

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELAS**  
**GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**



**“NUEVOS INGREDIENTES PARA LA INDUSTRIA CÁRNICA:  
APLICACIÓN DE HARINA DE GRILLO EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS CÁRNICOS  
MÁS SALUDABLES”**



Autora: Judith Rodríguez Párraga

Tutora: Juana Fernández López

Co-tutora: Carmen M<sup>a</sup> Botella Martínez



Este trabajo forma parte del Programa AGROALNEXT (AGROALNEXT/2022/060 – “Desarrollo y optimización de procesos innovadores y sostenibles de extracción de aceite y proteínas a partir de microalgas, insectos, residuos y subproductos agroalimentarios: Evaluación de propiedades biológicas (EXTRAOLIOPRO)”) del Ministerio de Ciencia e Innovación financiado con fondos Next Generation de la Unión Europea (PRTR-C17. I1) y por la Generalitat Valenciana.

**AGROALNEXT**



## **Nuevos ingredientes para la industria cárnica: Aplicación de harina de grillo en el desarrollo de productos cárnicos más saludables.**

### **RESUMEN**

Existe una demanda creciente por el consumo de alimentos ricos en proteína, también focalizada en el consumo de proteína de origen alternativo. En este trabajo se aplicó harina de grillo común (*Acheta domesticus*) a un producto cárnico tipo hamburguesa a fin de enriquecerlo proteicamente, obteniendo 3 formulaciones diferentes donde variaba el porcentaje adicionado de harina. Se caracterizaron química y fisicoquímicamente, se determinaron sus propiedades tecno-funcionales y sus propiedades de cocción, presentando los mejores resultados para la formulación F 20%, la de mayor porcentaje adicionado (20% de harina de grillo). En cambio, no ocurrió igual a nivel sensorial, donde fue la peor valorada. La harina de grillo presenta ventajas tanto nutricionales como medioambientales, en relación con el cambio climático y la cría de animales de abasto, dado que requiere menor contenido de agua para su cría y produce menores emisiones de CO<sub>2</sub> que los animales de abasto. Se trata de un producto más sostenible y saludable, ya que también supone una mejora en el perfil lipídico del producto en comparación con un producto cárnico tipo convencional, prevaleciendo los ácidos grasos poliinsaturados, la proteína y fibra como macronutrientes y Mg, Fe y Zn como micronutrientes. En conclusión, la harina de grillo podría ser un nuevo ingrediente en la industria cárnica a fin de obtener análogos cárnicos más saludables, adaptándose a la demanda de los consumidores y contribuyendo al desarrollo e innovación de la industria cárnica, permitiendo un crecimiento de mercado óptimo.

**Palabras clave:** carne, grillo, harina, saludable, sostenibilidad

### **ABSTRACT**

There is a growing demand for protein-rich foods, also focused on the consumption of protein of alternative origin. In this study, common cricket (*Acheta domesticus*) flour was applied to a hamburger-type meat product in order to enrich it with protein, obtaining three different formulations in which the percentage of flour added varied. They were

chemically and physico-chemically characterised, their techno-functional properties and their cooking properties were determined, with the best results for formulation F 20%, the one with the highest percentage added (20% cricket flour). On the other hand, the same did not occur at the sensory level, where it was the worst evaluated. Cricket meal has both nutritional and environmental advantages in relation to climate change and the rearing of food animals, as it requires less water content for rearing and produces lower CO<sub>2</sub> emissions than food animals. It is a more sustainable and healthier product, as it also means an improvement in the lipid profile of the product compared to a conventional meat product, with polyunsaturated fatty acids, protein and fibre as macronutrients and Mg, Fe and Zn as micronutrients. In conclusion, cricket flour could be a new ingredient in the meat industry in order to obtain healthier meat analogues, adapting to consumer demand and contributing to the development and innovation of the meat industry, allowing optimal market growth.

