



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL

Mejora nutricional y análisis fisicoquímico y sensorial de magdalenas con harinas de *Tenebrio molitor* y *Alphitobius diaperinus*

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

ALUMNO: DAMIÁN TABOADA BLANCH

TUTORA UPV: MARISA CASTELLÓ GÓMEZ

COTUTORA UPV: M^a DOLORES ORTOLÁ ORTOLÁ

Curso Académico: 2020/21

VALENCIA, JULIO DE 2021

Mejora nutricional y análisis fisicoquímico y sensorial de magdalenas con harinas de *Tenebrio molitor* y *Alphitobius diaperinus*.

RESUMEN

Dada la evolución en el cambio climático, el aumento en la huella de carbono y el crecimiento poblacional, la búsqueda de alternativas a la producción de fuentes proteicas distintas a las de la carne está en auge. En este sentido, la producción de harinas de origen entomológico puede suponer la reformulación de alimentos tradicionales, como podrían ser los productos de panificación y bollería, con un valor nutricional superior en términos proteicos. Por ello, el objetivo de este trabajo fin de grado fue evaluar el efecto de la reformulación de magdalenas reemplazando diferentes porcentajes de la harina de trigo (2,5, 5 y 10 %) por dos harinas de origen entomológico (*Tenebrio molitor*: HA y *Alphitobius diaperinus*: HB) sobre su tamaño, color, textura, actividad de agua, contenido proteico, perfil de aminoácidos, así como su aceptación sensorial. Las magdalenas enriquecidas con harinas de insectos mostraron un menor volumen que las muestras control y fueron más oscuras a medida que se aumentaba el contenido de harinas entomológicas. Por otra parte, hubo un aumento en la dureza en las magdalenas con mayores concentraciones de *Tenebrio molitor*. La actividad de agua fue similar en todos los casos y el contenido en proteínas se duplicó para las sustituciones del 10 %. Destacó el elevado contenido en treonina en las magdalenas con harinas de insectos, aminoácido esencial limitante en los cereales. Por último, la aceptación general por parte de un panel de catadores para las muestras con harina de *A. diaperinus* fue muy similar a la de control, registrándose una penalización en el aroma y dulzor para las magdalenas formuladas con *T. molitor*.

Palabras clave: magdalenas, *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, sensorial, perfil de aminoácidos.

Millora nutricional i anàlisi fisicoquímica i sensorial de magdalenes amb farines de *Tenebrio molitor* i *Alphitobius diaperinus*.

RESUM

Donada l'evolució en el canvi climàtic, l'augment en la petjada de carboni i el creixement poblacional, la busca d'alternatives a la producció de fonts proteiques diferents a les de la carn està en auge. En aquest sentit, la producció de farines d'origen entomològic pot suposar la reformulació d'aliments tradicionals, com podrien ser els productes de panificació i brioixeria, amb un valor nutricional superior en termes proteics. Per això, l'objectiu d'aquest treball fi de grau va ser avaluar l'efecte de la reformulació de magdalenes reemplaçant diferents percentatges de la farina de blat (2,5, 5 i 10%) per dues farines d'origen entomològic (*Tenebrio molitor*: HA i *Alphitobius diaperinus*: HB) sobre la seua grandària, color, textura, activitat d'aigua, contingut proteic i perfil d'aminoàcids, així com la seua acceptació sensorial. Les magdalenes enriquides amb farines d'insectes van mostrar un menor volum que les mostres control i van ser més fosques a mesura que s'augmentava el contingut de farines entomològiques. D'altra banda, va haver-hi un augment en la duresa en les magdalenes amb majors concentracions de *Tenebrio molitor*. L'activitat d'aigua va ser similar en tots els casos i el contingut en proteïnes es va duplicar per a les substitucions del 10%. Va destacar l'elevat contingut en treonina en les magdalenes amb farines d'insectes, aminoàcid essencial limitant en els cereals. Finalment, l'acceptació general per part d'un panell de tastadors per a les mostres amb farina de *A. diaperinus* va ser molt similar a la de control, registrant-se una penalització en l'aroma i dolçor per a les magdalenes formulades amb *T. molitor*.

Paraules clau: magdalenes, *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, sensorial, perfil d'aminoàcids.

Nutritional improvement and physicochemical and sensory analysis of muffins with *Tenebrio molitor* and *Alphitobius diaperinus* flours.

ABSTRACT

Due to the evolution of climate change, the increase in the carbon footprint and population growth, the search for alternatives to the production of protein sources other than meat is booming. In this regard, the production of flours of entomological origin may involve the reformulation of traditional foods, such as bakery and pastry products, with a higher nutritional value in terms of protein. Therefore, the objective of this final degree work was to evaluate the effect of the reformulation of muffins by replacing different percentages of wheat flour (2,5, 5 and 10 %) with two flours of entomological origin (*Tenebrio molitor*: HA and *Alphitobius diaperinus*: HB) on their size, color, texture, water activity, protein content, amino acid profile, as well as their sensory acceptance. The muffins enriched with insect flours showed a smaller volume than the control samples and were darker as the entomological flour content increased. On the other hand, there was an increase in hardness in muffins with higher concentrations of *Tenebrio molitor*. Water activity was similar in all cases and protein content doubled for 10 % substitutions. It was remarkable the high threonine content in the muffins with insect flours, an essential amino acid that is limiting in cereals. Finally, the overall acceptance by a panel of tasters for the samples with *A. diaperinus* flour was very similar to the control, with a penalty in aroma and sweetness for the muffins formulated with *T. molitor*.

Key words: muffins, *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, sensory, amino acid profile.

ÍNDICE

1.- Introducción	1
1.1- Necesidades de alimentación en un futuro próximo	1
1.2- Los insectos como alimento rico en proteínas	2
1.3- Sector bollería español.....	4
1.4- Antecedentes de la reformulación de productos tradicionales con harinas entomológicas	6
1.5- Cría de <i>Tenebrio molitor</i> y <i>Alphitobius diaperinus</i>	9
2.- Objetivos.....	10
3.- Materiales y métodos	10
3.1- Preparación de las magdalenas y formulaciones.....	10
3.2- Medida de la altura, el diámetro y registro del peso.....	11
3.3- Determinación de la actividad del agua (a_w).....	11
3.4- Determinación del contenido en proteínas	11
3.5- Análisis del perfil de aminoácidos	11
3.6- Análisis de imagen.....	13
3.7- Análisis de las propiedades ópticas	13
3.8- Medida de las propiedades mecánicas.....	13
3.9- Evaluación sensorial	13
4.- Resultados y discusión	14
4.1- Altura, diámetro y peso de las magdalenas	14
4.2- Actividad de agua (a_w).....	16
4.3- Contenido en proteínas.....	16
4.4- Contenido en aminoácidos	18
4.5- Análisis de imagen.....	19
4.6- Propiedades ópticas	20
4.7- Textura.....	23
4.8- Análisis sensorial	24
5.- Conclusiones	27
6.- Bibliografía.....	29
7.- Anexo	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Insectos estudiados para la incorporación en alimentación humana, su orden, tamaño en el momento de su incorporación, ciclo y contenido en proteína.	4
Tabla 2. Insectos empleados en matrices alimentarias y características sensoriales de estos. *reemplazo de sémola de maíz en lugar de harina de trigo.	8
Tabla 3. Porcentaje de las diferentes harinas según la formulación. Tenebrio molitor (HA), Alphitobius diaperinus (HB).	10
Tabla 4. Tiempos de retención de los patrones. *indica aminoácido esencial.	12
Tabla 5. Contenido en proteínas y catalogación según el Reglamento (CE) nº 1924/2006.	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la población mundial desde 1950 hasta 2050 (Fernández, 2021).....	1
Figura 2. Valor y volumen de la bollería a granel (■) frente a la envasada (■) (MAPAMA, 2020).	5
Figura 3. Consumo per cápita por ciclo de vida (MAPAMA, 2020).....	5
Figura 4. 4a) Representación esquemática del ciclo de producción del <i>Alphitobius diaperinus</i> . 4b) Plan de muestreo a lo largo del ciclo de reproducción: PH = pienso húmedo, PS = pienso seco, L = larvas, S = sustrato, L+S = mezcla de larvas y sustrato (Wynants et al., 2017).	9
Figura 5. Altura de las diferentes formulaciones. Tenebrio molitor (HA), <i>Alphitobius diaperinus</i> (HB).....	14
Figura 6. Altura, peso y diámetro de las magdalenas formuladas con harina de trigo (■), harina de trigo integral (□), Tenebrio molitor (■), <i>Alphitobius diaperinus</i> (■). Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos en el ANOVA (n.s=95 %).....	15
Figura 7. Actividad de agua (a_w) de las magdalenas formuladas con harina de trigo (■), harina de trigo integral (□), Tenebrio molitor (■), <i>Alphitobius diaperinus</i> (■). Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos en el ANOVA (n.s=95 %).....	16
Figura 8. Cantidad de proteína para cada formulación, harina de trigo (■), harina de trigo integral (□), Tenebrio molitor (■), <i>Alphitobius diaperinus</i> (■). Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos en el ANOVA (n.s=95 %).....	17
Figura 9. Perfil de aminoácidos del Tenebrio molitor. * indica aminoácido esencial.....	18
Figura 10. Imagen del corte transversal de todas las formulaciones. Tenebrio molitor (HA), <i>Alphitobius diaperinus</i> (HB).	19
Figura 11. Área y porcentaje de alveolos de las magdalenas formuladas con harina de trigo (■), harina de trigo integral (□), Tenebrio molitor (■), <i>Alphitobius diaperinus</i> (■). Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos en el ANOVA (n.s=95 %).....	20
Figura 12. Color externo de las diferentes formulaciones. Tenebrio molitor (HA), <i>Alphitobius diaperinus</i> (HB).....	21
Figura 13. Color interno de las diferentes formulaciones. Tenebrio molitor (HA), <i>Alphitobius diaperinus</i> (HB).....	21
Figura 14. Luminosidad (L^*) y diferencia de color (ΔE) externo (■) e interno (■) de las magdalenas en comparación a la magdalena control según su formulación. Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos en el ANOVA (n.s=95 %).....	22
Figura 15. Posición en el diagrama cromático de las magdalenas estudiadas. Control (●), control integral (◆), Tenebrio molitor (▲), <i>Alphitobius diaperinus</i> (■). Color externo (○,◇,△,□), color interno (●,◆,▲,■).	23
Figura 16. Resultados del análisis de la textura de las magdalenas según su formulación y según la primera compresión (■) o segunda compresión (■). Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos en el ANOVA (n.s=95 %).....	24
Figura 17. Resultados de la evaluación sensorial medidos mediante escala hedónica. *nivel de significancia del 95 %. ** nivel de significancia del 99 %.....	25
Figura 18. Resultados del análisis Just About Right (JAR) de los atributos color externo, color interno, aroma, dulzor y dureza de las magdalenas formuladas con harina integral (control), con un 5 % de harina del Tenebrio molitor (HA5) y con un 5 % de harina del <i>Alphitobius diaperinus</i> (HB5).....	26

Figura 19. Gráfico de penalizaciones. Símbolos: control (●), HA (▲), HB (■). Colores: color externo (●), color interno (●), aroma (●), dulzor (●), dureza (●). Demasiado alto (relleno), demasiado bajo (hueco)..... 27

1.- Introducción

1.1- Necesidades de alimentación en un futuro próximo

Se prevé que, en menos de 30 años, la población mundial aumente en 2000 millones de personas (Figura 1), teniendo graves consecuencias como el agotamiento de recursos naturales y generando dificultades para el abastecimiento alimentario de la población, obligando casi a duplicar la producción de alimentos (Fernández, 2021). Esto ha motivado la necesidad de diseñar nuevas estrategias para generar alimentos con menor impacto, más sostenibles y que consuman menos recursos. En este sentido, los alimentos de origen entomológico podrían ser una solución (rtve, 2021; Vantome, 2013).

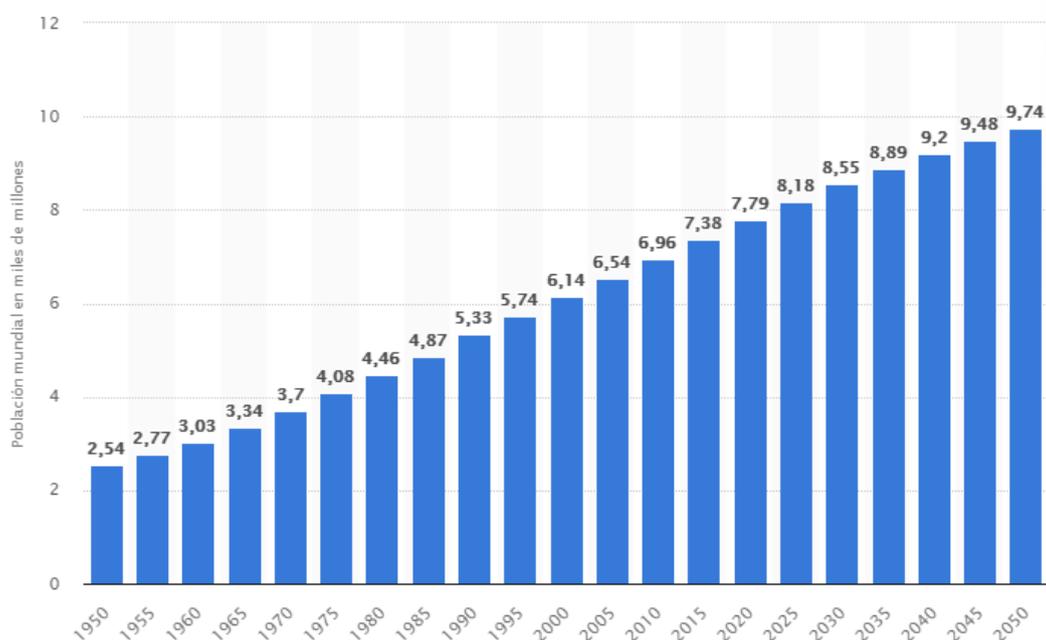


Figura 1. Evolución de la población mundial desde 1950 hasta 2050 (Fernández, 2021).

