que se establecieron entre 0,45 y 0,5. El reemplazo del 1% de harina de trigo por polvo de hoja de moringa redujo significativamente la a_w , pero niveles superiores de moringa aumentaron la misma de forma proporcional a la concentración considerada. No obstante, las galletas con un 2,5% de moringa no mostraron diferencias significativas de a_w con la muestra control, lo que supondría condiciones de envasado similares en ambos casos.

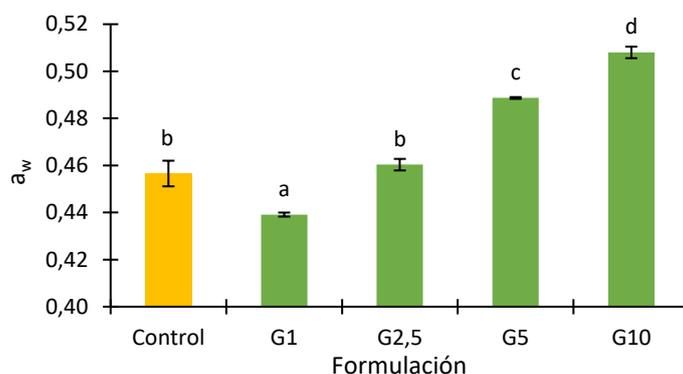


Figura 4. Actividad de agua (a_w) de las galletas según la incorporación de moringa en las diferentes formulaciones junto a la formulación control.

4.3 Color

En la Figura 5 se muestran la luminosidad (L^*), la pureza de color (C^*) y el tono (h^*) de las galletas estudiadas. La incorporación de moringa disminuyó significativamente L^* de las galletas con moringa proporcionalmente a su cantidad, mientras que tanto el h^* como el C^* les sucedió lo contrario, aunque de forma menos pronunciada.

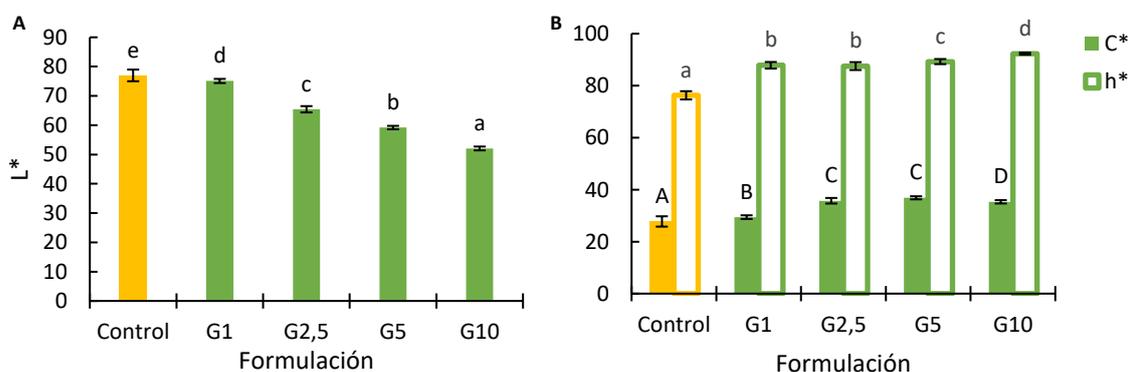


Figura 5. Atributos de color, (A) luminosidad (L^*), (B) tono (h^*) (barra vacía) y croma (C^*) (barra llena) del exterior galletas de las diferentes formulaciones según la incorporación de moringa junto a la formulación control.

Por otra parte, la representación en el diagrama cromático de las coordenadas a^* y b^* que se muestra en la Figura 6 se puede observar que, a mayor proporción de moringa en la galleta, mayor disminución se registró en la coordenada a^* , llegando incluso al cuarto cuadrante al tener valor negativo para la concentración del 10 % de moringa. En cuanto a la coordenada b^* fue mayor en presencia de moringa, pero a niveles del 2,5, 5 y 10% se mantuvo en un valor próximo a 35.

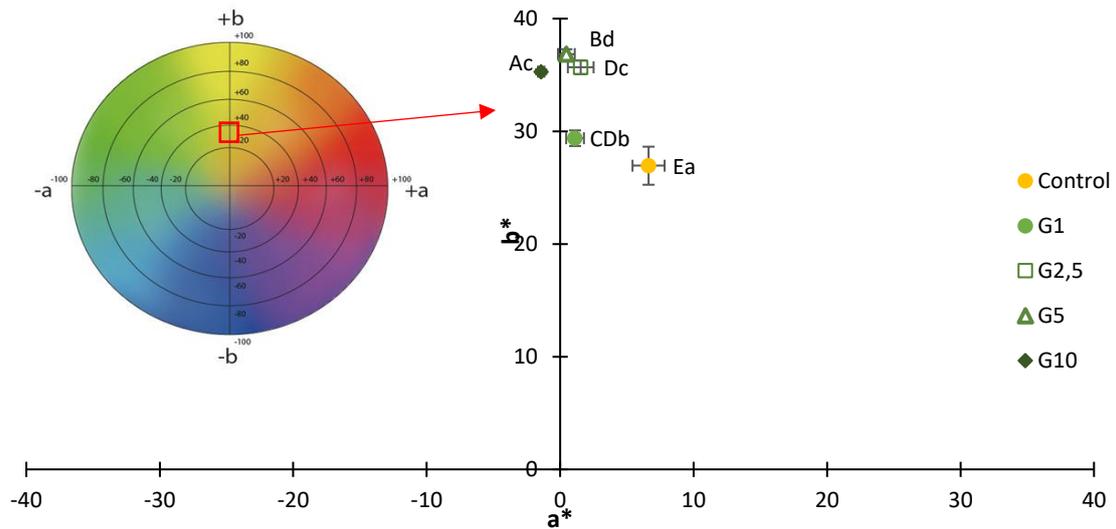


Figura 6. Coordenadas a^* y b^* del exterior de la galleta de las diferentes formulaciones según la incorporación de moringa junto a la formulación control.

Los resultados obtenidos de las coordenadas cromáticas del espacio de color CIE $L^*a^*b^*$ son coherentes con el color verdoso observado en las galletas con moringa, es rica en pigmentos naturales entre los que se encuentran los carotenoides como la luteína, α caroteno, β -caroteno y xantina, y en mayor cantidad la clorofila a y clorofila b (Abdalla, 2013). Resultados similares fueron registrados en un trabajo previo realizado en magdalenas con moringa (Chinchilla et al., 2020). Por otra parte, Hedhili et al., (2021) en galletas con 10, 20 y 30 % de hojas de moringa seca también registraron un descenso de la L^* , a^* , aunque en su caso hubo un aumento de la coordenada b^* .