**Keywords:** meat, cricket, flour, healthy, sustainability, healthy, flour



# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Historia del consumo de insectos .....	9
1.2. Especies de insectos comestibles .....	10
1.3. Perfil nutricional de la harina de <i>Acheta domesticus</i> .....	13
1.4. Aplicación de las harinas de insectos en productos cárnicos.....	15
1.5. Justificación del trabajo.....	15
OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo general .....	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Materiales: materias primas .....	17
3.1.1. Harina de grillo común ( <i>Acheta domesticus</i> ).....	17
3.1.2. Materias para la elaboración del producto cárnico .....	17
3.2. Métodos.....	17
3.2.1. Propiedades tecno-funcionales de la harina.....	17
<i>Capacidad de retención de agua (CRA)</i> .....	17
<i>Capacidad de retención de aceite (CRO)</i> .....	18
<i>pH</i> .....	19
<i>Color</i> .....	20
3.2.2. Elaboración producto cárnico tipo hamburguesa con harina de grillo	
20	
<i>Formulaciones</i> .....	20
<i>Descripción del proceso de elaboración</i> .....	21
<u>3.2.3. Métodos analíticos para la caracterización de las hamburguesas con</u>	
harina de grillo .....	22
<i>Caracterización fisicoquímica</i> .....	22

<i>pH</i> .....	22
<i>Actividad de agua (Aw)</i> .....	22
<i>Color</i> .....	23
3.2.4. Análisis del perfil de textura (TPA) .....	23
3.2.5. Propiedades de cocinado.....	24
3.2.6. Análisis proximal .....	24
<i>Humedad</i> .....	24
<i>Cenizas</i> .....	24
<i>Proteína</i> .....	25
<i>Grasa</i> .....	25
<i>Fibra dietética total</i> .....	26
3.2.7. Análisis sensorial .....	26
3.2.8. Análisis estadístico.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
4.1. Propiedades tecno-funcionales y fisicoquímicas de la harina de grillo común ( <i>Acheta domestica</i> ) .....	28
4.2. Caracterización de las hamburguesas con harina de grillo .....	29
4.2.1. Composición proximal de las hamburguesas con harina de grillo.....	29
4.2.2. Composición fisicoquímica de las hamburguesas con harina de grillo.....	32
4.3. Análisis del perfil textural de las hamburguesas con harina de grillo... ..	37
4.4. Análisis de las propiedades de cocinado de las hamburguesas con harina de grillo .....	39
4.5. Análisis sensorial de hamburguesas con harina de grillo.....	41
CONCLUSIONES.....	44
BIBLIOGRAFÍA .....	45

## 1. INTRODUCCIÓN

La preocupación de los consumidores por llevar y promover un estilo de vida más saludable ha dado lugar a la innovación y desarrollo de alimentos más funcionales, es decir con mayores proporciones de fibra y proteína, y un perfil lipídico con mayor contenido en ácidos grasos insaturados (Botella-Martínez *et al.*, 2023).

Se ha producido un aumento en la demanda de alimentos enriquecidos en proteínas, y por ello la industria alimentaria está desarrollando nuevos alimentos para cubrir estas necesidades. A parte de las proteínas procedentes de la carne de animales de abasto, hay otras proteínas procedentes de fuentes alternativas que también están despertando un gran interés, como son las procedentes de algas, aislados de proteínas de suero o aislados de proteínas de soja, aunque también se han usado hidrolizados de proteínas de legumbres. Fundamentalmente, las procedentes de origen vegetal suelen ser las más empleadas debido a su bajo costo y beneficios para la salud, entre ellos la ausencia de colesterol (Thirumdas *et al.*, 2018). Otra interesante fuente alternativa de proteína serían los insectos, cuya producción sostenible y características nutricionales lo hacen un ingrediente muy atractivo para cubrir las expectativas de mercado de este tipo de alimentos (Zamuz *et al.*, 2019).

Los insectos están incluidos dentro de la definición de “nuevo alimento” según la normativa europea, y la regulación de su utilización viene recogida en el Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2015 relativo a los nuevos alimentos. Desde el 2 de junio de 2021 que se publicó en el Diario Oficial de la Unión Europea la primera autorización para la comercialización en Europa de un insecto, la larva de *Tenebrio molitor* (gusano de la harina), en diferentes categorías de alimentos, actualmente son ya cuatro las especies de insectos autorizadas bajo el Reglamento (UE) 2015/2283, las larvas del gusano de la harina (*Tenebrio molitor*), la langosta migratoria (*Locusta migratoria*), el grillo doméstico (*Acheta domesticus*) (Figura 1) y las larvas del escarabajo del estiércol (*Alphitobius diaperinus*). En la Tabla 1 se resumen estas especies, junto con la información de las formas autorizadas para su comercialización, el reglamento que las autoriza y las fechas de autorización y de protección de datos.