Dentro de los nutrientes esenciales en la dieta humana, las proteínas tienen un papel fundamental, pudiendo ser de origen animal o vegetal. A pesar del aumento en los últimos años de tendencias hacia el consumo de proteínas vegetales, es cierto que la calidad de las mismas es inferior a la de las proteínas animales. Además, las proteínas de origen animal, son más ricas en aminoácidos esenciales y tienen una mayor digestibilidad. Por eso, se recomienda combinar distintas fuentes proteicas de origen vegetal para alcanzar una calidad nutricional similar a las de origen animal. Sin embargo, las fuentes de proteínas de origen vegetal poseen un aporte beneficioso de grasas insaturadas y fibra que no tienen las de origen animal (Sabaté et al., 2014).

Actualmente, la mayor parte de las proteínas de la dieta humana, provienen de materias de origen animal, principalmente de tipo porcino, vacuno, avícola y productos de la pesca. El coste medioambiental de la producción de esta proteína es muy elevado en comparación al de la

producción de insectos, por lo que estos se podrían plantear como una fuente de proteína alternativa.

Los insectos pueden procesarse como alimentos con relativa facilidad. Algunas especies se pueden consumir enteras o se pueden procesar en pastas o harinas, y sus proteínas pueden ser extraídas (Vantome, 2013). En este aspecto, los productos que contienen insectos están ganando un espacio en el mercado. Los productos de panadería y bollería son unos de los más prometedores, ya que añadirles insectos pueden mejorar no solo la calidad nutricional de la masa, sino también los parámetros tecnológicos y las propiedades sensoriales de los productos finales (Biró et al., 2020).

1.2- Los insectos como alimento rico en proteínas

Una de las principales ventajas de la producción de insectos como alimentos es el alto rendimiento en su producción. De acuerdo a Alexander et al. (2017), para obtener 1 kg de masa de insectos, se requieren 2 kg de alimento y entre uno y tres meses, mientras que la producción de ganado, como media, requiere 8 kg de alimento para obtener 1 kg de carne, y aproximadamente un año. Por otro lado, en el aspecto medioambiental, el ganado porcino produce entre 10 y 100 veces más gases de efecto invernadero por kilogramo de peso que la producción de insectos (FAO, 2013). Además, para la producción de 1 kg de proteína de insecto son necesarios 40 L de agua, mientras que 1 kg de carne de vacuno requiere 30000 L de agua (EFEAGRO, 2019), sin olvidar la menor dependencia de espacio en la cría de insectos. Otra ventaja importante es el hecho de que los insectos pueden ser alimentados con residuos biológicos, como residuos alimentarios o de origen humano, y transformarlos en proteínas (Gasco et al., 2020). Los insectos como alimento tienen además beneficios para la salud, como su alto contenido en proteínas, nutrientes y fibra, y su bajo riesgo de transmisión de enfermedades zoonóticas (FAO, 2013). Además, su cría y recolección no presenta grandes dificultades y apenas necesita de medios para adquirir equipos básicos, lo cual habilita a sectores más pobres de la sociedad como posibles productores, pero también genera oportunidades en las economías más desarrolladas actualmente, presentándose como un mercado por explotar (Rumpold & Langen, 2020).

Por otro lado, como se recoge en la Tabla 1, su contenido en proteínas es muy elevado, superando tanto a la carne de vacuno (25,89 g/100 g) como a la de cerdo (27,8 g/100 g) y a la de pollo (26,68 g/100 g) (USDA-FoodData, 2021).

Por todo ello, los alimentos de origen entomológico se presentan como una opción muy interesante, a plantear de cara a un futuro próximo, como alternativa a la producción de carne. No obstante, a nivel legislativo existen todavía barreras para poder comercializar tanto los insectos como alimento, como sus derivados, aunque recientemente se están actualizando las normativas. A su vez, a nivel cultural, los insectos como alimento producen rechazo en países desarrollados dada la incultura que hay con ellos, por lo que el desafío se centraría también en cambiar la mentalidad de los consumidores.

La adaptación del sistema legislativo a las nuevas tendencias para luchar contra el hambre y el cambio climático mediante alternativas alimentarias es bastante lenta, aunque se han logrado

algunos avances. En 2015 se publicó un reglamento para establecer los requisitos a los nuevos alimentos, incluidos los insectos (Reglamento (UE) 2015/2283). El problema de la legislación de 2015 es que, para los alimentos nuevos, debe comprobarse que no tienen ningún riesgo durante un largo tiempo, es por eso que países sin este tipo de cultura de alimentación con insectos se tienen que apoyar en otros que sí la tengan. Otra opción para la comercialización es solicitar la evaluación de seguridad por la EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria).

Algunos años más tarde, la Comisión Reguladora (EU) 2017/893 de 24 Mayo 2017 fue publicada. Esta normativa se ocupa de las disposiciones sobre proteínas animales procesadas y afirma que los estudios han demostrado que las granjas de insectos podrían representar una solución alternativa y sostenible a las fuentes convencionales de proteínas animales destinadas a la alimentación de animales de granja no rumiantes. Ese documento también incluye que, el 8 de octubre de 2015, la EFSA publicó un dictamen científico sobre un perfil de riesgo relacionado con la producción y consumo de insectos como alimento y pienso (Comité Científico de la EFSA, 2015). Estas especies de insectos: mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), mosca común (*Musca domestica*), gusano de la harina amarillo (*Tenebrio molitor*), gusano de la harina menor (*Alphitobius diaperinus*), grillo doméstico (*Acheta domestica*), grillo de bandas (*Gryllobates sigillatus*) y grillo de campo (*Gryllus assimilis*) se crían actualmente en la Unión y se utilizan para piensos.

Los insectos son organismos complejos, lo cual hace que caracterizar la composición de productos alimenticios derivados de ellos sea complicado, y para ser comercializados, se debe presentar una solicitud de autorización (AESAN, 2021a). El 14 de enero de 2021 se publicó la primera evaluación de seguridad de un insecto como alimento. Se trata del *Tenebrio molitor*, ahora evaluado por la EFSA y declarado como alimento en España (AESAN, 2021b).

Como se puede ver, este tema suscita mucho interés, prueba de ello, son los trabajos científicos publicados al respecto, que se muestran en la Tabla 1, donde se refleja el corto periodo de tiempo requerido para su producción y su elevado contenido proteico. En este sentido, según el Reglamento (CE) nº 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 2006, relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos, para que un alimento sea considerado “fuente de proteínas”, éstas deben aportar como mínimo un 12 % del valor energético del alimento, y para ser declarado como alimento que posee “alto contenido en proteínas”, deben aportar como mínimo un 20 % del valor energético del alimento. Por tanto, la reformulación de productos tradicionales con harinas de insectos abre nuevas oportunidades para ofertar productos enriquecidos en proteínas.

Tabla 1. Insectos estudiados para la incorporación en alimentación humana, su orden, tamaño en el momento de su incorporación, ciclo y contenido en proteína.

Nombre	Orden	Tamaño	Ciclo	g proteína/100 g insecto	Referencia
<i>Tenebrio molitor</i>	Coleópteros	1-30 mm (larva)	125 días	56-61	(Ravzanaadii et al., 2012; Turck et al., 2021)
<i>Alphitobius diaperinus</i>	Coleópteros	1,5-15 mm (adulto)	55 días	48-63	(Janssen et al., 2017; Schafer et al., 2005)
<i>Musca domestica</i>	Dípteros	6-7 mm (larva)	28 días	59-60	(Hussein et al., 2017)
<i>Hermetia illucens</i>	Dípteros	15-30 mm (larva)	28 días	36-48	(Janssen et al., 2017)
<i>Acheta domesticus</i>	Ortópteros	25-30 mm (adulto)	90 días	60-70	(Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015; Parajulee et al., 1993; Proteinsecta, 2020a)
<i>Grylloides sigillatus</i>	Ortópteros	13-18 mm (adulto)	90 días	59-68	(Hall et al., 2017)
<i>Gryllus assimilis</i>	Ortópteros	9-25 mm (adulto)	90 días	60-70	(da Rosa & Cruz, 2019)
<i>Zophobas morio</i>	Coleópteros	50-60 mm (larva)	180 días	37-49	(Ramos et al., 2002)

Con todo esto, se plantea como materia prima destacada la fabricación de harinas de origen entomológico, dada su versatilidad y facilidad para ser incorporada en matrices alimentarias como bollería y panadería, con el fin de crear alimentos más sostenibles y ricos en proteínas.

El recorrido comercial de estos productos en España es escaso. Ejemplos de esto son las barritas energéticas de harina de grillo de la empresa Insectfit, que comenzaron su comercialización en 2018 a través de Carrefour (Cano, 2018; Carrefour, 2018), o Jimini's, distribuidora de insectos en España (Padín, 2019), además de diversos restaurantes donde se ofrecen en la carta (Proteinsecta, 2020c).

1.3- Sector bollería español

El consumo y producción de bollería en España en los últimos años ha aumentado hasta las 825441 t, lo que supone un incremento del 3 % desde 2013 (ASEMAC, 2019), siendo el consumo per cápita de 6,20 kg, siendo un 6,6 % superior respecto al año anterior.

La segmentación por tipo de producto de la categoría a cierre de año 2020, queda de la siguiente manera: 3 de 4 kilos de esta categoría se consume de forma envasada (75,9 %), si bien su correspondencia en valor es algo menor (68,4 %) (Figura 2). La bollería y pastelería envasada ha ganado presencia en los hogares españoles puesto que crece por encima del promedio de la categoría en ambos indicadores, tanto en volumen (7,3 %) como en valor (9,3 %) (MAPAMA, 2020).

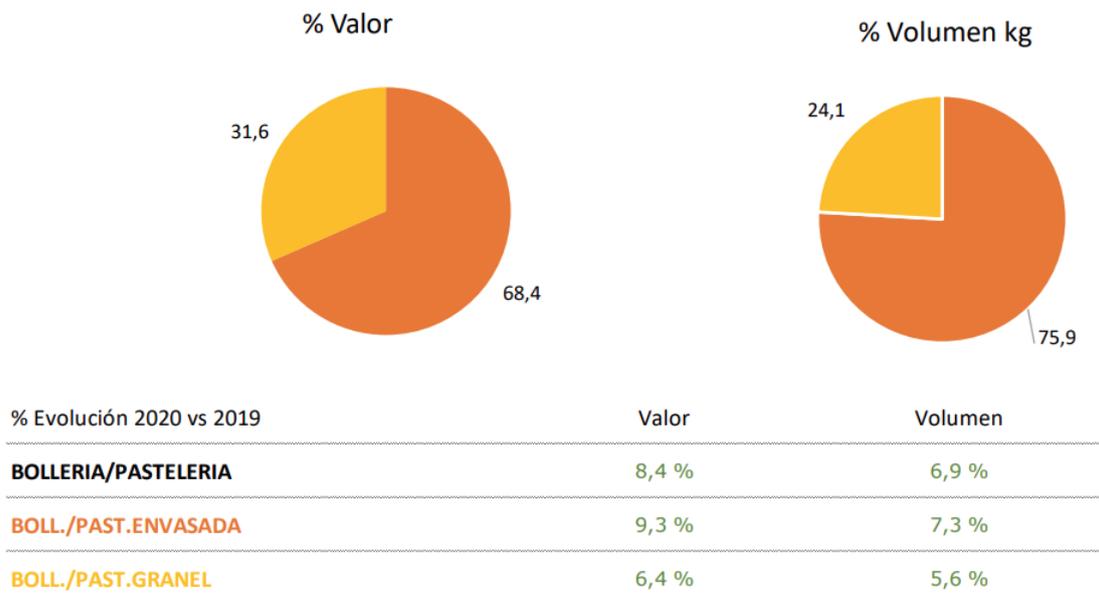


Figura 2. Valor y volumen de la bollería a granel (■) frente a la envasada (■) (MAPAMA, 2020).

De acuerdo con el consumo per cápita, son varias las tipologías de hogar que mantienen una proporción mayor al promedio nacional (6,20 kilogramos/persona/año), como son jóvenes independientes, hogares monoparentales, parejas adultas sin hijos, retirados o adultos independientes. De hecho, son estos últimos quienes realizan el mayor consumo de la categoría. Su ingesta en el 2020 ha sido de 10,14 kilos, 63,6 % más que la media nacional (Figura 3) (MAPAMA, 2020).

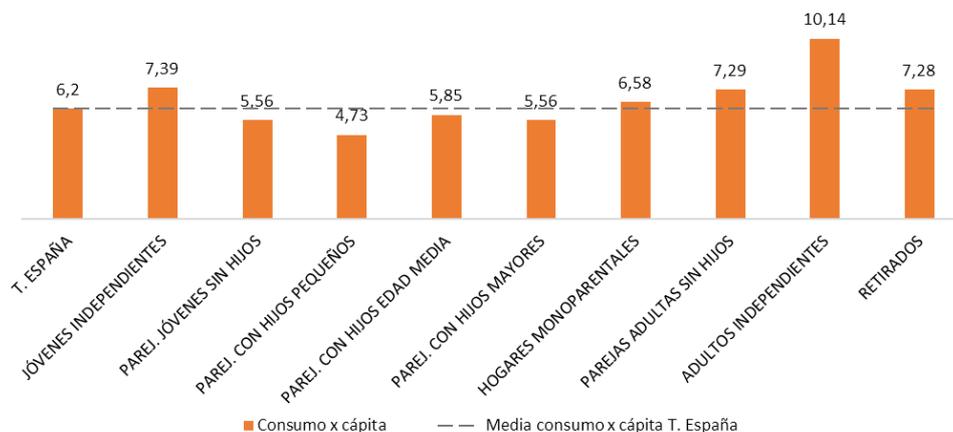


Figura 3. Consumo per cápita por ciclo de vida (MAPAMA, 2020).

Según la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria, consumir bollería industrial de manera frecuente puede aumentar un 62 % el riesgo de mortalidad por causas como cáncer o cardiopatías, además de significar un elevado aporte de azúcar y grasas saturadas, principales causantes de diferentes enfermedades (Herrero, 2019).

En este sentido, la reformulación de productos de bollería con harinas que mejoren su perfil proteico y lipídico podría contribuir a contrarrestar estos problemas.

1.4- Antecedentes de la reformulación de productos tradicionales con harinas entomológicas

En los últimos años se han realizado numerosos estudios científicos para valorar la reformulación de matrices alimentarias con harinas de insectos (Tabla 2), en aras de enriquecer a nivel proteico estos productos. En dicha tabla se reportan los porcentajes de harinas de insectos incorporados, así como las ventajas como los inconvenientes registrados a nivel tecnológico, en los siguientes productos: pan, galletas, magdalenas y snacks.