En coherencia con los resultados anteriores, las diferencias de color de la galleta control respecto a su promedio, así como las diferencias de las galletas con moringa respecto a la galleta control (Figura 7), fueron mayores a medida que el porcentaje de moringa era superior. Valores de diferencia de color por debajo de 5 unidades hacen que sea poco perceptible el cambio de color para el ojo humano (Talens, 2018). Como era de prever, los cambios de color en la galleta control respecto a la media fueron inferiores a 5 lo que corrobora la similitud en el color de estas muestras, pero la diferencia de color llegó a casi 30 unidades para la galleta G10.

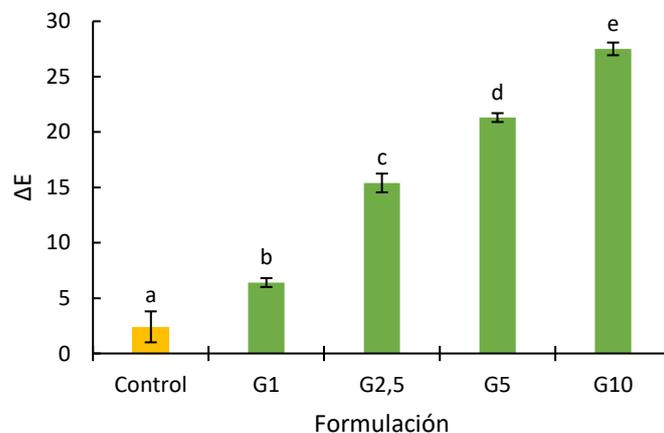


Figura 7. Diferencias de color (ΔE) de las galletas con moringa respecto a la muestra control.

Para evidenciar mejor los resultados de color, en la Figura 8 se muestra una imagen de cada formulación de galleta con los diferentes porcentajes de moringa, así como de la muestra control.

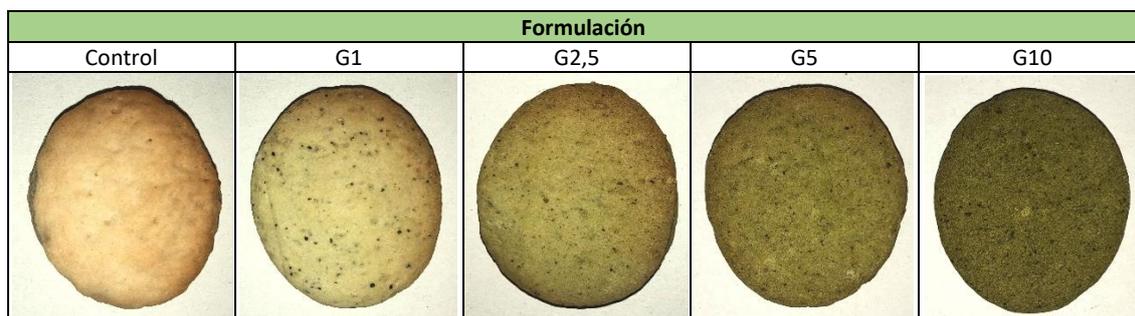


Figura 8. Imágenes de las diferentes formulaciones de galleta

4.4 Propiedades mecánicas

En la Figura 8 se muestran los valores obtenidos por el ensayo de compresión en las diferentes formulaciones. Los resultados de fuerza máxima mostraron un descenso significativo en las galletas con 1 % y 10 % de moringa respecto a la galleta control, mientras que las galletas con 2.5% y 5% de moringa fueron similares a la galleta control, lo que no permite establecer una relación clara del efecto de la moringa en este parámetro. Por otra parte, en el parámetro del área bajo la curva de este ensayo, no se detectaron diferencias significativas.

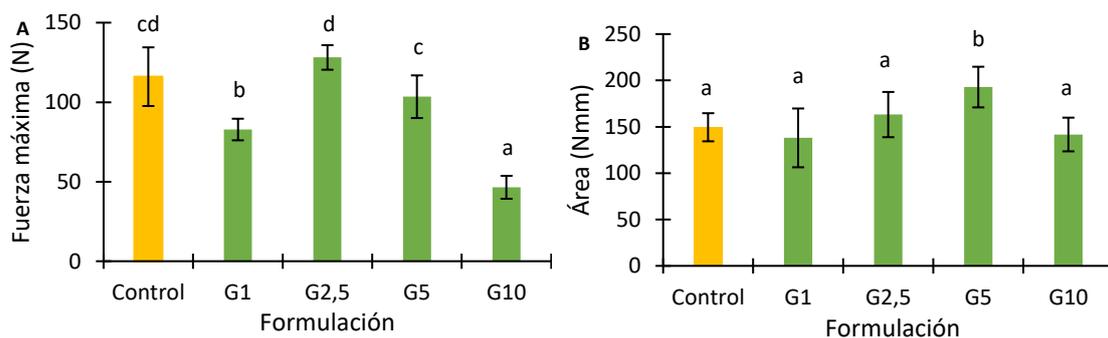


Figura 9. (A) Fuerza máxima y (B) área debajo de la curva del ensayo de compresión en las galletas de las diferentes formulaciones según la incorporación de moringa junto a la formulación control.

Respecto a los resultados obtenidos del ensayo de corte (Figura 9), aunque también hubo una variabilidad muy elevada, las formulaciones G2,5, G5 y G10 presentaron un aumento significativo de la fuerza de ruptura respecto a la muestra control siguiendo la misma tendencia observada en por Hedhili et al., (2021), indicando que a medida que se aumenta la concentración de moringa, las galletas tienen una mayor dureza. En cuanto el área debajo de la curva, comentar que en este ensayo sí que hubo un aumento significativo respecto al control para las galletas con 2,5 y 5 % de moringa, mientras que en las que contenían un 1 % se registró un descenso, lo que condicionaría su resistencia al trabajo de flujo.

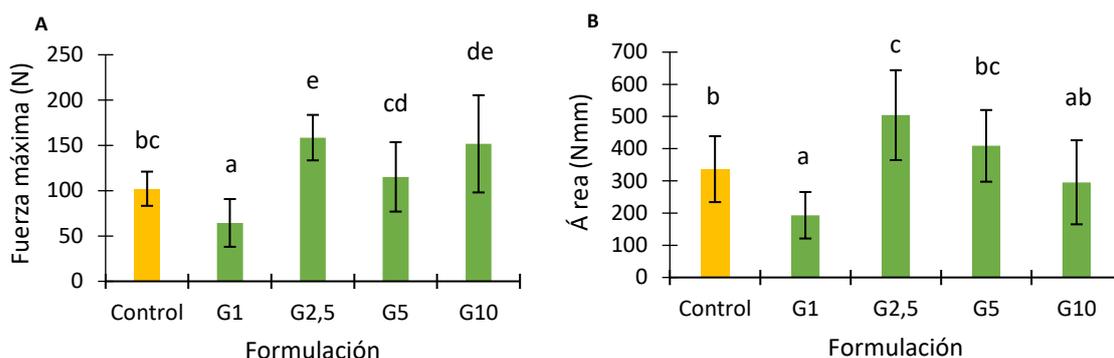


Figura 10. (A) Fuerza máxima y (B) área debajo de la curva del ensayo de corte en las galletas de las diferentes formulaciones según la incorporación de moringa junto a la formulación control.