**Tabla 1.** Especies, formas y reglamento autorizado en la Unión Europea.

Nombre	Formas autorizadas para comercialización	Reglamento	Fecha autorización	Protección de datos hasta
<b>Larvas de <i>Tenebrio molitor</i> (gusano de la harina)</b>	Desecada	Reglamento de ejecución (UE) 2021/882 de la Comisión	22/06/2021	22/06/2026
	Congelada, desecada y en polvo	Reglamento de ejecución (UE) 2022/169 de la Comisión	01/03/2022	01/03/2027
<b><i>Locusta migratoria</i> (langosta migratoria)</b>	Congelada, desecada y en polvo	Reglamento de ejecución (UE) 2021/1975 de la Comisión	05/12/2021	05/12/2026
<b><i>Acheta domesticus</i> (grillo común)</b>	Congelada, desecada y en polvo	Reglamento de ejecución (UE) 2022/188 de la Comisión	03/03/2022	03/03/2027
	Polvo parcialmente desgrasado	Reglamento de ejecución (UE) 2023/5 de la Comisión	24/01/2023	24/01/2028
<b>Larvas de <i>Alphitobius diaperinus</i> (escarabajo del estiércol)</b>	Congelada, en pasta, desecada y en polvo	Reglamento de ejecución (UE) 2023/58 de la Comisión	26/01/2023	26/01/2028

Fuente: AESAN, 2023



## 1.1. Historia del consumo de insectos

El término griego de la entomofagia (*entomo*=insectos; *fagus*=comer) se conoce desde el principio de los tiempos. Son numerosas las referencias que ha habido relativas al consumo de insectos.

La primera de ellas figura en la Biblia, concretamente en el Levítico 11:22, donde se afirma que “las langostas y los grillos son animales “limpios” y, por lo tanto, “aptos para ser consumidos”. Diversos antropólogos citan como primeras referencias el consumo de insectos por parte de los humanos en la Antigua Europa, quedando reflejado en *Historia Animalium*, libro perteneciente a Aristóteles, quién reflejó el manjar que le suponía el consumo de cigarra, así como algunos consejos eficientes para su cría. No obstante, también mencionan la larva de *Cossus cossus*, utilizada en la antigua Roma. Posteriormente, fueron los aztecas quienes consumían tanto los insectos como sus huevos a fin de obtener la fuente de proteínas requerida (Lesnik, 2018)

Parece claro entonces que el consumo de insectos se practicaba desde la era paleolítica, bien haya sido como alimento, degustación o manjar, como complemento o como alimento de emergencia, sobre todo durante la búsqueda de fruta, donde eran recolectados y consumidos a su vez por considerarse un alimento dulce (Meyer-Rochow, 2010). Según este autor los insectos se clasificaban en insectos dulces (gusanos del melón, larvas de abeja), insectos grasos (oruga de palmera) o insectos proteicos (saltamontes) (Figura 1).



**Figura 1.** Clasificación de insectos según las necesidades biológicas (Meyer-Rochow, 2010).

En lo que respecta a su ubicación geográfica, los insectos predominan más en las zonas tropicales del planeta, debido a las condiciones del clima cálido y húmedo, el cual es constante durante todo el año (Figura 2). Es por ello por lo que los países ubicados en

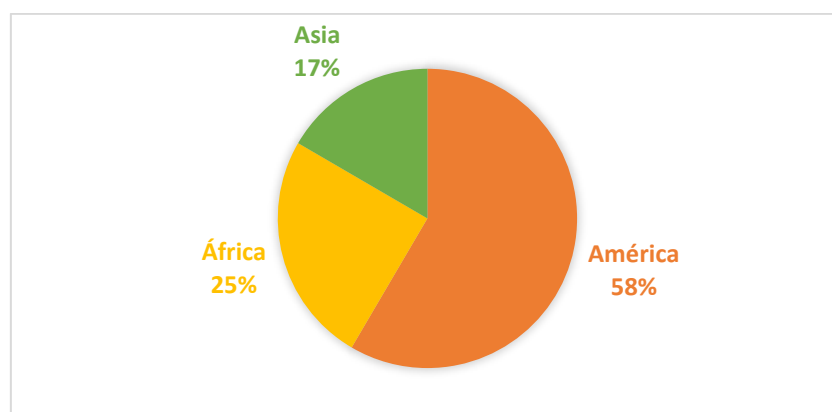
estas zonas o cerca de ellas son aquellos que incluyen en sus hábitos alimenticios los insectos, o al menos en sus tradiciones culinarias, por ende, el consumo de estos está más normalizado, como ocurre en Brasil, México o algunos países del sudeste de Asia, de manera que no resulta tanto un tabú alimentario, como es el caso de países de Occidente. En Europa o Norteamérica, por ejemplo, las temperaturas tampoco son lo suficientemente propicias para fomentar el desarrollo de los insectos, con lo cual estos nunca han podido cubrir las necesidades de la sociedad, por ello, en estos países predomina el consumo de carne ovina, bovina y caprina, a fin de cubrir la demanda calórica ante el descenso de temperaturas en comparación con los países de las zonas tropicales (Llaurado, 2022).