En el caso del pan se utilizaron harinas de *Tenebrio molitor* (gusano de la harina), *Acheta domesticus* (grillo doméstico), *Hermetia illucens* (mosca soldado negra), *Gryllus assimilis* (grillo de campo jamaicano) y la *Nauphoeta cinerea* (cucaracha moteada), en porcentajes que oscilan entre el 5 y el 20 % (Cappelli et al., 2020; da Rosa & Cruz, 2019; González et al., 2019; Menegon et al., 2017). Según Cappelli et al. (2020), la harina de grillo doméstico redujo significativamente el volumen del producto final, y dio mejores resultados reológicos que el *Tenebrio molitor*, por el alto contenido en grasa del gusano. Por otra parte, González et al. (2019), que comparó panes elaborados con un 5 % de *Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus* y *Hermetia illucens*, concluyó que la harina de grillo doméstico dio lugar a panes más similares a los elaborados con harina de trigo, mejorando tanto su aporte nutricional como proteico y su contenido en fibra. En el caso de la mosca, al tener más grasa, mejoró la estabilidad de la masa. Los panes elaborados con harinas de grillo de campo jamaicano tuvieron mayor dureza, dando lugar a una mayor masticabilidad que el pan control (da Rosa & Cruz, 2019). La incorporación de harina de cucaracha en pan le aportó mayor dureza y un menor volumen, así como un ligero oscurecimiento (Menegon et al., 2017).

Respecto a las galletas, se incorporó también la harina de la *Acheta domesticus* y un conjunto de harinas de insectos indeterminados en porcentajes del 5 al 15 % (Awobusuyi et al., 2020; Biró et al., 2020). Según Biró et al. (2020), la inclusión del grillo en las galletas, incluso en bajas cantidades, supuso el oscurecimiento de estas y un aumento en su acidez, pero no influyó en la textura significativamente. Asimismo, Awobusuyi et al. (2020) observaron que las galletas elaboradas con harina de un conjunto de insectos dieron mejores resultados sensoriales que la galleta control ante consumidores habituales de galletas.

En cuanto a las magdalenas, se sustituyó la harina de trigo por harina de *Tenebrio molitor*, *Gryllus assimilis* y *Locusta migratoria* (langosta migratoria) en porcentajes del 2 al 15 % (Çabuk, 2021; Pauter et al., 2018). De acuerdo con Çabuk (2021), a mayor cantidad sustituida, tanto de gusano

de la harina como de langosta migratoria, el producto final presentó menor volumen. La langosta dio lugar a magdalenas de textura más suave y menor masticabilidad, mientras que el *T. molitor* obtuvo mejores resultados sensoriales para todos sus atributos (con una puntuación desde 6,70 a 8,70), indicando que podría ser un ingrediente adecuado para aumentar el poder nutricional de las magdalenas. El reemplazo de harina de trigo por la del grillo de campo jamaicano, redujo la dureza y la masticabilidad del producto de manera significativa, además de aumentar su contenido en proteínas (Pauter et al., 2018).

En el caso de los snacks, se sustituyó un 5 % de sémola de maíz por harina de *Tenebrio molitor* y *Alphitobius diaperinus* (García-Segovia et al., 2020). Ambas harinas dieron lugar a snacks más oscuros, y en el caso del gusano de la harina, los snacks fueron más duros.

De esto se puede deducir que la sustitución en pequeñas cantidades (entre un 5 y un 15 %) de las harinas de trigo o maíz por harinas de origen entomológico, mejora las características nutricionales, sin afectar notablemente a las características sensoriales de productos de panificación, bollería y snacks, que de forma tradicional tienen un escaso perfil proteico.

Tabla 2. Insectos empleados en matrices alimentarias y características sensoriales de estos. *reemplazo de sémola de maíz en lugar de harina de trigo.

Insecto	Matriz alimentaria	% sustituido de harina de trigo	% de proteína del alimento enriquecido	Ventajas	Inconvenientes	Referencia
<i>Acheta domesticus</i>	Pan	5, 10, 15	16,72, 19,48, 22,24	Color similar al control	Menor volumen del producto final	(Cappelli et al., 2020) (González et al., 2019)
<i>Tenebrio molitor</i>	Pan	5, 10, 15	15,72, 17,49, 19,25	Color similar al control	Mayor masticabilidad	(Cappelli et al., 2020) (González et al., 2019)
<i>Hermetia illucens</i>	Pan	5	9,87	Mayor estabilidad de la masa por su alto contenido en grasa	Mayor dureza, baja elasticidad, color más oscuro	(González et al., 2019)
<i>Gryllus assimilis</i>	Pan	10, 20	8,53, 12,52	Buena aceptación sensorial	Color más oscuro	(da Rosa & Cruz, 2019)
<i>Nauphoeta cinerea</i>	Pan	5, 10, 15 respecto al total de la harina	7,88, 12,53, 14,67	Buena aceptación sensorial	Mayor dureza	(Menegon de Oliveira et al., 2017)
<i>Acheta domesticus</i>	Galletas	5, 10, 15	11,13, 12,77, 14,39	Buena textura	Color demasiado oscuro	(Biró et al., 2020)
<i>Harina de insectos (indeterminados)</i>	Galletas	5, 10, 15		Buena aceptación sensorial en bajas dosis (20%)	Mayor dureza	(Awobusuyi et al., 2020)
<i>Gryllus assimilis</i>	Magdalenas	2, 5, 10	12,27, 14,58, 16,51	Buena aceptación sensorial	Mayor dureza y masticabilidad	(Pauter et al., 2018)
<i>Tenebrio molitor</i>	Magdalenas	15	11,70	Buena aceptación sensorial	Menor volumen del producto final	(Çabuk, 2021)
<i>Locusta migratoria</i>	Magdalenas	15	12,91	Buena aceptación sensorial en bajas dosis (5%)	Menor volumen del producto final, color oscuro, olor	(Çabuk, 2021)
<i>Tenebrio molitor</i>	Snack	5*	Aumento del 25,73	Aumento del contenido de Se	Mayor dureza	(García-Segovia et al., 2020)
<i>Alphitobius diaperinus</i>	Snack	5*	Aumento del 33,57	Textura suave	Color amarillento	(García-Segovia et al., 2020)

1.5- Cría de *Tenebrio molitor* y *Alphitobius diaperinus*

El *Tenebrio molitor* es un coleóptero consumido en fase larvaria, principalmente porque es en el estadio en el cual el insecto presenta mayor proporción de proteínas por peso seco. El insecto tarda en alcanzar este estado entre 3 y 4 meses, dependiendo de las condiciones de crianza (Makkar et al., 2014). Su cría se realiza en granjas de insectos debidamente acondicionadas, con niveles altos de humedad y una temperatura constante y cálida que le permita desarrollarse y continuar su ciclo de vida de forma cómoda. Su alimentación se basa en cereales, aunque son omnívoros y podrían alimentarse con toda clase de desechos de plantas o harinas de trigo o maíz (Medrano, 2019). La cría se realiza en vertical, apilando bandejas en las que se encuentra el insecto, evitando además que les de la luz ya que presentan fotofobia. El coste por kilogramo en su producción ronda los 1,5 €, mientras que en el mercado su precio asciende a los 9 €/kg (Proteinsecta, 2020b).

Como se detalla en la Figura 4, en el caso del *A. diaperinus* igual que en el anterior, las larvas se introducen en pequeñas bandejas de plástico con pienso seco y húmedo, a una temperatura de 30 °C y una humedad relativa del 50 %, con 8 horas diarias de luz y 16 de oscuridad. A los 35 días finaliza su ciclo y las larvas son cosechadas y almacenadas a 16 °C durante 24 h sin ser alimentadas para vaciar su contenido intestinal. Finalmente, son escaldadas a 90 °C durante 5 minutos para reducir la flora microbiana (Wynants et al., 2017).

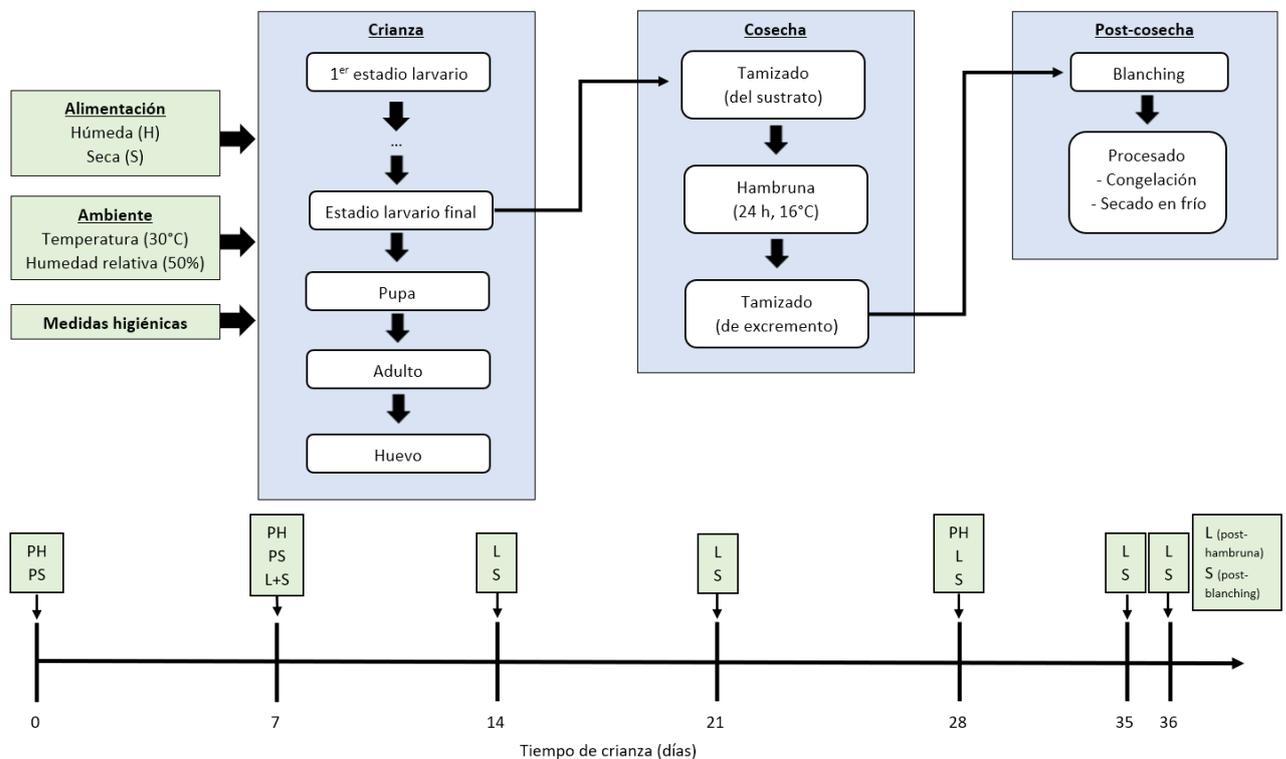


Figura 4. 4a) Representación esquemática del ciclo de producción del *Alphitobius diaperinus*. **4b)** Plan de muestreo a lo largo del ciclo de reproducción: PH = pienso húmedo, PS = pienso seco, L = larvas, S = sustrato, L+S = mezcla de larvas y sustrato (Wynants et al., 2017).

2.- Objetivos

El objetivo principal del trabajo ha sido caracterizar las propiedades fisicoquímicas de magdalenas en las que se han reemplazado distintos porcentajes de harina de trigo (2,5, 5 y 10 %) por dos harinas diferentes de origen entomológico. En concreto, se ha trabajado con la harina del gusano de la harina (*Tenebrio molitor*) y del gusano búfalo (*Alphitobius diaperinus*).

Para conseguir este objetivo principal, se planteó abordar los siguientes objetivos específicos:

- Influencia sobre la altura, el diámetro, el peso de las magdalenas, la superficie del corte central y el porcentaje de alveolos.
- Efecto sobre la actividad del agua, contenido proteico y perfil de aminoácidos.
- Influencia sobre las propiedades ópticas y mecánicas.
- Evaluación sensorial.

3.- Materiales y métodos

3.1- Preparación de las magdalenas y formulaciones

La preparación de las magdalenas se efectuó con un 21,67 % (p/p) de huevos, de azúcar, de aceite de girasol y de las diferentes harinas, junto con un 10,84 % de leche semidesnatada y un 2,48 % de gasificantes (bicarbonato sódico, ácido málico y ácido tartárico).

Para empezar, se mezclaron los huevos, el azúcar y el bicarbonato sódico en una batidora eléctrica (Kenwood, modelo KM240 serie, Reino unido) durante 20 minutos a máxima velocidad. A continuación, se añadieron el aceite, la leche, los ácidos málico y tartárico y la cantidad de harina de trigo o harina del insecto correspondiente y se batió durante 10 minutos a velocidad mínima. Después, se dejó reposar la masa durante 20 minutos y se rellenaron 12 moldes de papel con 45 g de masa cada uno. Finalmente, se hornearon (horno RATIONAL SCC 62 – GN 2/1) durante 18 minutos a 180 °C, con ventilación mínima y sin humedad.

Se estudiaron un total de ocho formulaciones de magdalenas con cuatro harinas diferentes y en distintos porcentajes, como se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Porcentaje de las diferentes harinas según la formulación. Tenebrio molitor (HA), Alphitobius diaperinus (HB).

Harina	Control	Control integral	HA 2,5%	HA 5%	HA 10%	HB 2,5%	HB 5%	HB 10%
<i>Tenebrio molitor</i>	0	0	2,5	5	10	0	0	0
<i>Alphitobius diaperinus</i>	0	0	0	0	0	2,5	5	10
Trigo	21,67	0	19,17	16,67	11,67	19,17	16,67	11,7
Trigo integral	0	21,67	0	0	0	0	0	0

3.2- Medida de la altura, el diámetro y registro del peso

De cada magdalena se midió la altura (mm) y el diámetro (mm) utilizando un pie de rey. Además, se registró el peso (g) mediante una balanza de precisión (Precisa, modelo BJ 6100D, serie 165 BJ).