4.5 Proteínas y perfil de aminoácidos

En la Figura 10 se presenta el porcentaje de proteínas de las diferentes galletas estudiadas dado el elevado contenido de este macronutriente en la moringa, como se ha comentado en la introducción (Witt, 2014), obteniendo un valor de $31,2 \pm 0,3$ % de proteína en el polvo de moringa de hoja seca utilizado en el presente trabajo. A diferencia de lo observado en otros estudios de magdalenas o galletas en los que el contenido proteico fue mayor cuanto mayor era la cantidad de moringa (Chinchilla et al., 2020; Hedhili et al., 2021), en este caso, no se registraron diferencias significativas entre los porcentajes de moringa utilizados, alcanzando en todos los casos una media de $9,4 \pm 0,2$ g proteína/100 g, aunque sí que hubo un aumento de proteínas respecto a la galleta control ($7,58 \pm 0,99$ g proteína/100 g). En base a estos resultados, estas galletas no podrían etiquetarse como “fuente de proteínas” de acuerdo al REGLAMENTO nº 1924/2006 (Comisión Europea, 2006) ya que el contenido calórico aportado por las proteínas no llega al 12 %, sino que aportan un 8 % para formulación G10. Para poder alcanzar este objetivo, se tendría que haber incorporado un 40 % de moringa respecto a la mezcla harina de trigo-polvo de moringa, o lo que es lo mismo, un 21,5 % de polvo de moringa respecto al total de la masa de galleta.

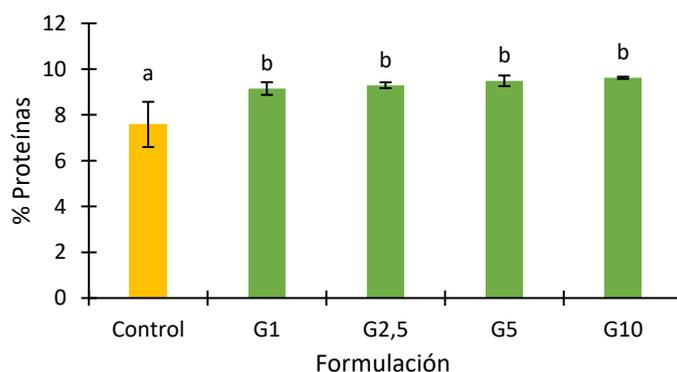


Figura 11. % de proteínas sobre el total de galleta en las diferentes formulaciones según la incorporación de moringa junto a la formulación control.

En cuanto al perfil de aminoácidos aportados por el polvo de las hojas secas de moringa utilizadas en este trabajo, en un estudio previo en el que se utilizó la misma metodología para la determinación de aminoácidos, se vio era muy rico en serina (373 ± 79 mg/100 g), ácido glutámico (301 ± 51 mg/100 g) y alanina (248 ± 9) y en menor medida en treonina (25 ± 13 mg/100 g), la asparagina (22 ± 13 mg/100 g) y la metionina (17 ± 2 mg/100 g) (Etchevers et al., 2021). Por otra parte, en otros trabajos realizados en moringa deshidratada de Grecia se obtuvieron altos

valores para el ácido glutámico (268 mg/100g hoja), la metionina (221 mg/100g hoja) y la leucina (211 mg/100g hoja) (Lalas et al., 2017). En otro estudio realizado en hoja seca los aminoácidos mayoritarios fueron la alanina (3,033%), el ácido glutámico (2,53%), la tirosina (2,65%), la arginina (1,78%) y la lisina (1,637%) (Moyo et al., 2011). Por tanto, dependiendo del tipo de moringa considerado, su lugar de procedencia, así como de la técnica analítica utilizada, el contenido de aminoácidos varía.

A continuación, en la Figura 12 se muestran los resultados del perfil de los aminoácidos obtenidos en las galletas control, G1 y G10. Como puede observarse, hubo un aumento muy significativo de serina (SER), ácido aspártico (ASP), ácido glutámico (GLU) y ácido α -aminoadípico (AAA) en las galletas con moringa respecto a la muestra control, aunque estos aminoácidos estaban presentes en la misma. La metionina (MET*), la hidroxiprolina (HYP) y la asparagina (ASN), sólo se registraron en las galletas con moringa y en mucha menor proporción a los aminoácidos anteriores. En general, existe coherencia con los resultados reportados en la moringa deshidratada utilizada en este trabajo y descritos anteriormente (Etchevers et al., 2021) a excepción de la carencia de alanina (ALA) en las galletas a pesar de haber sido registrada en la moringa deshidratada. Esto podría ser consecuencia de la posible degradación que habría sufrido este aminoácido durante la etapa de horneado de las galletas, aunque de acuerdo a los estudios realizados por Yablokov et al. (2009), la degradación de la alanina sucedería a partir de 241 °C, temperatura muy superior a los 180 °C empleados en la elaboración del producto.

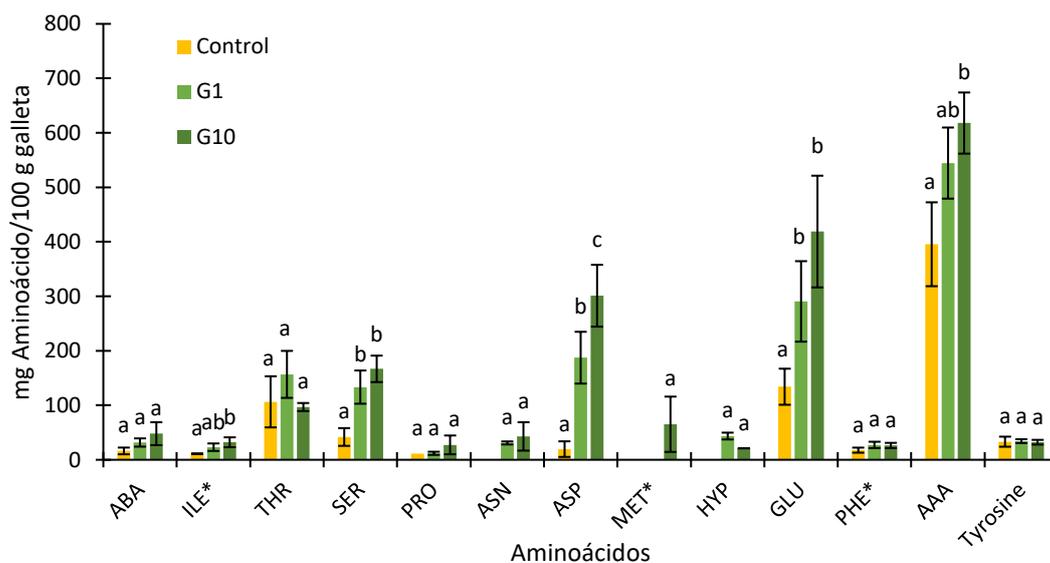


Figura 12. Perfil de aminoácidos en mg de aminoácido por 100g de galleta en las diferentes formulaciones según la incorporación de moringa (G1 Y G10) junto a la formulación control. * aminoácidos esenciales