**Figura 2.** Regiones tropicales con mejor proliferación de insectos comestibles

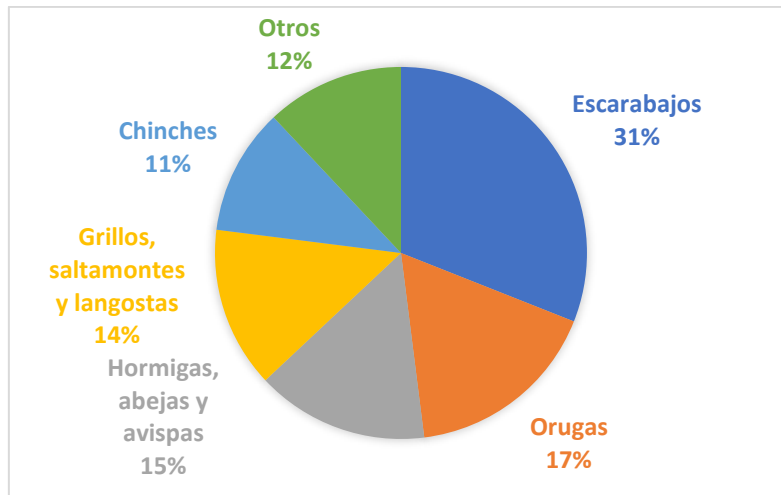
### 1.2. Especies de insectos comestibles

Son numerosas las especies que se han registrado como insectos comestibles, alcanzando el número de 2086 en 130 países diferentes. América es el continente que más especies ha registrado (1228), seguido de África (524) y Asia (349) (Figura 3), (Ramos-Elorduy *et al.* 2009).



**Figura 3.** Continentes con mayor registro de especies comestibles de insectos.

Entre los insectos comestibles se incluyen chinches, escarabajos, abejas, hormigas, grillos, saltamontes, termitas y orugas (Figura 4), pudiendo ser consumidos en una etapa en específico de su ciclo de vida (huevo, larva, pupa, ninfa o adulto) o en todas, aunque esto también dependerá de qué insecto se trate.



**Figura 4.** Especies de insectos comestibles registradas en el mundo.

Aunque pueden encontrarse en el mercado europeo 8 tipos diferentes de insectos, tales como:

- *Acheta domesticus*
- *Tenebrio molitor*
- *Locusta migratoria*
- *Gryllodes sigillatus*
- *Schistocerca gregaria*
- *Alphitobius diaperinus*
- *Apis mellifera*
- *Hermetia illucens*

A lo largo de los últimos años el consumo de insectos ha dejado de percibirse como un tabú alimentario, aunque no en su totalidad. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2013) ha apoyado y detallado los beneficios nutricionales, así como medioambientales y culturales de emplear los insectos como alimento, tanto para humanos como para animales, en forma de pienso.

Como consecuencia del crecimiento de la población mundial se ha estimado que se necesita un gran incremento en la producción de alimentos ricos en proteínas para poder satisfacer las demandas alimenticias. Las fuentes usuales de proteínas de origen animal, los animales de abasto no están en condiciones de poder satisfacer dicha demanda, por las repercusiones de la producción ganadera sobre el cambio climático, debido a los gases de efecto invernadero, con lo cual, se necesitan fuentes de proteínas animales alternativas de calidad similar, pero más sostenibles (Uribe Hoyos y Morales Arévalo, 2022).

El consumo de insectos es algo habitual en países como África, Asia o América del Sur, mientras que en occidente no ocurre de la misma manera como consecuencia del tabú alimentario que suponen. Sin embargo, puede suponer una alternativa ante la escasez de alimentos en determinadas regiones.