3.3- Determinación de la actividad del agua (a_w)

La actividad de agua (a_w) fue analizada mediante un higrómetro de punto de rocío (AquaLab Decagon Devices, Inc., model 4TE, Pullman, Washington, USA) a una temperatura de 25 °C. Para cada formulación se analizaron tres muestras de la miga.

3.4- Determinación del contenido en proteínas

La cantidad de proteína fue determinada por el método Kjeldahl (AOAC 928.08, 1990) por triplicado para cada formulación, utilizando un destilador automático (UDK, 129. VELP, SCIENTIFICA). Para determinar la cantidad de proteína se multiplicó el valor del nitrógeno obtenido por el factor 6,25 para todas las formulaciones, excepto para la elaborada con harina de trigo integral, cuyo factor es 5,7 (Radha et al., 2015).

3.5- Análisis del perfil de aminoácidos

El análisis del perfil de aminoácidos se llevó a cabo por triplicado mediante cromatografía de gases, habiendo realizado previamente una hidrólisis ácida de los aminoácidos de las muestras de las magdalenas (Ravzanaadii et al., 2012). Para ello, se pesó 0,1 g de miga de magdalena de cada formulación en un tubo de ensayo añadiendo después 1 mL de HCl 6 N. Los tubos de ensayo se llevaron a un baño termostático a 100 °C durante 1 hora, sin cerrar completamente las tapas. A continuación, se colocaron en una estufa de secado a 110 °C durante 23 horas, enfriándolos posteriormente a temperatura ambiente. Después, se les añadió 1 mL de la disolución HCl 0,1 N en etanol (1:1, v:v) y se filtraron en un filtro de jeringuilla PTFE 0,45 μ m. Finalmente, el sobrenadante se derivatizó siguiendo las indicaciones del kit EZ:Faast Análisis de aminoácidos por CG-FID Phenomenex (Etchevers, 2021; EZ:faast, 2018).

Tras obtener las muestras derivatizadas, se extrajeron en isoocetano (100 μ L) 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 Alto, CA). Se inyectó una disolución de aminoácidos derivatizada (1 μ L) 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 de film 50% fenil 50 % dimetilpolisiloxano) (Phenomenex, Cheshire, UK). La temperatura del horno se inició con 110 °C con un aumento de 32 °C / min 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. La fuente de iones se mantuvo a 320 °C. Los aminoácidos contenidos en la disolución estándar (200 mmol / L cada una) se derivatizaron en diferentes diluciones (10 – 150 µmol / L) y se trazaron curvas de calibración para cada aminoácido. Se utilizó norvalina (100 µL (0,2 mmol / L)) como estándar interno (Peinado et al., 2016).

Para la determinación del perfil de aminoácidos se compararon los tiempos de retención de los patrones proporcionados en el kit EZ:Faast Análisis de aminoácidos por CG-FID Phenomenex (Tabla 4) con los obtenidos en cada muestra.

*Tabla 4. Tiempos de retención de los patrones. *indica aminoácido esencial.*

Patrón	Abreviatura	Tiempo de retención
Alanina	ALA	1,46
Sarcosina	SAR	1,519
Glicina	GLY	1,562
Ácido α -Aminobutírico	ABA	1,661
Valina*	VAL	1,754
Ácido β -Aminoisobutírico	β AIB	1,829
Leucina*	LEU	1,956
allo-Isoleucina	aILE	1,983
Isoleucina*	ILE	2,012
Treonina*	THR	2,215
Serina	SER	2,256
Prolina	PRO	2,324
Asparagina	ASN	2,414
Ácido aspártico	ASP	2,935
Metionina*	MET	2,967
Hidroxiprolina	HYP	3,099
Ácido glutámico	GLU	3,276
Fenilalanina*	PHE	3,307
Ácido α -aminoadípico	AAA	3,568
Ornitina	ORN	4,263
Lisina*	LYS	4,511
Tirosina	TYR	4,958
Triptófano*	TRP	5,242

3.6- Análisis de imagen

Para poder evaluar el área y el porcentaje de alveolos de las magdalenas estudiadas en relación a la harina utilizada y la cantidad de esta, las muestras fueron cortadas verticalmente y proyectadas sobre un escáner (HP Deskjet F2180). Para el análisis de las imágenes se utilizó el Software libre ImageJ, que facilita el área total del corte transversal como también el área de los alveolos (Castelló et al., 2021). Se hizo un análisis por triplicado para cada formulación.

3.7- Análisis de las propiedades ópticas

Las propiedades ópticas de las magdalenas fueron analizadas mediante un espectrocolorímetro (Konica Minolta, Inc., modelo CM – 3600d, Tokio, Japón). Para ello, se midió el color externo de todas ellas (12), y el color interno de 9 de cada formulación. Los resultados de los análisis fueron expresados según el sistema de referencia CIE $L^*a^*b^*$ con el iluminante D65 y un ángulo de visión de 10 °.

Se registró la luminosidad L^* y las coordenadas a^* (+ rojo y - verde) y b^* (+amarillo y - azul).

3.8- Medida de las propiedades mecánicas

El estudio de la textura se realizó en 9 muestras por cada formulación. Para ello se eliminó la corteza superior de las magdalenas mediante un corte recto y se extrajeron cilindros de la miga con un sacabocados de 30 mm de altura y 30 mm de diámetro. Se analizó la textura de estos cilindros mediante una prensa universal (Analizador de textura TA.XT.plus, Microsystems estable, Godalming, Reino Unido) con un ensayo de doble compresión TPA (Texture Profile Analysis) mediante una sonda cilíndrica de base circular de 40 mm de diámetro. Las condiciones del ensayo fueron las siguientes: deformación hasta el 50 % (penetración de su altura original) a una velocidad de 1 mm/s y un intervalo de 30 segundos entre compresiones.

3.9- Evaluación sensorial

Se analizó el grado de aceptación de dos de las formulaciones estudiadas (HA5 y HB5, sustituciones del 5 %) en comparación a la magdalena formulada con harina de trigo integral (Control integral), dado que fueron las que más similitudes tenían entre ellas. El panel de catadores estaba formado por 25 personas con edades comprendidas entre 18 y 60 años.

Se presentaron las muestras a la vez, estando estas numeradas con códigos aleatorios de tres dígitos. Se valoró el aspecto, el color externo, el color interno, el aroma, la esponjosidad al tacto, el dulzor, la textura, la esponjosidad en boca y el sabor de cada una de las formulaciones en una escala hedónica de nueve puntos (ISO 4121:2003 y UNE-87025:1996), con diferentes niveles, siendo el 1 “me disgusta mucho”, y el 9 “me gusta mucho”. La intención de compra se valoró con una escala Likert 5 niveles, siendo el 1 “definitivamente no lo compraría” y el 5

“definitivamente lo compraría”, y se dejó un apartado para que el catador hiciese alguna observación si lo veía conveniente (anexo).

Algunos de los atributos de fueron además evaluados por la escala Just About Right (JAR) para ver si estos (color externo e interno, aroma, dulzor y dureza) estaban bien optimizados o si, por el contrario, necesitaban subir o bajar de intensidad (Fernández-Segovia et al., 2018).

4.- Resultados y discusión

4.1- Altura, diámetro y peso de las magdalenas

En la Figura 5 se muestran imágenes en la plataforma de horneado de las magdalenas estudiadas recién preparadas. Se puede apreciar un descenso en la altura considerable cuando se le agrega a las magdalenas la harina de insectos, siendo más destacable en el caso de la harina del *Tenebrio molitor* (HA).



Figura 5. Altura de las diferentes formulaciones. *Tenebrio molitor* (HA), *Alphitobius diaperinus* (HB).

En la Figura 6 se presentan los resultados de altura, peso y diámetro de las magdalenas estudiadas. En todos los casos, y en coherencia con las imágenes de la figura anterior, la altura de las magdalenas preparadas con harina de insectos fue significativamente inferior a la de las magdalenas control, sin efecto de la concentración empleada en el caso de *Alphitobius diaperinus*, pero reduciéndose de forma progresiva conforme aumentó la concentración de *Tenebrio molitor*. Este comportamiento estaría relacionado con el menor contenido en gluten

de las magdalenas con harinas de insectos que no favorecen la expansión de CO₂ de la masa, que es la responsable de la altura de la magdalena, afectando al tamaño y al número de alveolos producidos (Herranz et al., 2017). A su vez, en contraposición a la altura, el diámetro de las magdalenas aumentó a medida que era mayor la concentración de harina de insecto en ambos casos. El peso no presentó ninguna variación significativa en ninguno de los casos, lo que pondría de manifiesto que la evaporación durante el horneado fue similar en todas las formulaciones.

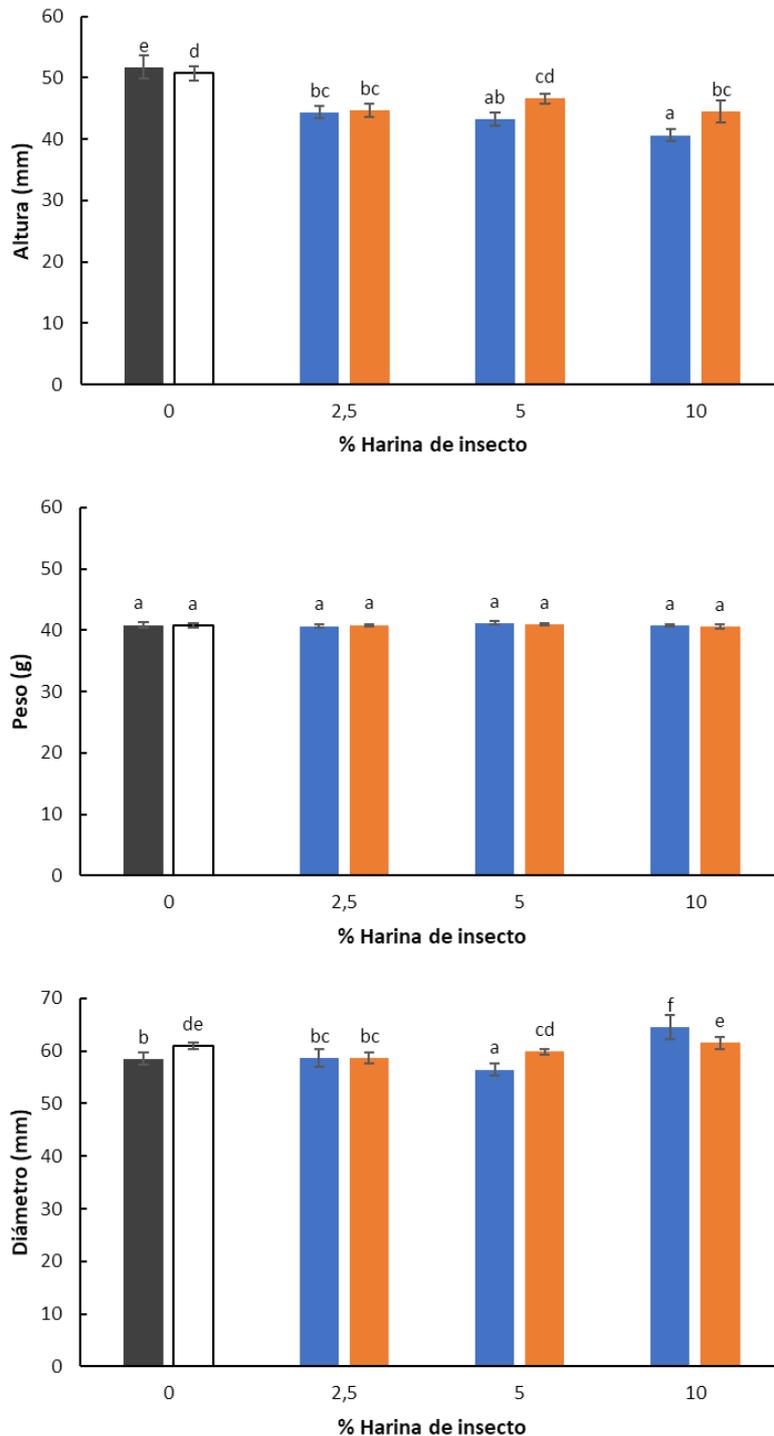


Figura 6. Altura, peso y diámetro de las magdalenas formuladas con harina de trigo (■), harina de trigo integral (□), *Tenebrio molitor* (■), *Alphitobius diaperinus* (■). Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos en el ANOVA ($n.s=95\%$).

4.2- Actividad de agua (a_w)

En la Figura 7 se presentan los resultados del análisis de la actividad de agua (a_w) de las magdalenas. El uso de las harinas del *Tenebrio molitor* y del *Alphitobius diaperinus* no mostró ningún efecto en la actividad de agua, independientemente de su concentración. En este sentido, desde el punto de vista del envasado, los requerimientos serían similares a los de la magdalena control.

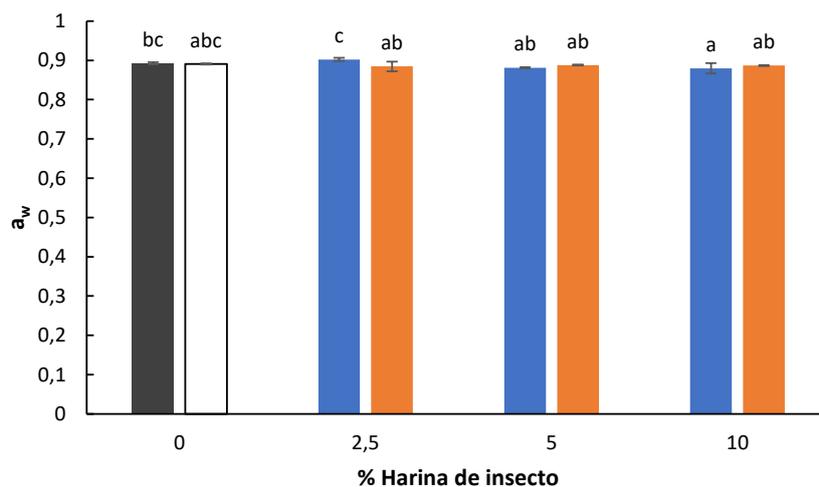


Figura 7. Actividad de agua (a_w) de las magdalenas formuladas con harina de trigo (■), harina de trigo integral (□), *Tenebrio molitor* (■), *Alphitobius diaperinus* (■). Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos en el ANOVA ($n.s=95\%$).