4.6 Capacidad antioxidante total y fenoles totales

En la Figura 13 se muestra la capacidad antioxidante de las galletas estudiadas expresada en miliequivalentes de TROLOX por 100 g de galleta utilizando el método del DPPH descrito en materiales y métodos. Como puede verse, se registró un aumento lineal de la capacidad antioxidante con el porcentaje de moringa incorporado a la galleta, evidenciando la persistencia de esta actividad a pesar de haber sufrido un tratamiento térmico muy intenso durante el horneado siguiendo un comportamiento similar al reportado en un trabajo realizado en magdalenas con polvo de moringa (Chinchilla et al., 2020).

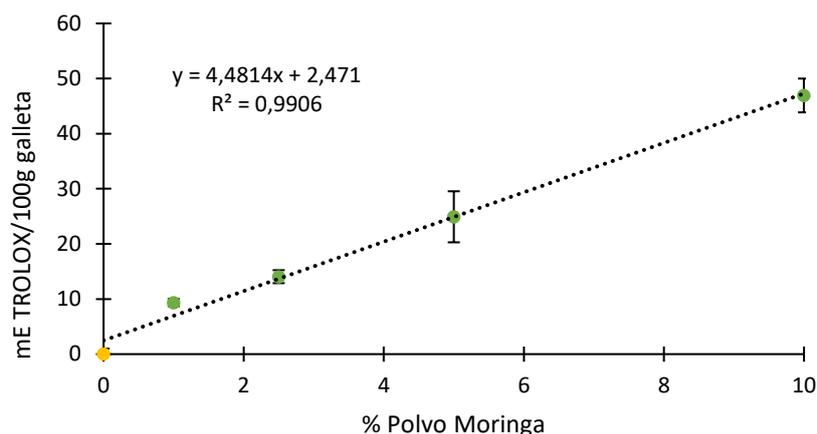


Figura 13. Capacidad antioxidante expresada como en miliequivalentes de TROLOX por 100g en función del porcentaje de harina de trigo sustituida por moringa.

Por otra parte, en la Figura 14 se representa la evolución, también lineal, del contenido de fenoles totales en las galletas estudiadas, de nuevo indicando que estos compuestos son resistentes al tratamiento térmico aplicado en la preparación de las galletas.

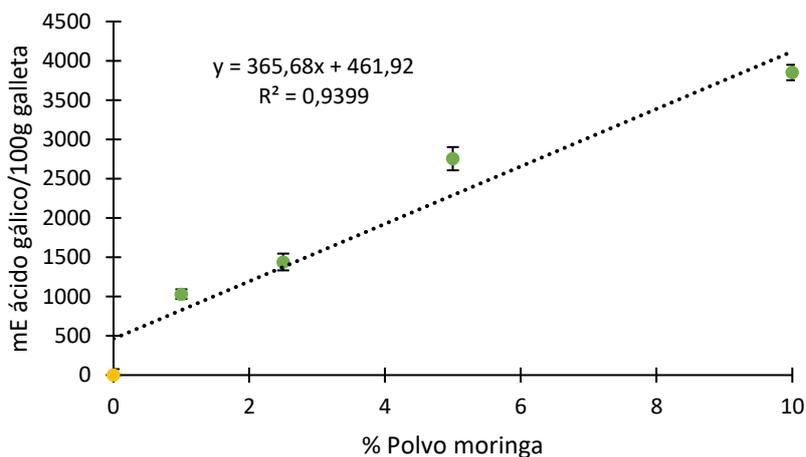


Figura 14. Cantidad de fenoles totales expresada en miliequivalentes de ácido gálico por 100g de galleta en función del porcentaje de harina de trigo sustituida por moringa.

4.7 Sensorial

Para conocer la opinión de los consumidores respecto a las galletas elaboradas con polvo de hoja de moringa, se realizó un análisis sensorial de las muestras G2,5, G5 y G10. No se consideraron todas las galletas estudiadas para evitar la "fatiga" de los panelistas y no condicionarlos por el color de la galleta sin moringa. Los resultados de la escala hedónica de este análisis se muestran en la Figura 15, donde puede apreciarse que la puntuación de todos los atributos fue inferior a 7 puntos. Además, a mayor porcentaje de moringa, peor puntuación se registró en los atributos estudiados, especialmente en términos de aspecto, sabor y dulzor.

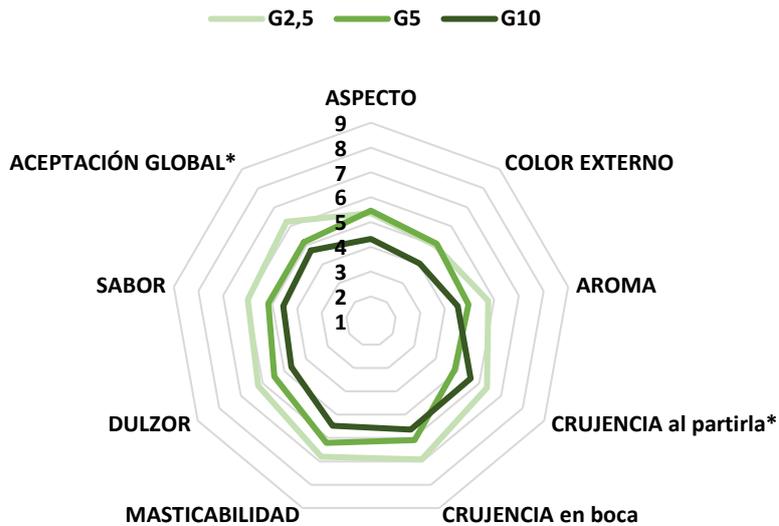


Figura 15. Evaluación en escala hedónica de las formulaciones de galleta G2,5, G5 y G10 según la incorporación de moringa. *Indica diferencias significativas (p-value<0.05)

Además, para saber si los consumidores preferirían mayor o menor intensidad de los atributos evaluados, se les realizaron preguntas en una escala de punto óptimo y los resultados (Figura 16). En general, tanto el color, como el aroma y la dureza de las galletas fueron percibidos como demasiado intensos con el aumento de moringa en la formulación, mientras en el nivel de dulzor sucedió lo contrario sin diferenciar las galletas G5 y G10. No obstante, tanto el color como el aroma fueron percibidos por algunos panelistas como demasiados bajos en mayor proporción que los panelistas que los consideraron demasiados altos para las galletas G5. En este sentido, la concentración intermedia de moringa generó una variedad muy dispersa de la valoración de estos atributos.