El cambio climático es un hecho innegable, por lo que la utilización de harina de grillo presenta numerosas ventajas en comparación con la producción y consumo de carne convencional. Además, si se compara el ciclo de vida del sector ganadero con el de los insectos, supone una menor incidencia de problemas medio ambientales en lo que respecta a consumo de agua, emisiones de CO<sub>2</sub> u otros gases de efecto invernadero, dado que este sector es el que más contribuye a este último parámetro, produciendo a su vez grandes cantidades de amoníaco que provocan la acidificación y nitrificación del suelo (Oonincx *et al.*, 2010). Es por ello por lo que empiezan a considerarse otras fuentes de proteína, tales como los insectos comestibles como alternativa interesante a los problemas medioambientales que se han ido desarrollando en los últimos años. Actualmente ya se considera a los insectos comestibles un recurso alternativo frente a la deficiencia global de proteína animal, a corto y largo plazo (Van-Huis *et al.*, 2013).



**Figura 5.** Grillo común (*Acheta domesticus*)

### 1.3. Perfil nutricional de la harina de *Acheta domesticus*

Nutricionalmente, *Acheta domesticus* destaca por su contenido en proteínas, en comparación con otros insectos (Tabla 2), que, además, son de fácil digestibilidad (Ramos-Elorduy *et al.* 2009). También presenta una amplia gama de otros macro y micronutrientes (Tabla 3) (Ververis *et al.*, 2022).

**Tabla 2.** Contenido promedio de proteína de insectos prominentes.

Nombre común	Nombre científico	Contenido en proteína (g/100 g peso fresco)
Gusano amarillo	<i>Tenebrio molitor</i>	25
Grillos	<i>Acheta domesticus</i>	23
Termitas	<i>Macrotermes nigeriensis</i>	22
Escarabajos palmípedos	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	20
Langostas	<i>Locusta migratoria</i>	17
Gusanos de seda	<i>Bombyx mori</i>	15
Saltamontes	<i>Melanoplus femurrubrum</i>	14

También se pueden consumir como extracto proteico, realizado mediante extracción, o bien en forma de harina, lo que permite su aplicación como ingrediente en la elaboración de productos procesados y suele tener menor rechazo por parte de los consumidores que no están familiarizados con el consumo de insectos. En la harina de grillo común, el macronutriente predominante es la proteína (42-75%) (Tabla 2), seguido de la grasa bruta (7,5-35%). En el perfil lipídico de la grasa prevalecen los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) omega 6 (n-6) por encima de los AGPI omega 3 (n-3). En el perfil lipídico de la harina de grillo, predominan los ácidos grasos linoleico, seguido del palmítico, el oleico y el ácido esteárico. De igual manera, su incorporación en productos cárnicos del tipo salchicha Frankfurt hace que prevalezcan los ácidos grasos insaturados (AGI) frente a los saturados (AGS), lo cual supone un beneficio para la salud, pues una mayor ingesta de AGS se relaciona con una mayor probabilidad de desarrollo de enfermedades cardiovasculares, entre otras patologías (Álvarez *et al.*, 2020). Asimismo, cuanto mayor

sea la proporción de harina de grillo adicionada, mayor será el perfil de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), siendo el principal responsable de esto el ácido linoleico.

En cuanto al contenido en minerales, potasio (K), fósforo (P), sodio (Na) y calcio (Ca). De manera que, una mayor adición de harina no solamente mejora el perfil lipídico de los análogos cárnicos, sino también de la composición mineral, dado que también aporta otros minerales tales como zinc (Zn), magnesio (Mg) y hierro (Fe) (Tabla 3). Su contenido en vitaminas depende mucho del tratamiento térmico que reciban los grillos durante su procesado, ya que algunas de ellas suelen ser termolábiles. Sin embargo, es el tratamiento térmico que se aplica a los grillos para poder hacer la harina el que hace de este un producto seguro y estable microbiológicamente, de manera que no suponga un peligro para el consumo humano (Palop-Gómez *et al.*, 2018).

Previamente a la autorización de su consumo, la EFSA evaluó el perfil toxicológico de *Acheta domesticus*, en relación con el posible contenido en metales pesados, micotoxinas, residuos de pesticidas y medicamentos, no encontrándose ninguno de ellos a niveles superiores a los permitidos.