4.3- Contenido en proteínas

En la Figura 8 se detalla el porcentaje de proteínas de las diferentes formulaciones, llegando a prácticamente duplicarse para las concentraciones de 10 % de harina de insectos (10,40 % de proteínas en el caso del *Tenebrio* y 10,71 % para el *Alphitobius*). Estos resultados coinciden con estudios previos como los de Çabuk (2021), donde reemplazando el 15 % de la harina de trigo por harina de *Tenebrio molitor* o de *Locusta migratoria*, se consiguió subir la concentración en proteínas de magdalenas hasta alcanzar un valor de un 11,70 % y un 12,91 % respectivamente. Por otra parte, da Rosa & Cruz (2019) estudiaron el reemplazo del 10 y 20 % de harinas de arroz y maíz por harinas de *Gryllus assimilis* en pan, aumentando un 40 y un 100 % el contenido en proteínas respectivamente con respecto al control.

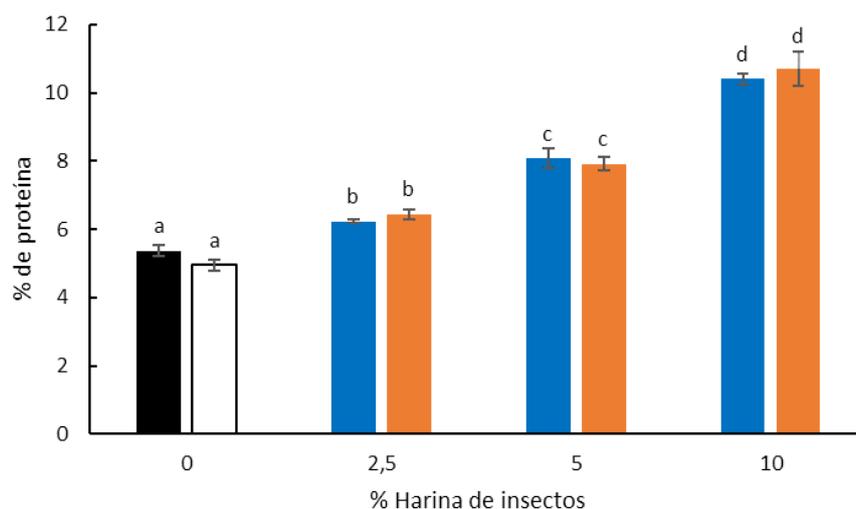


Figura 8. Cantidad de proteína para cada formulación, harina de trigo (■), harina de trigo integral (□), *Tenebrio molitor* (■), *Alphitobius diaperinus* (■). Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos en el ANOVA ($n.s=95$ %).

A partir de estos resultados y para aplicar el Reglamento (CE) nº 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 2006, relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos, se calculó el porcentaje de energía debido a las proteínas en las formulaciones (Tabla 5). Como puede observarse, al añadir tan solo un 2,5 % de harina de insecto, ya sea del *T. molitor* o del *A. diaperinus*, la magdalena podría ser catalogada como alimento “fuente de proteínas”. Para la formulación del 10 % en el caso del *Tenebrio*, y del 5 y 10 % en el *Alphitobius*, las magdalenas serían catalogadas como alimentos con “alto contenido en proteínas”.

Tabla 5. Contenido en proteínas y catalogación según el Reglamento (CE) nº 1924/2006.

Formulación	kcal/100 g	kcal de las proteínas	% de energía debido a las proteínas	Catalogación el Reglamento (CE) nº 1924/2006
CONTROL	387,69	23,82	6,15	
CONTROL INTEGRAL	307,51	23,82	7,75	
HA 2,5%	391,19	50,10	12,81	Fuente de proteínas
HA 5%	394,69	76,37	19,35	Fuente de proteínas
HA 10%	401,69	128,91	32,09	Alto contenido en proteínas
HB 2,5%	391,19	52,90	13,52	Fuente de proteínas
HB 5%	394,69	81,98	20,77	Alto contenido en proteínas
HB 10%	401,69	140,13	34,88	Alto contenido en proteínas

4.4- Contenido en aminoácidos

Como se ve en la Figura 9, se estudió el perfil de aminoácidos de las magdalenas formuladas con *Tenebrio molitor* en comparación a las formuladas con harina de trigo.

Algunos aminoácidos se mantuvieron constantes en todas las formulaciones probablemente porque son mayoritarios en los ingredientes comunes. Es el caso del triptófano, presente en el huevo, la serina y el ácido glutámico, en la harina de trigo, o la glicina, metionina y fenilalanina, presentes en ambos (Abdaslam Ali et al., 2019; Litwinek et al., 2013).

Sin embargo, otros aminoácidos como el ácido α -aminobutírico, la allo-isoleucina, la treonina, la prolina y la tirosina, aumentaron a medida que incrementaba la cantidad de harina de insecto, evidenciando su presencia en estas harinas. Destaca el caso de la treonina, aminoácido esencial que aumentó notablemente conforme se le agregó harina de insecto, coincidiendo esto con otros estudios (Roncolini et al., 2019). Este aminoácido es vital para el funcionamiento hepático, previniendo la acumulación de grasa en el hígado (Galili, 1995). Teniendo en cuenta que la treonina es uno de los aminoácidos esenciales más limitantes en los cereales, la incorporación de pequeñas cantidades de harina de insecto a productos de bollería, podría ser una buena estrategia para complementar su perfil proteico.

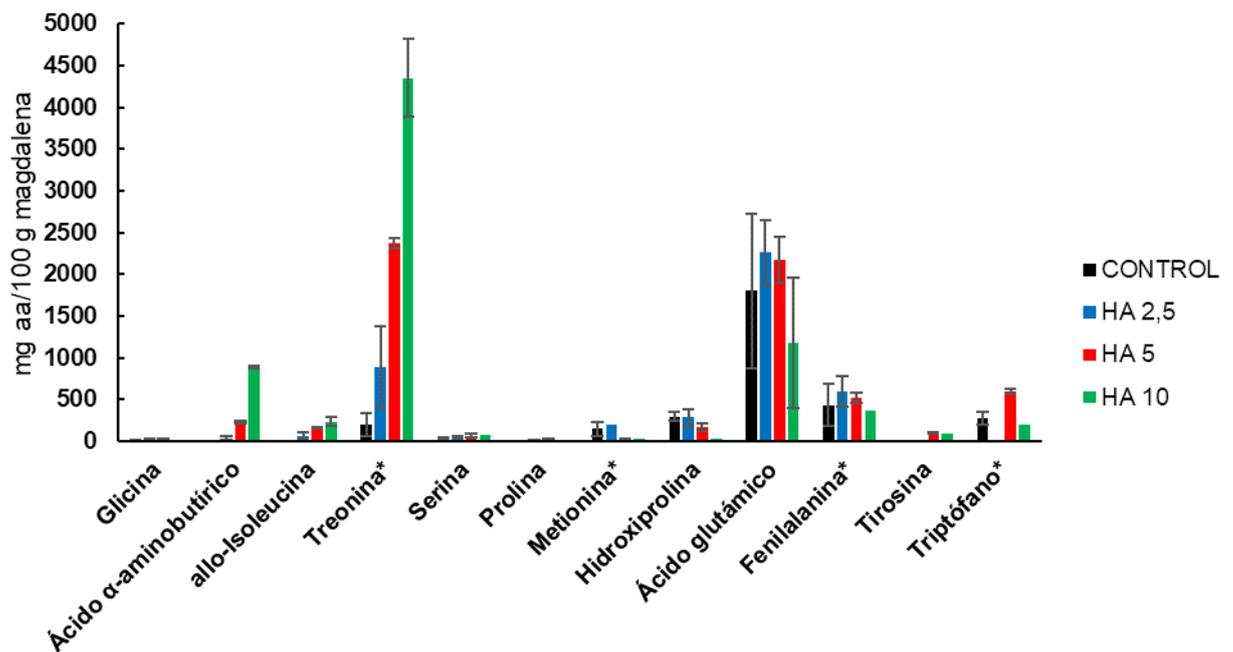


Figura 9. Perfil de aminoácidos del *Tenebrio molitor*. * indica aminoácido esencial.

4.5- Análisis de imagen

En la Figura 10 se muestran las imágenes del corte transversal que se le realizó a las magdalenas con el fin de estudiar su área y su porcentaje de alveolos.

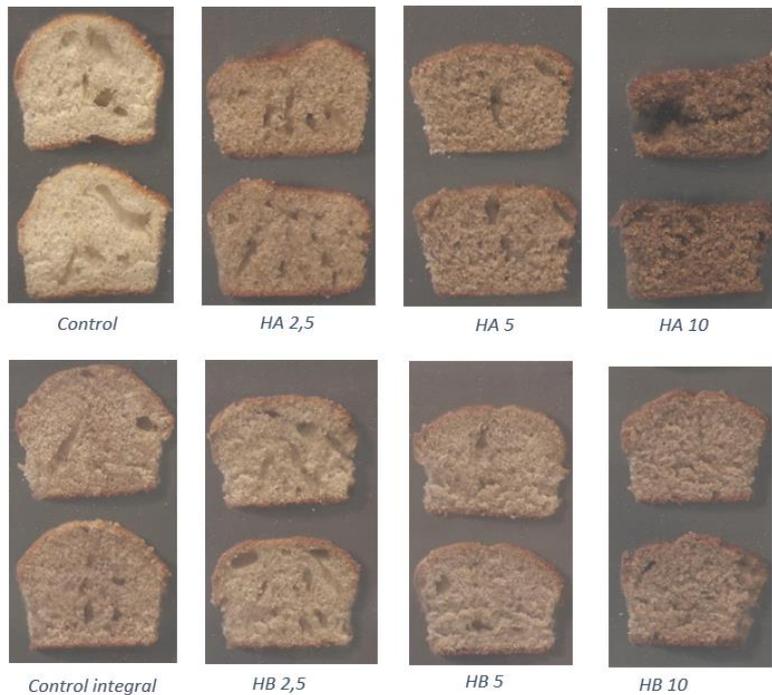


Figura 10. Imagen del corte transversal de todas las formulaciones. *Tenebrio molitor* (HA), *Alphitobius diaperinus* (HB).

En la Figura 11 se presentan los resultados del estudio del área y el porcentaje de alveolos de las magdalenas formuladas. El área de las magdalenas formuladas con las harinas de insecto resultó ser ligeramente más pequeña que las magdalenas control en todos los casos. Sin embargo, sí que se observa claramente un cambio en la forma del corte, siendo más achatadas a medida que aumenta el contenido en harina de insectos.

En cuanto al porcentaje de alveolos, la gran variabilidad encontrada en las muestras hace complicado establecer tendencias claras.

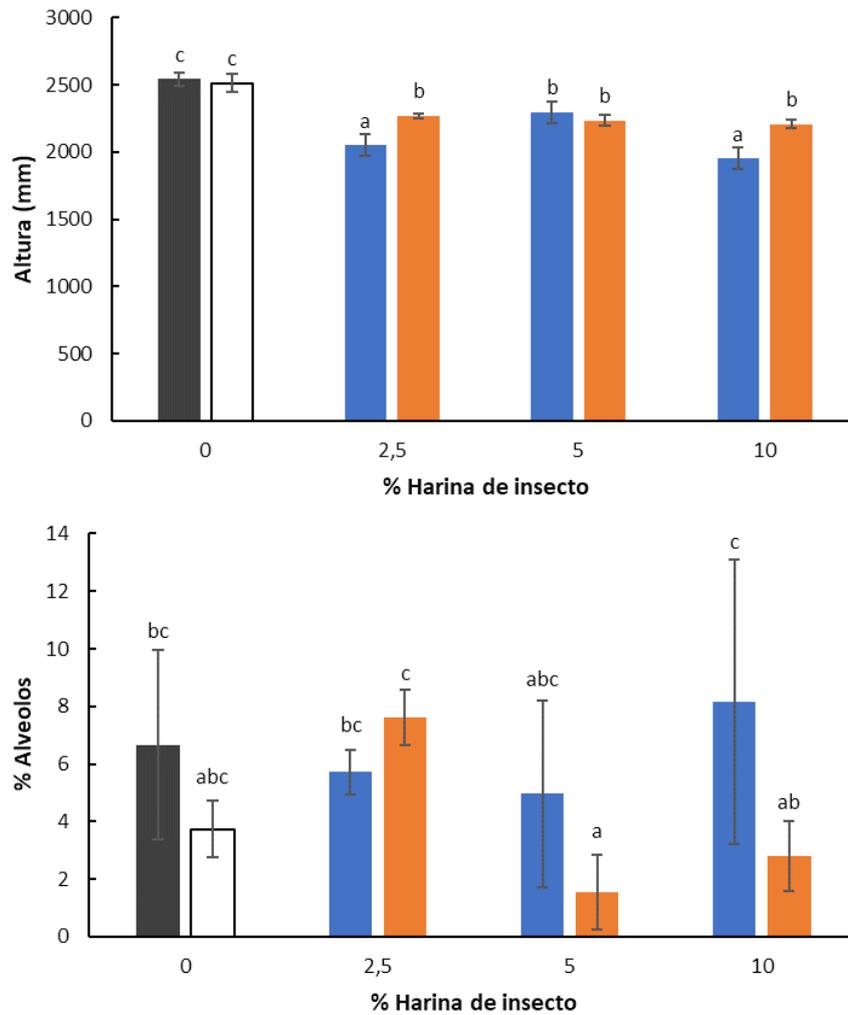


Figura 11. Área y porcentaje de alveolos de las magdalenas formuladas con harina de trigo (■), harina de trigo integral (□), *Tenebrio molitor* (■), *Alphitobius diaperinus* (■). Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos en el ANOVA ($n.s=95\%$).

4.6- Propiedades ópticas

En las Figuras 12 y 13 se puede observar el color externo e interno de todas las formulaciones estudiadas. Destaca que, a medida que aumenta el porcentaje de harina de insecto que se le agrega a la magdalena, estas se van haciendo más oscuras externamente, siendo más notable en el caso del *T. molitor*, ya que esta es una harina más oscura. Lo mismo ocurre con el color interno, la miga de las magdalenas se oscurece conforme se le agrega la harina de insectos, siendo muy significativo en el caso del gusano de la harina. Además, se puede apreciar que el color interno de las magdalenas elaboradas con *A. diaperinus* es muy parecido al de las elaboradas con harina integral.