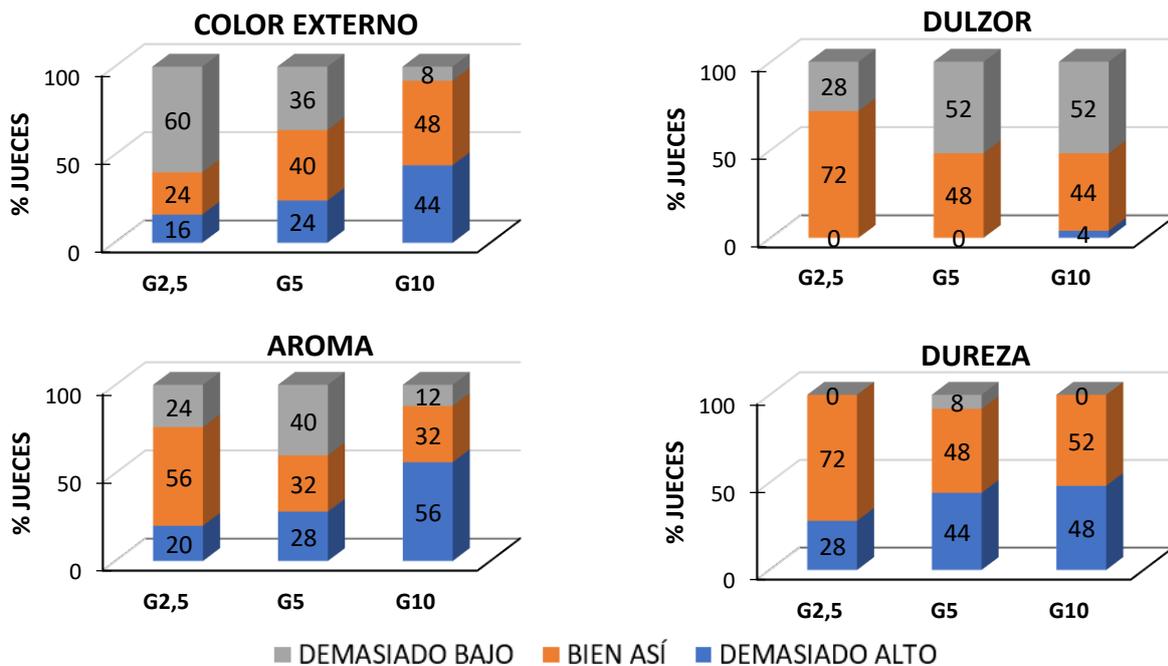


Figura 16. Resultado del porcentaje de catadores del análisis sensorial con el método JAR (Just About Right) de los atributos "color externo", "dulzor", "aroma" y "dureza" de las formulaciones de galleta G2,5, G5 y G10 según la incorporación de moringa.

Por último, con el fin de seleccionar los atributos sobre los que habría que realizar las modificaciones oportunas para mejorar la aceptación global de estas galletas, se realizó un estudio de penalizaciones (Fernández-Segovia et al., 2018) (Figura 17). En él, se verificó que para las tres formulaciones de galletas habría que reducir la dureza y aumentar la intensidad de dulzor, ya que más del 20% de panelistas manifestaron una penalización superior a 1 para estos atributos. En el caso del aroma, debería aumentarse la intensidad en la galleta G2,5 y reducirse en la G10. Sin embargo, a pesar de que a priori podría haberse pensado que el color hubiera afectado de forma importante a la aceptación global, sólo se observó una penalización en el caso de la galleta con un porcentaje intermedio de moringa, por ser demasiado intenso. Por tanto, este resultado no sería concluyente.

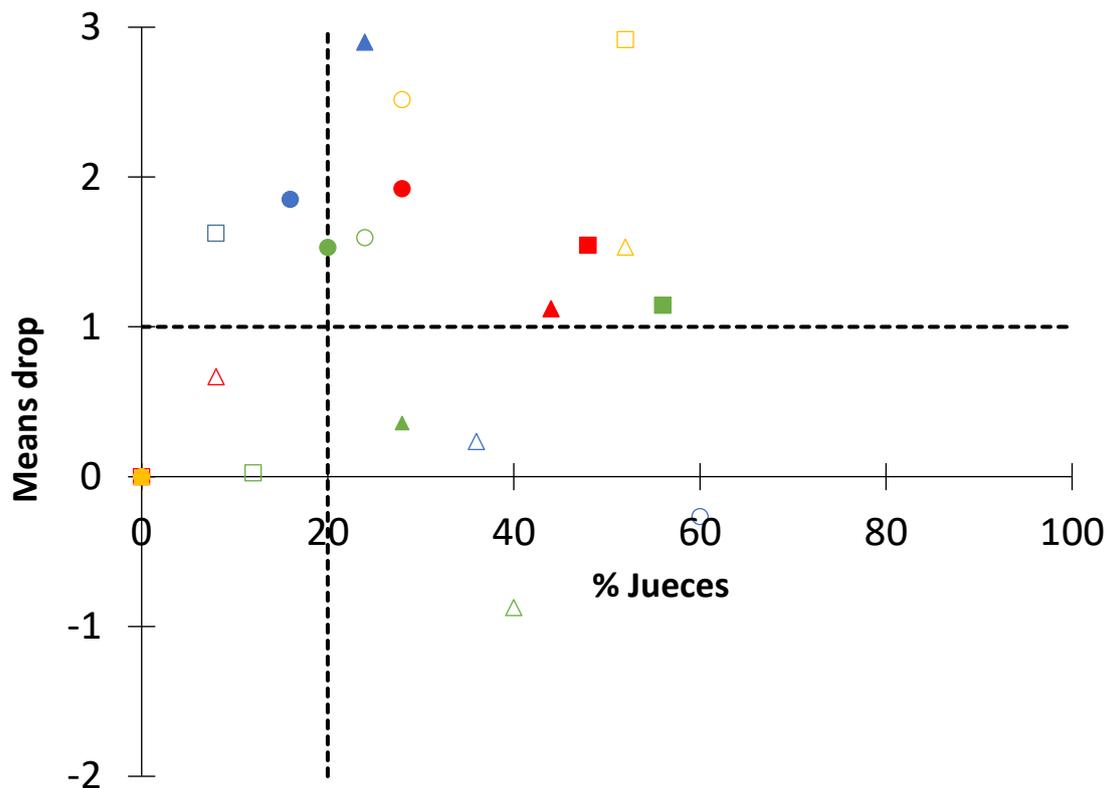


Figura 17. Gráfico de penalizaciones de los atributos Just About Right (JAR) de las formulaciones G2,5, G5 y G10 (círculo: G2,5, triángulo: G5, cuadrado: G10; azul: color externo, verde: aroma, rojo: dureza, amarillo: dulzor; símbolos llenos: intensidad del atributo demasiado alta y símbolos vacíos: intensidad del atributo demasiado baja)