En relación con el perfil de aminoácidos esenciales, los más abundantes son leucina (Leu), lisina (Lys), valina (Val) y fenilalanina. Además, estos también influyen en las características sensoriales del producto, dado que están involucrados en el sabor. También se caracteriza por contener niveles más altos a mayor sustitución de otros aminoácidos como prolina (Pro), glicina, alanina (Ala) y tirosina (Tyr) (G.T. Pilco Romero, 2021).

**Tabla 3.** Información nutricional de la harina de grillo común (*Acheta domesticus*)

<b>INFORMACIÓN NUTRICIONAL</b>	
<b>Valores medios</b>	<b>por 100 g</b>
Valor energético	2014,47 kJ
	481,47 kcal
Grasas	18,49 g
de las cuales saturadas	6,7 g
Hidratos de carbono	9,36 g
de los cuales azúcares	<0,01 g
Fibra	6,09 g
Proteína	69,41 g
Sal	-
<b>VITAMINAS Y MINERALES</b>	
Magnesio	37,07 mg (10% VRN*)
Hierro	10,48 mg (75% VRN *)
Zinc	4,68 mg (47% VRN*)

#### 1.4. Aplicación de las harinas de insectos en productos cárnicos

La utilización de la harina de insectos en productos cárnicos como sustituto de las fuentes tradicionales de proteínas y/o grasas (carne de cerdo o de bovino) parece tener un amplio campo de desarrollo y de estudio. Además de su contribución al perfil nutricional del producto final, podría proporcionar diversos beneficios tecnológicos, tales como mejorar la capacidad de emulsión y gelificación. Se ha demostrado que la adición de proteína de grillo en forma de harina confiere una textura de mayor firmeza, como consecuencia de la formación de una matriz proteica más resistente a la compresión y, por ende, más densa. Asimismo, disminuye la elasticidad y la compresión como consecuencia de la capacidad de hinchamiento de la harina. Sin embargo, no afectaría a las características estructurales de los productos cárnicos como consecuencia de la interacción lípido-proteína que se produce (Cavalheiro *et al.*, 2023). Estos beneficios nutricionales y tecnológicos, junto a la mayor sostenibilidad de su producción, resultaría en la obtención de productos cárnicos más saludables y sostenible que los tradicionales.

#### 1.5. Justificación del trabajo

La decisión de introducir el consumo de insectos en forma de harina como ingrediente de un producto cárnico, radica en que los consumidores occidentales no están acostumbrados al consumo de insectos en su forma original debido al tabú alimentario que supone para alguno de ellos, a diferencia de otras culturas y países. Además, como España es un país donde el consumo de carne y productos cárnicos es muy elevado (Figura 6), se ha seleccionado la hamburguesa, un producto muy bien aceptado por los consumidores más jóvenes, que también suelen ser los que manifiestan mayor preocupación por los temas medioambientales y una mayor predisposición a la aceptación de nuevos productos y sabores.



Fuente: MAPA—Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación. Informe de Consumo Alimentario en España 2021.

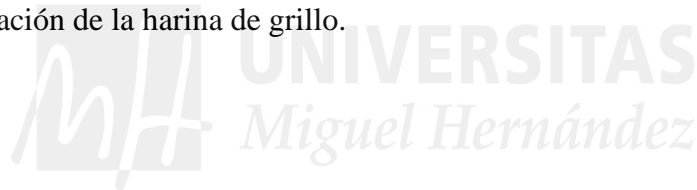
## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

- Evaluar la viabilidad tecnológica, fisicoquímica y sensorial de introducir la harina de grillo en la formulación de un producto cárnico tipo hamburguesa.

### 2.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas (pH, actividad de agua y color) así como las tecno-funcionales (capacidad de retención de agua y capacidad de retención de aceite) de la harina de grillo común (*Acheta domesticus*).
- Determinar la composición química de un producto cárnico tipo hamburguesa con diferentes concentraciones de harina de grillo.
- Determinar las variaciones en sus propiedades fisicoquímicas a medida que varía la concentración de harina.
- Determinar cómo varía la aceptación del producto cárnico en función de la concentración de la harina de grillo.





### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Materiales: materias primas

##### 3.1.1. Harina de grillo común (*Acheta domesticus*)

La harina de grillo se obtuvo de Origen Farms S.L., ubicada en Albacete, transportada y conservada a temperatura ( $T^a$ ) ambiente.