Figura 12. Color externo de las diferentes formulaciones. *Tenebrio molitor* (HA), *Alphitobius diaperinus* (HB).

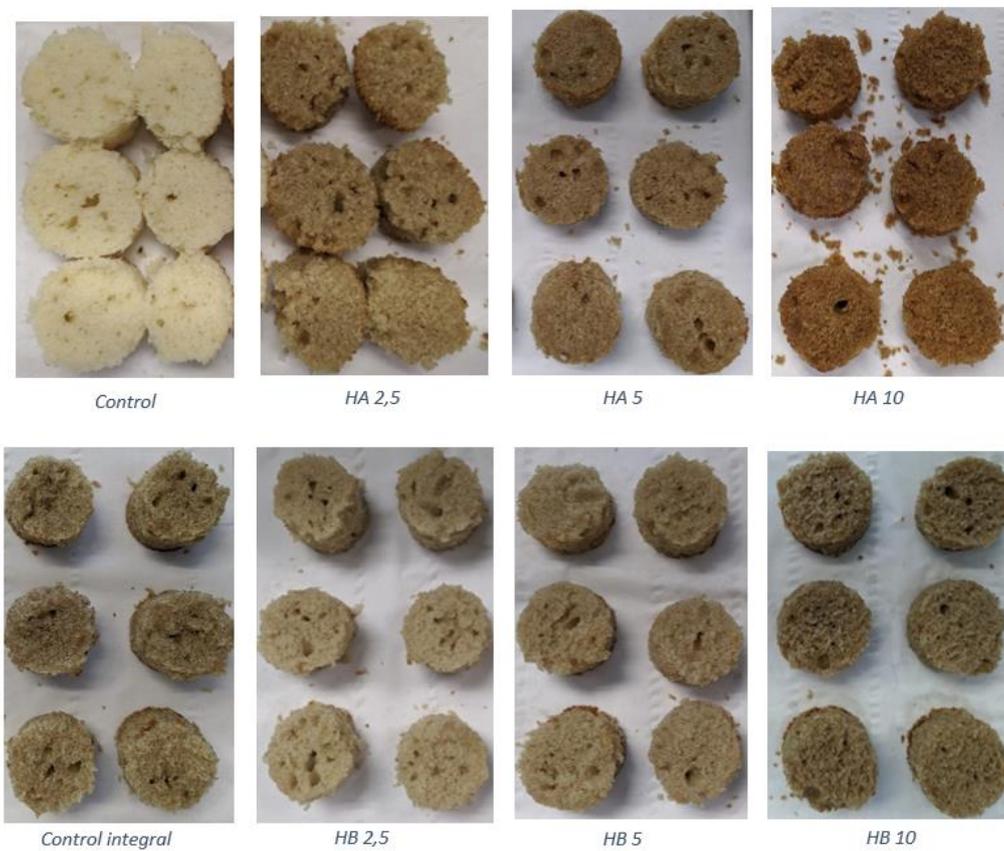


Figura 13. Color interno de las diferentes formulaciones. *Tenebrio molitor* (HA), *Alphitobius diaperinus* (HB).

En la Figura 14 se muestran los resultados obtenidos del estudio de luminosidad y la diferencia de color calculada respecto a la magdalena control. En ambos casos se presentan los resultados tanto de la parte externa como de la parte interna. Tanto en el *Tenebrio molitor* como en el *Alphitobius diaperinus*, la luminosidad interna y externa disminuye a medida que aumenta el porcentaje de harina de insecto, siendo más notable en el caso del *Tenebrio molitor*. Resultados similares fueron obtenidos por Çabuk (2021) en la elaboración de magdalenas con harinas de *Locusta migratoria* y *Tenebrio molitor*, por Khuenpet et al. (2020) en corteza de pan en *Tenebrio molitor*, y por Indriani et al. (2019) en pasteles fortificados con *Patanga succincta*.

La diferencia de color también aumentó conforme aumentó la cantidad de harina sustituida, siendo muy notable en el caso del *Tenebrio molitor* dado que su harina es más oscura. Tal como se había comentado anteriormente, las diferencias de color de las magdalenas con *Alphitobius* son similares a las diferencias de color de la magdalena integral con el control.

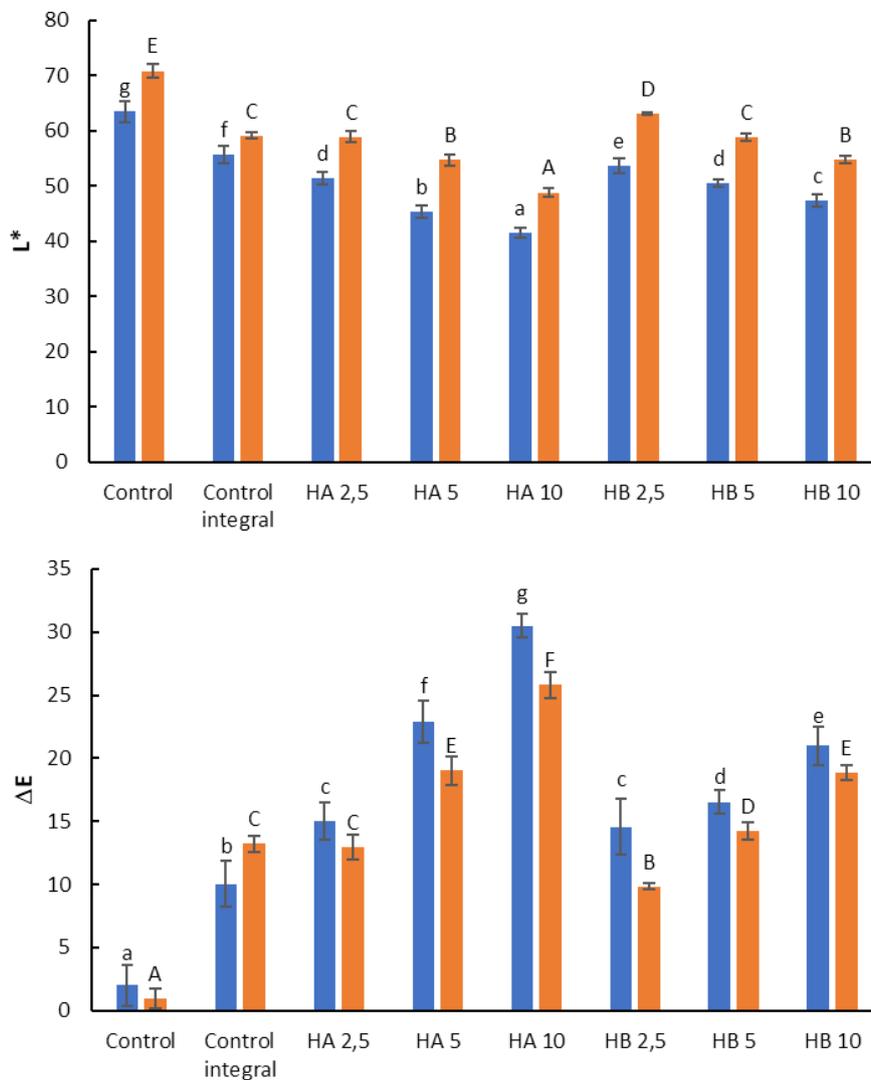


Figura 14. Luminosidad (L^*) y diferencia de color (ΔE) externo (■) e interno (■) de las magdalenas en comparación a la magdalena control según su formulación. Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos en el ANOVA ($n.s=95\%$).

En la Figura 15 se presenta el diagrama cromático y la posición de las coordenadas a^* y b^* de las magdalenas estudiadas en este trabajo. Como puede observarse, el color de todas las muestras se sitúa por debajo del valor 30 en la coordenada b^* , y por debajo del 15 en la coordenada a^* . La adición de harina de insectos disminuye sobre todo la coordenada b^* , tanto en el exterior como en el interior de la magdalena, tanto más cuanto mayor es el reemplazo. Esto es debido al propio color de la harina de insecto en comparación a la harina de trigo.

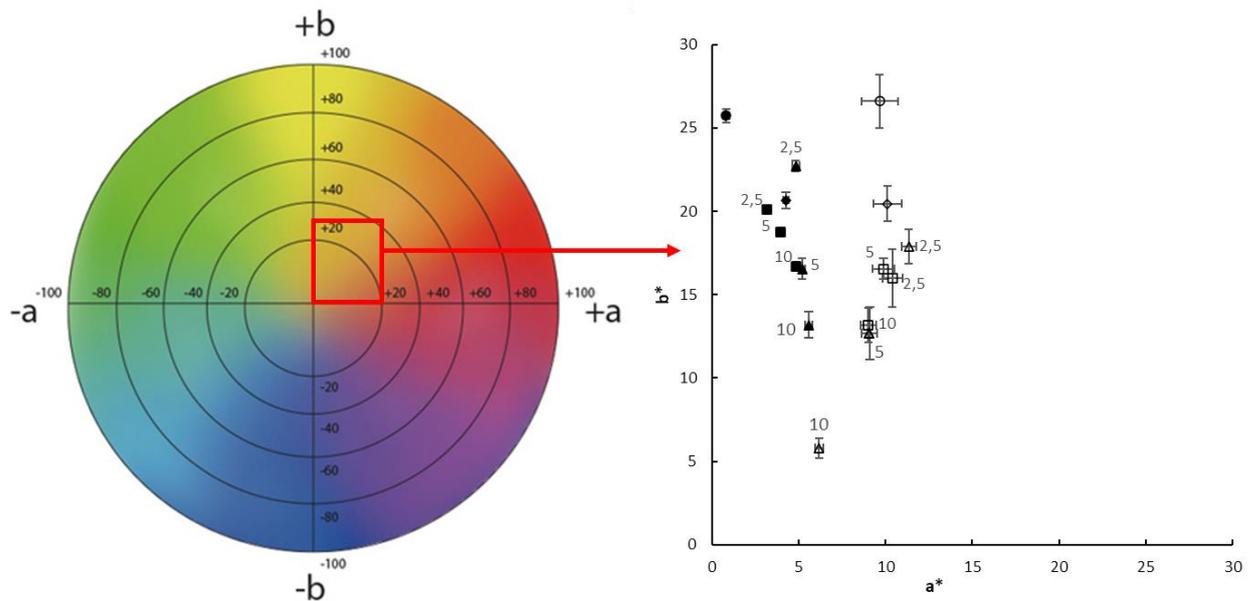


Figura 15. Posición en el diagrama cromático de las magdalenas estudiadas. Control (●), control integral (◆), *Tenebrio molitor* (▲), *Alphitobius diaperinus* (■). Color externo (○,◇,△,□), color interno (●,◆,▲,■).

4.7- Textura

En la Figura 16 se presentan los resultados de la fuerza máxima y el área bajo la curva obtenidos en el análisis de doble compresión realizado a las magdalenas, tanto en la primera compresión como en la segunda. Se puede observar que, a concentraciones altas (5 y 10 %) de harina de *T. molitor*, la fuerza máxima es significativamente mayor que en el control, por lo que estas magdalenas resultan más duras. Sin embargo, la harina de *Alphitobius diaperinus* no modifica significativamente las propiedades texturales del producto en las concentraciones estudiadas. Respecto al área bajo la curva, la harina de *Tenebrio molitor* aumentó la resistencia al flujo a medida que aumentó su concentración, mientras que la harina de *Alphitobius diaperinus* presentó el comportamiento contrario, disminuyendo la resistencia al aumentar la concentración. La segunda compresión supuso menos resistencia en todos los casos.

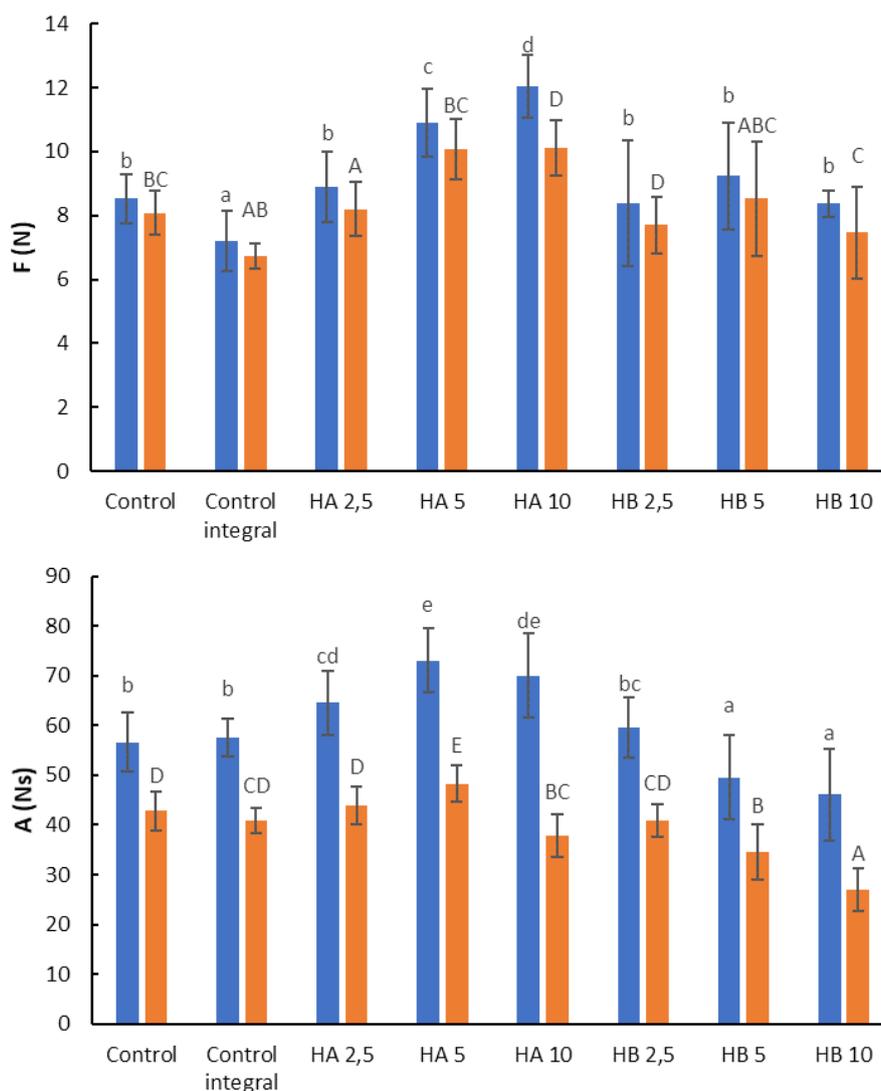


Figura 16. Resultados del análisis de la textura de las magdalenas según su formulación y según la primera compresión (■) o segunda compresión (■). Letras iguales indican grupos homogéneos obtenidos en el ANOVA ($n.s=95\%$).