5. CONCLUSIONES

- Las galletas con moringa presentaron menor altura y diámetro que las galletas control, pero sin diferencias por la concentración empleada. Esto estaría relacionado también con las diferencias observadas en el análisis de textura donde las galletas con moringa presentaron valores de resistencia al corte más alto por estar más compactadas.
- El análisis de las propiedades ópticas evidenció la ganancia en tonalidades verdes de las galletas cuanto mayor fue el contenido en polvo de moringa como consecuencia del color de este polvo respecto a la harina de trigo.
- La incorporación de polvo de moringa aumentó el contenido proteico de las galletas con respecto al control, enriqueciéndose en serina, ácido aspártico, ácido glutámico y ácido α -aminoadípico. Además, cabe destacar la presencia de metionina, hidroxiprolina y asparagina que no estaban presentes inicialmente en la galleta control.
- Las galletas mostraron una capacidad antioxidante y un contenido de fenoles totales proporcional a la cantidad de moringa contenida, lo que indica que estos compuestos son resistentes al horneado
- Desde el punto de vista sensorial, sería necesario reducir la dureza y aumentar el dulzor de las galletas.

6. REFERENCIAS

- Abdalla, M. M. (2013). The potential of Moringa oleifera extract as a biostimulant in enhancing the growth, biochemical and hormonal contents in rocket (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa*) plants. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 5(3), 42–49. <https://doi.org/10.5897/ijppb2012.026>
- Agronews. (2019). *España, la fábrica de galletas más competitiva de Europa*. <https://www.agronewscastillayleon.com/espana-la-fabrica-de-galletas-mas-competitiva-de-europa>
- Ashwell, M. (2004). Conceptos sobre los alimentos funcionales. In *ILSI Europe concise Monograph series*. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Conceptos+sobre+los+alimentos+funcionales#0>
- Batool, S., Khan, S., Basra, S. M., Hussain, M., Saddiq, M. S., Iqbal, S., Irshad, S., Bashir, S., & Hafeez, M. B. (2019). Impact of Natural and Synthetic Plant Stimulants on Moringa Seedlings Grown under Low-Temperature Conditions. *International Letters of Natural Sciences*, 76, 50–59. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/ilns.76.50>
- BOE-A-1982-13243. (1982). Real Decreto 1124/1982, de 30 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración, Fabricación, Circulación y Comercio de Galletas. *Boletín Oficial Del Estado*, 15069–15072.
- BOE-A-1997-6156. (1997). REAL DECRETO 145/1997. de 31 de enero, por el que se aprueba la lista positiva de aditivos distintos de colorantes y edulcorantes. *Boletín Oficial Del Estado*.
- BOE-A-2010-7714. (2010). Real Decreto 496/2010, de 30 de abril. Normas sanitarias y otras disposiciones específicas que afecten a la producción y comercialización de los productos de confitería, pastelería, bollería y repostería. *Boletín Oficial Del Estado*.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Chinchilla, A., Rubio-Arreaez, S., Castelló, M. L., & Ortolá, M. D. (2020). Enrichment of Protein and Antioxidants of Cupcake with Moringa (*Moringa oleifera*) Leaf Powder and Sensorial Acceptability. *Proceedings*, 53(1), 8. <https://doi.org/10.3390/proceedings2020053008>
- Climaterra. (2020). *El fin de la carne: crecen el vegetarianismo y el veganismo*. <https://www.climaterra.org/post/el-fin-de-la-carne-crecen-el-vegetarianismo-y-el-veganismo>
- Comisión Europea. (2006). Reglamento (CE) No 1924/2006 del parlamento europeo y del consejo del 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. *Diario Oficial de La Unión Europea*, 9–25.
- Consumer, E. (2020). *La moringa: ¿un nuevo “superalimento”?* | Consumer. Consumer Eroski. <https://www.consumer.es/alimentacion/la-moringa-un-nuevo-superalimento.html>
- Del Castillo, M. D., Gordon, M. H., & Ames, J. M. (2005). Peroxyl radical-scavenging activity of coffee brews. *European Food Research and Technology*, 221(3–4), 471–477. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-1209-1>
- Dhakar, R., Pooniya, B., Gupta, M., Maurya, S., Bairwa, N., & Sanwarmal. (2011). Moringa : The herbal gold to combat malnutrition. *Chronicles of Young Scientists*, 2(3), 119.

<https://doi.org/10.4103/2229-5186.90887>

- Diarioenfermero. (2017). *La mitad de los españoles se preocupa por llevar una dieta más sana pero solo un tercio lo consigue*. <https://diarioenfermero.es/la-mitad-de-los-espanoles-se-preocupa-por-llevar-una-dieta-mas-sana-pero-solo-un-tercio-lo-consigue/>
- Eilert, U., Wolters, B., & Nahrstedt, A. (1981). The antibiotic principle of seeds of *Moringa oleifera* and *Moringa Stenopetala*. *Planta Medica*, *42*(1), 55–61. <https://doi.org/10.1055/s-2007-971546>
- Etchevers, M. C., Castelló, M. L., & Ortolá, M. D. (2021). *Caracterización de parámetros físicoquímicos de diferentes tipos de Moringa oleifera*. Universitat Politècnica de València.
- Fernández-Segovia, I., Lerma-García, M. J., Fuentes, A., & Barat, J. M. (2018). Characterization of Spanish powdered seaweeds: Composition, antioxidant capacity and technological properties. *Food Research International*, *111*(May), 212–219. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.037>
- Fernández, C. (2020). *El boom de las proteínas vegetales*. Bioeco Actual. <https://www.bioecoactual.com/2020/06/10/el-boom-de-las-proteinas-vegetales/>
- Fernández, I., Fuentes, A., & García, E. (2018). ideal o Just-About-Right (JAR) en análisis sensorial de alimentos. *Universitat Poltècnica de Valencia*, 1–10. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/104054/Fernández%3BGarcía%3BFuentes - Aplicación de las escalas de punto ideal o Just-About-Right %28JAR%29 en a....pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/104054/Fernández%3BGarcía%3BFuentes-Aplicación-de-las-escalas-de-punto-ideal-o-Just-About-Right-%28JAR%29-en-a....pdf?sequence=1)
- García-Martínez, E., & Fernández-Segovia, I. (2012). *Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte*. <http://hdl.handle.net/10251/16338>
- García Martínez, E., Fernández Segovia, I., & Fuentes López, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin- Ciocalteu. *Etsiamn*, 9.
- Gedefaw, M. (2015). Environmental and Medicinal value analysis of *Moringa* (*Moringa oleifera*) tree species in Sanja, North Gondar, Ethiopia. *American International Journal of Contemporary Scientific Research*, *2*(4), 20–36. <http://aijcsr.com/index.php/aij/article/view/102>
- Gil, F., Castelló, M. L., Ortolá, M. D., & Rubio-Arreaez, S. (2019). *Caracterización de hojas de moringa y optimización del secado por aire caliente* [Universitat Politècnica de València]. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/125556/Gil - CARACTERIZACIÓN DE HOJAS DE MORINGA %28Moringa oleifera Lam.%29 Y OPTIMIZACIÓN DEL SECADO POR A....pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/125556/Gil-CARACTERIZACIÓN-DE-HOJAS-DE-MORINGA-%28Moringa-oleifera-Lam.%29-Y-OPTIMIZACIÓN-DEL-SECADO-POR-A....pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Godino, M., Arias, C., & Izquierdo, M. I. (2013). Interés forestal de la *Moringa oleifera* y posibles zonas de implantación en España. *6º Congreso Forestal Español*, 2–13.
- Gupta, S., Jain, R., Kachhwaha, S., & Kothari, S. L. (2018). Nutritional and medicinal applications of *Moringa oleifera* Lam.—Review of current status and future possibilities. *Journal of Herbal Medicine*, *11*(November 2016), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2017.07.003>
- Hedhili, A., Lubbers, S., Bou-Maroun, E., Griffon, F., Akinyemi, B. E., Husson, F., & Valentin, D. (2021). *Moringa Oleifera* supplemented biscuits: Nutritional values and consumer segmentation. *South African Journal of Botany*, *138*, 406–414. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.01.017>