**Figura 7.** Harina de grillo común empleada para las diversas formulaciones

##### 3.1.2. Materias para la elaboración del producto cárnico

Las materias primas cárnicas (panceta y magro) se obtuvieron en una carnicería de Orihuela, Alicante (España) y fueron transportadas a la planta piloto de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (EPSO) y conservadas en refrigeración hasta su uso a una  $T^a$  de  $4\pm 2$  °C. Las especias empleadas fueron sal y pimienta negra suministradas por Rivers S.A (Orihuela, Alicante, España).

#### 3.2. Métodos

##### 3.2.1. Propiedades tecno-funcionales de la harina

###### Capacidad de retención de agua (CRA)

Para la determinación de la capacidad de retención de agua, se adicionaron  $0,5\pm 0,1$  g de la harina de grillo (ME) en tubos de centrífuga. Posteriormente, se les adicionó 10 mL de agua destilada, se agitaron en un vórtex a 20 segundos aproximadamente y se dejaron las 3 muestras tapadas a  $T^a$  ambiente durante 24 horas.

Al día siguiente, los tubos fueron centrifugados a 3000 rpm durante 20 min en una centrífuga Nahita Model 2690. Finalizada la centrifugación, se eliminó la totalidad del

sobrenadante, se pesó el tubo junto al precipitado (MTP), realizándose por triplicado dicha medición.

Los resultados se determinaron mediante la ecuación 1:

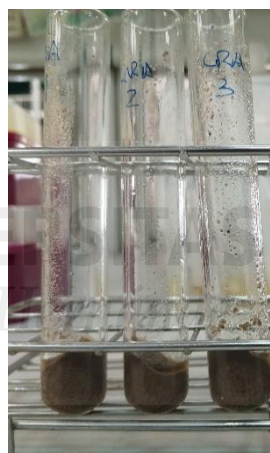
$$CRA \left( \frac{g \text{ agua}}{g \text{ muestra}} \right) = \frac{MTP - MT - ME}{ME} \quad (\text{Ec. 1})$$

Sabiendo que:

MTP: masa de tubo y precipitado (g)

MT: masa del tubo (g)

ME: masa de fibra (g)



**Figura 8.** Medición de la CRA tras 24h antes de centrifugar **Figura 9.** Medición de la CRA tras 24h sin sobrenadante

### Capacidad de retención de aceite (CRO)

Para la capacidad de retención de aceite, se adicionaron  $0,5 \pm 0,1$  g (ME) de la harina de grillo en tubos de centrífuga. Posteriormente, se les adicionó 5 mL de aceite de girasol y se homogeneizó en un vórtex durante 20 segundos aproximadamente. Acto seguido se dejó reposar a T<sup>a</sup> ambiente durante 24 horas.

Al día siguiente los tubos fueron centrifugados a 3000 rpm en una centrífuga Nahita Model 2690 durante 20 minutos. Finalizada la centrifugación, se eliminó el total del sobrenadante. Se pesó el tubo junto al precipitado (MTP), realizándose por triplicado dicha medición. Los resultados se determinaron mediante la ecuación 2:

(Ec. 2)

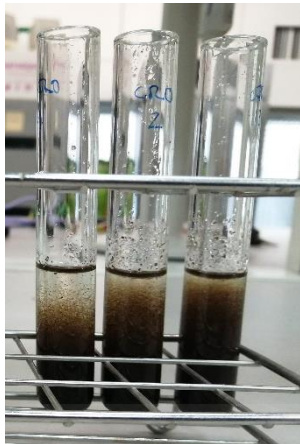
$$CRO \left( \frac{g \text{ aceite}}{g \text{ muestra}} \right) = \frac{MTP - MT - ME}{ME}$$

Sabiendo que:

MTP: masa de tubo y precipitado (g)

MT: masa del tubo (g)

ME: masa de fibra (g)



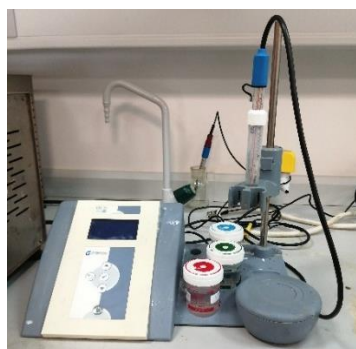
**Figura 10.** Medición de la CRO tras 24h antes de centrifugar



**Figura 11.** Medición de la CRO tras 24h sin sobrenadante

### pH

Para la determinación de pH, se disolvió la harina de grillo con agua destilada en una proporción 1:10. La determinación se llevó a cabo en un pH-metro GLP 21 Crison (Eutech Instruments Pte Ltd., Singapur) y esta se realizó por triplicado.