4.8- Análisis sensorial

Dado los resultados obtenidos en los parámetros anteriores, el análisis sensorial se llevó a cabo comparando una muestra control elaborada con harina de trigo integral y las muestras formuladas con un 5 % de harina de insecto. Con estas concentraciones, las propiedades texturales eran buenas, pero al tener una coloración más oscura se optó por compararlas con el control integral para que el color a priori no influyera en las contestaciones de los catadores.

En la Figura 17 se presentan los resultados de la evaluación sensorial de diferentes atributos con una escala hedónica. Como puede observarse, las magdalenas formuladas con la harina del *Tenebrio molitor* fueron significativamente peor valoradas en todos los atributos excepto en la

textura y en la esponjosidad al tacto, donde no se encontraron diferencias notables con el resto de muestras. Cabe destacar la baja puntuación obtenida en estas magdalenas en el atributo de sabor. Esto coincide con otros estudios realizados por Çabuk (2021) en magdalenas con un reemplazo del 15 % de la harina de trigo por harina de *Tenebrio molitor*. Sin embargo, en todos los atributos, las magdalenas con harina de *Alphitobius diaperinus* obtuvieron puntuaciones muy similares a las magdalenas control.

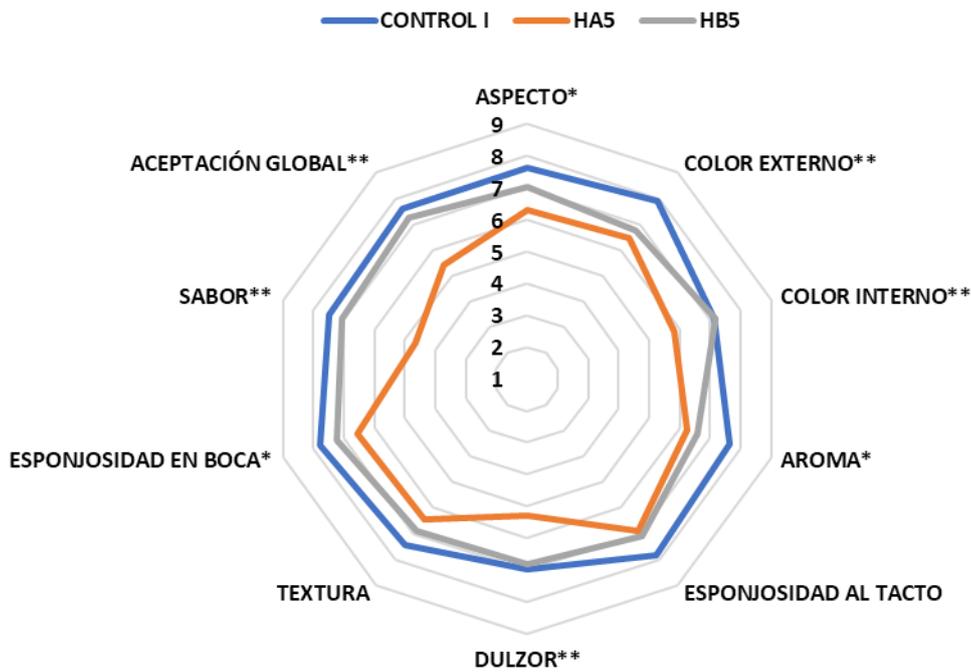


Figura 17. Resultados de la evaluación sensorial medidos mediante escala hedónica. *nivel de significancia del 95 %. ** nivel de significancia del 99 %.

En la Figura 18 se muestran los resultados del análisis Just About Right (JAR) del color externo e interno, del aroma, el dulzor y la dureza. Se aprecia que los catadores están muy divididos en las preferencias tanto del color externo como del interno de las magdalenas formuladas con *Tenebrio molitor*, pues aproximadamente a la mitad de los jueces les gustaría que fueran más claras, mientras que la otra mitad las encuentra bien de color. Sin embargo, la mayoría de los jueces aprueban el color de las magdalenas elaboradas con *Alphitobius diaperinus*. Además, en el caso del *T. molitor*, el aroma debería de ser menos intenso para el 32 % de los jueces y el dulzor mayor para el 40 %. En cuanto a las magdalenas elaboradas con harina del *Alphitobius diaperinus*, el aroma de estas magdalenas debería de ser más intenso para el 32 % de los catadores, mientras que la mayoría aprueban el dulzor. En relación a la dureza, la mayoría de encuestados considera que en los tres casos es adecuada.

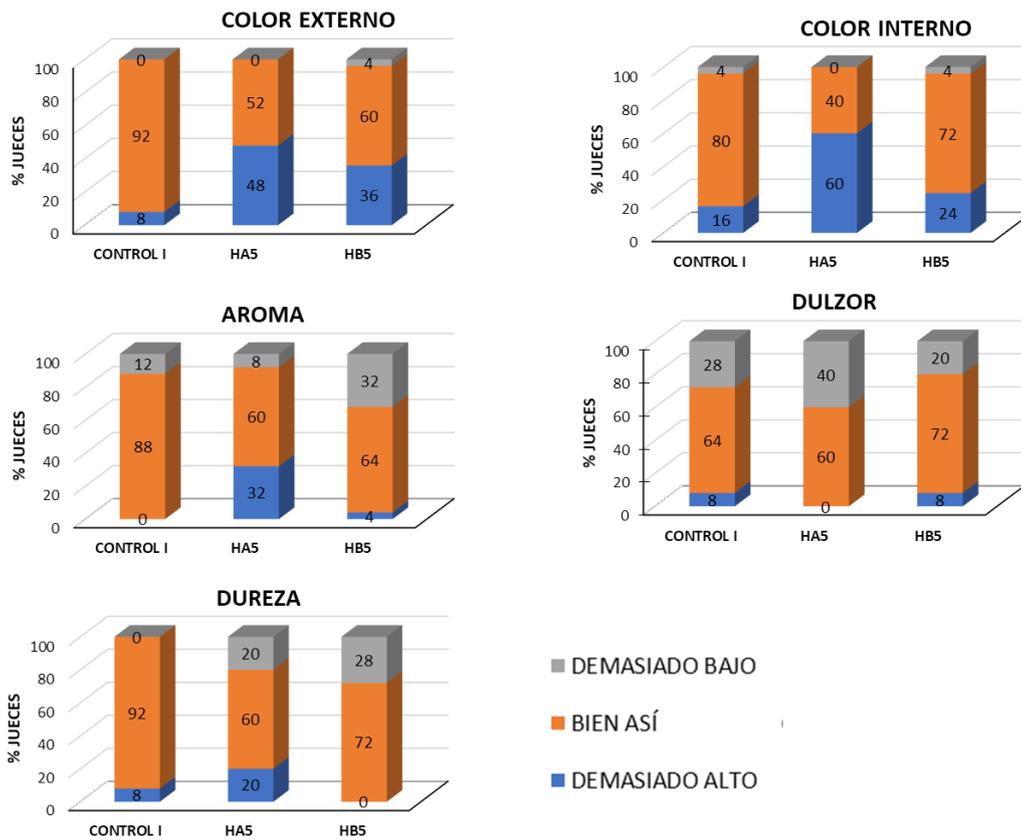


Figura 18. Resultados del análisis Just About Right (JAR) de los atributos color externo, color interno, aroma, dulzor y dureza de las magdalenas formuladas con harina integral (control), con un 5 % de harina del *Tenebrio molitor* (HA5) y con un 5 % de harina del *Alphitobius diaperinus* (HB5).

Con el objetivo de evaluar qué atributos del producto han influido en la aceptación global, se elaboró un gráfico de penalizaciones (Figura 19). Se puede observar que las magdalenas con *Tenebrio molitor* presentaron un aroma demasiado alto y un dulzor demasiado bajo, lo que penalizó la aceptación global de este producto.

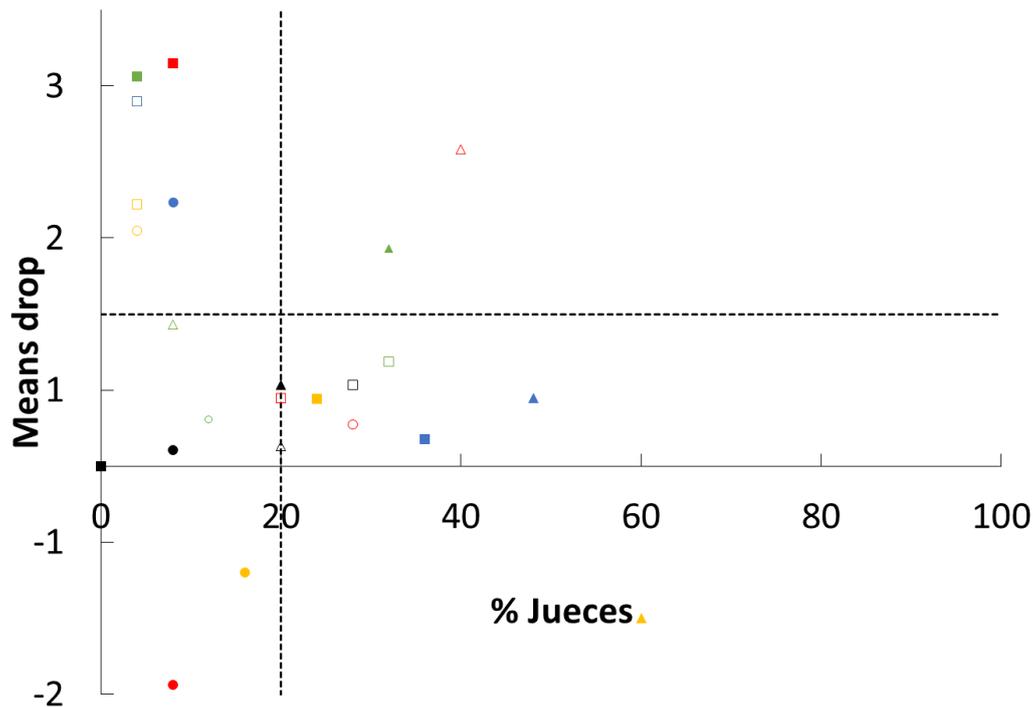


Figura 19. Gráfico de penalizaciones. Símbolos: control (●), HA (▲), HB (■). Colores: color externo (●), color interno (○), aroma (●), dulzor (●), dureza (●). Demasiado alto (relleno), demasiado bajo (hueco)

5.- Conclusiones

- La sustitución de la harina de trigo por las dos harinas de insectos evaluadas, influyó en el tamaño y forma final de las magdalenas, siendo menos altas que el control. La disminución resultó significativa a medida que aumentaba la concentración de *Tenebrio molitor*, mientras que con el *Alphitobius diaperinus*, no influyeron las diferentes concentraciones estudiadas.
- La pérdida de peso durante el horneado fue similar en todos los casos y la a_w del producto final también, por lo que desde el punto de vista de la conservación y el envasado no habría diferencias importantes con las magdalenas tradicionales.
- Las magdalenas del 2,5 y 5 % de *Tenebrio molitor* podrían etiquetarse como “fuente de proteínas”, mientras que la del 10 % como “alto contenido en proteínas”. En el caso de utilizar *Alphitobius diaperinus*, con un 2,5 % serían “fuente de proteínas”, mientras que a partir del 5 %, ya se considerarían “alto contenido en proteínas”.
- En cuanto al perfil de aminoácidos, cabe destacar el enriquecimiento en treonina aportado por la harina de *Tenebrio molitor*, aminoácido esencial que no se encuentra en los cereales.

- Todas las formulaciones se oscurecieron a medida que aumentó la concentración de harina de insecto por el color más oscuro de esta harina. Sin embargo, esta coloración no ha penalizado en la aceptación global.
- En general, las propiedades mecánicas fueron similares en todas las formulaciones excepto cuando se utilizó un 5 y un 10 % de *Tenebrio molitor*, que provocó un endurecimiento de las magdalenas.
- A pesar de que los catadores encontraron diferencias en algunos atributos, solo penalizó la aceptación global de las magdalenas con 5 % de *T. molitor* en términos de requerir menor intensidad de aroma y mayor dulzor.

Como conclusión final, la sustitución de hasta un 5 % de la harina de trigo por harinas de insectos, especialmente de *Alphitobius diaperinus*, puede resultar una buena estrategia para ofertar productos enriquecidos en proteínas, completando las carencias del aminoácido esencial treonina de los productos de panificación y bollería.