- Lalas, S., Athanasiadis, V., Karageorgou, I., Batra, G., Nanos, G. D., & Makris, D. P. (2017). Nutritional Characterization of Leaves and Herbal Tea of *Moringa oleifera* Cultivated in Greece. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 23(4), 320–333. <https://doi.org/10.1080/10496475.2017.1334163>
- Liu, Y., Wang, X., Wei, X., Gao, Z., & Han, J. (2018). Values, properties and utility of different parts of *Moringa oleifera*: An overview. *Chinese Herbal Medicines*, 10(4), 371–378. <https://doi.org/10.1016/j.chmed.2018.09.002>
- MAPAMA. (2021). Informe del consumo alimentario en España 2020, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. In *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones*.
- Mathur, B. (2005). *Árboles para la Vida*. www.treesforlife.org/moringa/book
- Moreno, É. R. (2008). *Validación del proceso de mezclado en la fabricación de un alimento enriquecido en vitaminas y minerales*.
- Moyo, B., Masika, P. J., Hugo, A., & Muchenje, V. (2011). Nutritional characterization of *Moringa oleifera* Lam. leaves. *African Journal of Biotechnology*, 10(60), 12925–12933. <https://doi.org/10.5897/ajb10.1599>
- Muhl, Q. E., Du Toit, E. S., & Robbertse, P. J. (2011). Temperature effect on seed germination and seedling growth of *Moringa oleifera* Lam. *Seed Science and Technology*, 39(1), 208–213. <https://doi.org/10.15258/sst.2011.39.1.19>
- Nouman, W., Basra, S. M. A., Siddiqui, M. T., Yasmeen, A., Gull, T., & Alcayde, M. A. C. (2014). Potential of *Moringa oleifera* L. as livestock fodder crop: A review. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(1), 1–14. <https://doi.org/10.3906/tar-1211-66>
- Nut&Health. (2021). *¿Cuántas proteínas necesito?* - *Nut and Health*. <https://nutandhealth.com/cuantas-proteinas-necesito/>
- OCU. (2020). *Alimentos enriquecidos en proteínas: no son necesarios*. <https://www.ocu.org/alimentacion/alimentos/noticias/enriquecidos-en-proteinas>
- Olson, M. E., & Alvarado-Cárdenas, L. O. (2016). ¿Dónde cultivar el árbol milagro, *Moringa oleifera*, en México? Un análisis de su distribución potencial. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 1089–1102. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.07.007>
- Patrignani, M. (2017). *Desarrollo de galletitas más saludables: Alternativas para incrementar su contenido de antioxidantes*.
- Peinado, I., Koutsidis, G., & Ames, J. (2016). Production of seafood flavour formulations from enzymatic hydrolysates of fish by-products. *LWT - Food Science and Technology*, 66, 444–452. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.025>
- Pérez, L. F. (2020). *El top tres de los alimentos que contribuyen a la deforestación del planeta*. La Vanguardia.
- PRODULCE. (2017). *Asociación Española Del Dulce*.
- Radovich, T. (2011). *Moringa. Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry (Http://Agroforestry.Net/Scps)*.
- Sakanaka, S., Tachibana, Y., & Okada, Y. (2005). Preparation and antioxidant properties of extracts of Japanese persimmon leaf tea (kakinoha-cha). *Food Chemistry*, 89(4), 569–575. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.013>

- Talens, P. (2017). Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB. *Tecnología de Alimentos*, 1–7. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/83392/Talens - Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB.pdf?sequence=1>
- Talens, P. (2018). *Descripción del color en el espacio Ciel*a*b**.
- Trigo, C., Castelló, M. L., Ortolá, M. D., García-Mares, F. J., & Soriano, M. D. (2021). Moringa oleifera: An unknown crop in developed countries with great potential for industry and adapted to climate change. In *Foods* (Vol. 10, Issue 1, p. 31). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/foods10010031>
- UNED. (2021). *Guía de Alimentación y Salud UNED: Guía de nutrición > Recomendaciones RDA. Cuadros y tablas*. UNED. Facultad de Ciencias. Nutrición y Dietética. https://www2.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-l/guia/guia_nutricion/recomendaciones_rda.htm
- Vaknin, Y., & Mishal, A. (2017). The potential of the tropical “miracle tree” Moringa oleifera and its desert relative Moringa peregrina as edible seed-oil and protein crops under Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae*, 225, 431–437. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.039>
- Vilaplana, M. (2007). Antioxidantes presentes en los alimentos. *Ambito Farmaceutico Nutricion*, 26(10), 79–86. <http://http://zl.elsevier.es>
- Witt, K. (2014). The Nutrient Content of Moringa oleifera Leaves. *Echo*, 1(30), Research Note No. 1. <http://miracletrees.org/moringa-doc/nutrient-content-of-moringa-oleifera-leaves.pdf>
- Yablokov, V. Y., Smel'tsova, I. L., Zelyaev, I. A., & Mitrofanova, S. V. (2009). Studies of the rates of thermal decomposition of glycine, alanine, and serine. *Russian Journal of General Chemistry*, 79(8), 1704–1706. <https://doi.org/10.1134/S1070363209080209>
- Zhang, J., Lin, M., Chen, H., Zhu, Q., Linh, V. N., & Chen, X. (2018). Floral biology and pistil receptivity of the drumstick tree (Moringa oleifera Lam.). *Archives of Biological Sciences*, 70(2), 299–305. <https://doi.org/10.2298/ABS170205046Z>

7. ANEXO

CATA DE GALLETAS

Antes de comenzar el análisis sensorial de las galletas, indique los siguientes datos:

Nombre:

Hombre Mujer

Edad:

 Entre 18-30
Entre 31-45
Entre 46-60
Mayor de 60

Marque con una cruz la frecuencia con que consume galletas:

Varias veces a la semana
 Una vez a la semana
 Una vez al mes
 Ocasionalmente

Los resultados obtenidos forman parte del Trabajo Fin de Grado de Sadurní Vendrell para optar al Título del Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Natural y se publicarán en un artículo científico. Por ello, es necesario tu consentimiento, aunque los resultados se presentarán de forma anónima.

The data obtained were treated in accordance with the Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation).

Valencia _____ de _____ de 2021

Firmado

Dispone de 3 galletas diferente formuladas con polvo de hojas de moringa (*Moringa oleifera*). Responda a las siguientes preguntas siguiendo las instrucciones.

Muestra nº 714

Antes de probar la galleta, valore las siguientes características:

1. ¿Cómo valora el **ASPECTO** de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

2. ¿Cómo valora el **COLOR** de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

3. En cuanto al **color externo**, en tu opinión el producto **debería ser**:

Menos oscuro	<input type="checkbox"/>
Está bien así	<input type="checkbox"/>
Más oscuro	<input type="checkbox"/>

4. ¿Cómo valora el **AROMA** de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

5. En cuanto al **aroma**, en tu opinión el producto **debería ser**:

Menos intenso	<input type="checkbox"/>
Está bien así	<input type="checkbox"/>
Más intenso	<input type="checkbox"/>

6. ¿Cómo valora la **CRUJENCIA** al partirla?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

Después de probar la galleta, valore las siguientes características:

7. ¿Cómo valora la **CRUJENCIA** en boca de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

8. ¿Cómo valora la **MASTICABILIDAD** en boca?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

9. En cuanto a la **dureza**, en tu opinión el producto **debería ser**:

Menos dura	
Está bien así	
Más dura	

10. ¿Cómo valoras el **DULZOR** de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

11. En cuanto al **dulzor**, en tu opinión el producto **debería ser**:

Menos dulce	
Está bien así	
Más dulce	

12. ¿Cómo valora el **SABOR** de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

13. ¿Cuál es su **aceptación global** del producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

14. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor la **PROBABILIDAD DE COMPRA** de este producto si el precio fuera adecuado?

Definitivamente no lo compraría	
Probablemente no lo compraría	
Tal vez sí, tal vez no lo compraría	
Probablemente lo compraría	
Definitivamente lo compraría	

➤ Indique si quiere hacer algún comentario adicional sobre el producto:

Muestra nº 397

Antes de probar la galleta, valore las siguientes características:

15. ¿Cómo valora el **ASPECTO** de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

16. ¿Cómo valora el **COLOR** de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

17. En cuanto al **color externo**, en tu opinión el producto **debería ser:**

Menos oscuro	
Está bien así	
Más oscuro	

18. ¿Cómo valora el **AROMA** de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

19. En cuanto al **aroma**, en tu opinión el producto **debería ser:**

Menos intenso	
Está bien así	
Más intenso	

20. ¿Cómo valora la **CRUJENCIA** al partirla?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

Después de probar la galleta, valore las siguientes características:

21. ¿Cómo valora la **CRUJENCIA** en boca de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

22. ¿Cómo valora la **MASTICABILIDAD** en boca?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

23. En cuanto a la **dureza**, en tu opinión el producto **debería ser:**

Menos dura	
------------	--

Está bien así	
Más dura	

24. ¿Cómo valoras el **DULZOR** de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho				Indiferente		Me gusta mucho		

25. En cuanto al **dulzor**, en tu opinión el producto **debería ser**:

Menos dulce	
Está bien así	
Más dulce	

26. ¿Cómo valora el **SABOR** de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho				Indiferente		Me gusta mucho		

27. ¿Cuál es su **aceptación global** del producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho				Indiferente		Me gusta mucho		

28. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor la **PROBABILIDAD DE COMPRA** de este producto si el precio fuera adecuado?

Definitivamente no lo compraría	
Probablemente no lo compraría	
Tal vez sí, tal vez no lo compraría	
Probablemente lo compraría	
Definitivamente lo compraría	

➤ Indique si quiere hacer algún comentario adicional sobre el producto:

Muestra nº 593

Antes de probar la galleta, valore las siguientes características:

29. ¿Cómo valora el **ASPECTO** de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho				Indiferente			Me gusta mucho	

30. ¿Cómo valora el **COLOR** de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho				Indiferente			Me gusta mucho	

31. En cuanto al **color externo**, en tu opinión el producto **debería ser:**

Menos oscuro	
Está bien así	
Más oscuro	

32. ¿Cómo valora el **AROMA** de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho				Indiferente			Me gusta mucho	

33. En cuanto al **aroma**, en tu opinión el producto **debería ser:**

Menos intenso	
Está bien así	
Más intenso	

34. ¿Cómo valora la **CRUJENCIA** al partirla?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho				Indiferente			Me gusta mucho	

Después de probar la galleta, valore las siguientes características:

35. ¿Cómo valora la **CRUJENCIA** en boca de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho				Indiferente			Me gusta mucho	

36. ¿Cómo valora la **MASTICABILIDAD** en boca?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho				Indiferente			Me gusta mucho	

37. En cuanto a la **dureza**, en tu opinión el producto **debería ser**:

Menos dura	
Está bien así	
Más dura	

38. ¿Cómo valoras el **DULZOR** de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

39. En cuanto al **dulzor**, en tu opinión el producto **debería ser**:

Menos dulce	
Está bien así	
Más dulce	

40. ¿Cómo valora el **SABOR** de este producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

41. ¿Cuál es su **aceptación global** del producto?

<input type="checkbox"/>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta mucho			Indiferente			Me gusta mucho		

42. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor la **PROBABILIDAD DE COMPRA** de este producto si el precio fuera adecuado?

Definitivamente no lo compraría	
Probablemente no lo compraría	
Tal vez sí, tal vez no lo compraría	
Probablemente lo compraría	
Definitivamente lo compraría	

➤ Indique si quiere hacer algún comentario adicional sobre el producto:

!!!GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!!!