6.- Bibliografía

- Abdaslam Ali, A. M., Syamimi Mohd Noor, H., Kei Chong, P., Salam Babji, A., & Joe Lim, S. (2019). COMPARISON OF AMINO ACIDS PROFILE AND ANTIOXIDANT ACTIVITIES BETWEEN EDIBLE BIRD NEST AND CHICKEN EGG. In *Malays. Appl. Biol* (Vol. 48, Issue 2).
- AESAN. (2021a). *INSECTOS COMESTIBLES Y SEGURIDAD ALIMENTARIA*.
- AESAN. (2021b, January 14). *Aesan - Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición*. https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/noticias_y_actualizaciones/noticias/2021/evaluacion_insecto_alimento.htm
- Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Dias, C., Finnigan, J., Moran, D., & Rounsevell, M. (2017). *Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? | Elsevier Enhanced Reader*. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2211912417300056?token=603A8D3BAC17BA532961BE7C5F0559A599A8325F2D849CABEB5D7FF4AFC3A5B3B91B0232C791F3CBA97483E54B5AA346&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210613161758>
- Apolo-Arévalo, L., & Iannacone, J. (2015). *Vista de Crianza del grillo (Acheta domesticus) como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano*. <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Scientia/article/view/389/385>
- ASEMAC. (2019). *Asemac presenta los datos del sector 2019 - ASEMAC*. <https://www.asemac.es/component/k2/item/10-asemac-presenta-los-datos-del-sector-2019>
- Awobusuyi, T. D., Pillay, K., & Siwela, M. (2020). Consumer acceptance of biscuits supplemented with a sorghum–insect meal. *Nutrients*, *12*(4), 895. <https://doi.org/10.3390/nu12040895>
- Biró, B., Sipos, M. A., Kovács, A., Badak-Kerti, K., Pásztor-Huszár, K., & Gere, A. (2020). Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysis and Sensory Evaluation. *Foods*, *9*(11), 1561. <https://doi.org/10.3390/foods9111561>
- Çabuk, B. (2021). Influence of grasshopper (*Locusta Migratoria*) and mealworm (*Tenebrio Molitor*) powders on the quality characteristics of protein rich muffins: nutritional, physicochemical, textural and sensory aspects. *Journal of Food Measurement and Characterization*. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00967-x>
- Cano, C. (2018). *Así son las primeras barritas energéticas de harina de grillo “made in Spain” | Gastronomía en la Cadena SER | Cadena SER*. https://cadenaser.com/ser/2018/07/03/gastro/1530620347_628849.html
- Cappelli, A., Oliva, N., Bonaccorsi, G., Lorini, C., & Cini, E. (2020). *Assessment of the rheological properties and bread characteristics obtained by innovative protein sources (Cicer arietinum, Acheta domesticus, Tenebrio molitor)_ Novel food or potential improvers for wheat flour? | Elsevier Enhanced Reader*. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0023643819312095?token=109488A83FFB2CD7CD1B2B04337CD1CA76D8B74C35EDC8B87E0E21CBC296CEBEAEE636EBE6508BFE701CF9A01DB57900&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210608103125>
- Carrefour. (2018). *Carrefour Lanza una gama de nuevos alimentos a base de insectos - Detalle Nota de Prensa - Carrefour España*. <https://www.carrefour.es/grupo-carrefour/sala-de-prensa/noticias2015.aspx?tcm=tcm:5-47138>

- Castelló, M. L., Echevarriás, A., Rubio-Arreaez, S., & Ortolá, M. D. (2021). *How isomaltulose and oligofructose affect physicochemical and sensory properties of muffins?*
<https://doi.org/10.1111/jtxs.12602>
- da Rosa, C., & Cruz, R. (2019). *Cricket powder (Gryllus assimilis) as a new alternative protein source for gluten-free breads* | Elsevier Enhanced Reader.
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1466856419303522?token=94B05366A47B1C7295C6145CD904212A633D3B05DF212629B16E6117272C8180B89543EF3C9CDAD78ECB5CC5964DD9F4&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210608100947>
- EFEAGRO. (2019). *Una empresa vasca se lanza a la producción de alimentos a base de grillos y larvas*. <https://www.efeagro.com/noticia/grillos-larvas-alimentacion/>
- Etchevers, C. D. (2021). *CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE DIFERENTES TIPOS DE Moringa oleifera*.
- EZ:faast. (2018). *EZ:faast amino acid analysis demo using GC-FID*.
<https://www.youtube.com/watch?v=kiUiF5zxM3g>
- FAO. (2013). *Edible Insects - Future prospects for food and feed security* (A. van Huis, J. Van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir, & P. Vantomme (eds.)). FAO Forestry Paper.
- Fernández-Segovia, I., García-Martínez, E. M., & Fuentes, A. (2018). Aplicación de las escalas de punto ideal o Just-About-Right (JAR) en análisis sensorial de alimentos. *Undefined*.
- Fernández, R. (2021, May 14). *Evolución de la población mundial hasta 2050* | Statista. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/635122/evolucion-de-la-poblacion-mundial/>
- Galili, G. (1995). Regulation of Lysine and Threonine Synthesis. In *The Plant Cell* (Vol. 7).
- García-Segovia, P., Igual, M., Noguerol, A. T., & Martínez-Monzó, J. (2020). *Use of insects and pea powder as alternative protein and mineral sources in extruded snacks*. 246, 703–712.
<https://doi.org/10.1007/s00217-020-03441-y>
- Gasco, L., Biancarosa, I., & Liland, N. S. (2020). *From waste to feed: A review of recent knowledge on insects as producers of protein and fat for animal feeds*.
<https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.03.003>
- González, C., Garzón, R., & Rosell, C. (2019). *Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of H. illucens, A. domestica and T. molitor flours* | Elsevier Enhanced Reader.
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S146685641830016X?token=2DE2768E593C94B9CD8A8A7AFCB0E6C4C09362F4CE1F39B8257499797B6E23642C12F37CBA4BB77EBEE9D8FAD8DEEA8C&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210608104815>
- Hall, F. G., Jones, O. G., O'Haire, M. E., & Liceaga, A. M. (2017). Functional properties of tropical banded cricket (*Gryllobates sigillatus*) protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 224, 414–422. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.138>
- Herranz, B., Cuesta, F. J., Canet, W., & Dolores Alvarez, M. (2017). *A COMPARISON OF GLUTEN WHEAT FLOUR FUNCTIONALITY VERSUS GLUTEN-FREE CHICKPEA FLOUR, AND THEIR MIXTURES, IN THE OSCILLATORY, TRANSIENT, AND STEADY RHEOLOGICAL PROPERTIES OF MUFFIN BATTERS*.
- Herrero, V. (2019). *Estos son los peligros que esconde la bollería industrial*.

https://www.65ymas.com/alimentacion/peligros-bolleria-industrial-personas-mayores_6766_102.html

- Hussein, M., Pillai, V. V., Goddard, J. M., Park, H. G., Kothapalli, K. S., Ross, D. A., Ketterings, Q. M., Thomas Brenna, J., Milstein, M. B., Marquis, H., Johnson, P. A., Nyrop, J. P., & Selvaraj, V. (2017). *Sustainable production of housefly (Musca domestica) larvae as a protein-rich feed ingredient by utilizing cattle manure*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171708>
- Indriani, S., Shahrin Bin Ab Karim, M., Nalinanon, S., & Karnjanapratum, S. (2019). *Quality characteristics of protein-enriched brown rice flour and cake affected by Bombay locust (Patanga succincta L.) powder fortification*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108876>
- Janssen, R., Vincken, J.-P., van den Broek, L., Fogliano, V., & Lakemond, C. (2017). *Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: Tenebrio molitor, Alphitobius diaperinus, and Hermetia illucens*. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00471>
- Khuenpet, K., Vatthanakul, S., & Kitthawee, S. (2020). Effect of larval-stage mealworm (Tenebrio molitor) powder on qualities of bread. *International Journal of Agricultural Technology*, 16(2), 283–296.
- Litwinek, D., Gambuś, H., Mickowska, B., Zięć, G., & Berski, W. (2013). AMINOACIDS COMPOSITION OF PROTEINS IN WHEAT AND OAT FLOURS USED IN BREADS PRODUCTION. In *Journal of Microbiology* (Issue 2).
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- MAPAMA. (2020). *INFORME DEL CONSUMO ALIMENTARIO EN ESPAÑA*. www.mapa.gob.es
- Medrano, L. (2019). *Larvas de gusano de la harina (Tenebrio molitor) como alternativa proteica en la alimentación animal*. <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/28001/1/lcmedranov.pdf>
- Menegon, L. de O., Jantzen, A. da S. L., Lopes, C. C., & Sallas, M. M. (2017). *Bread enriched with flour from cinereous cockroach (Nauphoeta cinerea) | Elsevier Enhanced Reader*. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1466856416308682?token=B9843BAD8EA45EA0296C963BE12DCBD7EC1621F360C416B868A4B5BF98F899853906DDCC78DDA36A69EAE2B50FA9DEF&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210608112148>
- Padín, E. (2019). *Jimini's expone su oferta de aperitivos basados en insectos en el 33 Salón Gourmets | Excelencias Gourmet*. <https://www.excelenciasgourmet.com/es/entrevistas/jiminis-expone-su-oferta-de-aperitivos-basados-en-insectos-en-el-33-salon-gourmets>
- Parajulee, M. N., Dtfoliart, G. R., & Hogg, D. B. (1993). *Ecolocv eNo Bnnevron Model for Use in Mass-Production of Acheta domesticus (Orthoptera: Gryllidae) as Food*.
- Pauter, P., Rózanska, M., Wiza, O., Dworzak, S., Grobelna, N., Sarbak, P., & Kowalczewski, P. (2018). *EFFECTS OF THE REPLACEMENT OF WHEAT FLOUR WITH CRICKET POWDER ON THE CHARACTERISTICS OF MUFFINS*. https://www.food.actapol.net/pub/4_3_2018.pdf
- Peinado, I., Koutsidis, G., & Ames, J. (2016). *Production of seafood flavour formulations from enzymatic hydrolysates of fish by-products | Elsevier Enhanced Reader*. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0023643815301961?token=4C97A8BC7AACA0EA070E2F10C6FA599EB55837B5B4D1C8E48B78001FE9B18D92E4817442DD54E11A9D9>

7490FCE1EC7E1&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210609121951

- Proteinsecta. (2020a). *Acheta Domesticus - Grillo Doméstico* » Proteinsecta. <https://proteinsecta.es/grillo-acheta-domesticus/>
- Proteinsecta. (2020b). *Cómo criar tenebrio para alimento vivo* - Proteinsecta. <https://proteinsecta.es/como-criar-tenebrio-para-alimento-vivo/>
- Proteinsecta. (2020c). *Restaurantes españoles para comer insectos* - Proteinsecta. <https://proteinsecta.es/restaurantes-para-comer-insectos/>
- Radha, C., Ogunsina, B. S., & Babu, H. (2015). Some Quality and Micro-structural Characteristics of Soup Enriched with Debittered Moringa Oleifera Seeds Flour. *American Journal of Food Science and Technology*, 3(6), 145–149. <https://doi.org/10.12691/ajfst-3-6-1>
- Ramos, J. E., Pino, J. M., & Angeles, S. C. (2002). ANALISIS COMPARATIVO DEL VALOR NUTRITIVO DE *Zophobas morio* FABRICIUS 1776, Y SU USO ACTUAL EN LA ALIMENTACIÓN DE ANIMALES DECOMPAÑIA. <http://www.entomologia.socmexent.org/revista/2012/FTBM/977-980.pdf>
- Ravzanaadii, N., Kim, S.-H., Choi, H., Hong, S.-J., & Kim, N. J. (2012). Nutritional Value of Mealworm, *Tenebrio molitor* as Food Source. *Int. J. Indust. Entomol*, 25(1), 93–98. <https://doi.org/10.7852/ijie.2012.25.1.093>
- Roncolini, A., Milanović, V., Cardinali, F., Osimani Id, A., Garofalo, C., Sabbatini, R., Clementi, F., Pasquini, M., Mozzon, M., Foligni, R., Raffaelli, N., Zamporlini, F., Minazzato Id, G., Trombetta, M. F., Van Buitenen, A., Campenhout, L. Van, & Aquilanti, L. (2019). *Protein fortification with mealworm (Tenebrio molitor L.) powder: Effect on textural, microbiological, nutritional and sensory features of bread*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211747>
- rtve. (2021). *Informe semanal: La revolución de los alimentos (1-5-21)*. <https://www.rtve.es/alacarta/videos/informe-semanal/revolucion-alimentos/5893153/>
- Rumpold, B. A., & Langen, N. (2020). *Consumer acceptance of edible insects in an organic waste-based bioeconomy*. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.03.007>
- Sabaté, J., Sranachoenpong, K., Harwatt, H., Wien, M., & Soret, S. (2014). *The environmental cost of protein food choices*. <https://doi.org/10.1017/S1368980014002377>
- Schafer, A. D. S., Hoff, G., Laureano, R. D., Santurio, J. M., & Monteiro, S. G. (2005). Ciclo biológico do cascudinho *Alphitobius diaperinus* em laboratório Biological cycle of the beetle *Alphitobius diaperinus* in laboratory. *Acta Scientiae Veterinariae*, 33(2), 177–181. www.ufrgs.br/favet/revista
- Turck, D., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., Kearney, J., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H. J., Naska, A., Pelaez, C., Pentieva, K., Siani, A., Thies, F., Tsabouri, S., Vinceti, M., Cubadda, F., Frenzel, T., Heinonen, M., Marchelli, R., ... Knutsen, H. K. (2021). Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(1). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343>
- USDA-FoodData. (2021). *FoodData Central*. US Department of Agriculture. Agricultural Research Service. <https://fdc.nal.usda.gov/download-datasets.html>
- Vantome, P. (2013). (PDF) *The contribution of insects to food security, livelihoods and the*

environment. FAO.

https://www.researchgate.net/publication/264623953_The_contribution_of_insects_to_food_security_livelihoods_and_the_environment

Wynants, E., Crauwels, S., Verreth, C., Gianotten, N., Lievens, B., Claes, J., & Van Campenhout, L. (2017). *Microbial dynamics during production of lesser mealworms (Alphitobius diaperinus) for human consumption at industrial scale | Elsevier Enhanced Reader.*
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0740002017307050?token=869E6B24722B5202E261EAE6187288522DAD60E0E5143DFFFBB0E9A32B5BC73FD94BF9FC908FF98328F07AFE624ED4D&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210616090429>

7.- Anexo

CATA DE MAGDALENAS

Antes de comenzar el análisis sensorial de las magdalenas, 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 magdalenas:

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Una vez al mes

Ocasionalmente

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

Valencia _____ de _____ de 2021

Firmado

Dispone de 3 magdalenas diferentes, algunas formuladas con harinas de origen entomológico.
 Responda a las siguientes preguntas siguiendo las instrucciones

Muestra nº 714

Antes de probar la magdalena, 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 EXTERNO** de este producto?

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

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"/>

3. ¿Cómo valora el **COLOR INTERNO** de este producto?

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

En cuanto al **color interno**, 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		

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"/>

5. ¿Cómo valora la **ESPONJOSIDAD** al abrirla?

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

Después de probar la magdalena, valore las siguientes características:

6. ¿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		

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

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

8. ¿Cómo valora la **TEXTURA** de este producto?

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

10. ¿Cómo valora la **ESPONJOSIDAD** en boca?

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

11. ¿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		

12. ¿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

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

Definitivamente no lo compraría	<input type="checkbox"/>
Probablemente no lo compraría	<input type="checkbox"/>
Tal vez sí, tal vez no lo compraría	<input type="checkbox"/>
Probablemente lo compraría	<input type="checkbox"/>
Definitivamente lo compraría	<input type="checkbox"/>

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