**Figura 12.** pH-metro para disoluciones

### Color

El color de la harina se estudió siguiendo las coordenadas CIELab\*, donde L\* da el resultado de la luminosidad de la muestra, a\* hace referencia a la coordenada verde-rojo y b\* a la coordenada amarilla-azul.

Asimismo, también se midieron los parámetros del croma (C\*) y tono (h\*), cuyas expresiones para su cálculo se expresan en las siguientes ecuaciones:

$$C * = \sqrt{a *^2 + b *^2} \quad (\text{Ec 3.}) \quad h * = \tan^{-1} (a*/b*) \quad (\text{Ec 4.})$$

Para su determinación se utilizó un colorímetro Minolta CM-700d (Minolta Camera Co, Osaka, Japón). Se utilizó el observador 10°, modo SCI y el iluminante D<sub>65</sub>. Se emplearon también vidrios de baja reflectancia entre las muestras de la harina y el equipo, del tipo CR-A51/1829-752 (Minolta Camera Co. Osaka, Japón). Se realizaron las mediciones por triplicado de 2 muestras de harina.



**Figura 23.** Colorímetro Minolta CM-700d

### **3.2.2. Elaboración producto cárnico tipo hamburguesa con harina de grillo**

#### Formulaciones

A continuación, se muestran los porcentajes de cada uno de los ingredientes para las 3 formulaciones, respectivamente:

**Tabla 1.** *Formulación de los distintos lotes de hamburguesas*

	<b>CONTROL (g)</b>	<b>F 10% (g)</b>	<b>F 20% (g)</b>
<b>Magro</b>	70	60	50
<b>Panceta</b>	30	30	30
<b>Harina de grillo</b>	0	10	20
<b>Agua</b>	7,5	7,5	7,5
<b>Sal</b>	75	75	75
<b>Pimienta</b>	0,25	0,25	0,25

### Descripción del proceso de elaboración

Primeramente, se procedió a la pesada de la harina, sal y pimienta para cada una de las formulaciones. Una vez finalizadas las pesadas, se extrajeron las materias cárnicas de refrigeración, encontrándose inicialmente a una temperatura de  $4\pm 1$  °C. Se pesaron cada una de ellas por separado y se acondicionaron para la incorporación mediante la adición de agua fría, facilitando así la solubilización de las proteínas y el mantenimiento de la temperatura de las materias cárnicas, minimizando el efecto adverso de embarrado al calentamiento por fricción.



**Figura 34.** Mezcla de magro de cerdo, panceta, agua en forma de hielo y sal

Posteriormente, se adicionaron la sal, la harina de grillo (a excepción del lote control) y la pimienta de manera secuencial, manteniendo un amasado constante a fin de homogeneizar la totalidad de los ingredientes durante 5 minutos aproximadamente.

Cuando la masa estuvo homogeneizada por completo, se dividió cada uno de los lotes en porciones de  $30\pm 2$  g, y se moldearon con forma circular mediante moldeadoras para hamburguesas de 7 cm de diámetro (Figura 17).



**Figura 47.** Moldeado de las hamburguesas de las diferentes formulaciones

Una vez moldeadas, se metieron en bolsas zip cada uno de los controles respectivamente, se rotularon y se llevaron a refrigeración a una temperatura de  $4\pm 1$  °C hasta su uso para las determinaciones que se indicarán a continuación en los siguientes apartados.

Para las determinaciones realizadas sobre las hamburguesas cocinadas se procedió a su cocinado en una plancha de cocina eléctrica hasta alcanzar en el interior de cada una de ellas una temperatura superior a 72°C.

### 3.2.3. Métodos analíticos para la caracterización de las hamburguesas con harina de grillo

#### Caracterización fisicoquímica

- pH

La determinación de pH se realizó por triplicado para los tres lotes de hamburguesas tanto crudas como cocinadas (Control, F 10% y F 20%). Se utilizó un pH-metro Crison micro pH meter 2001, modelo 507 (Crison, Barcelona, España) (Figura 18), mediante un electrodo de punción directa para productos sólidos. En total se obtuvieron 18 mediciones, 6 medidas para cada formulación.



**Figura 18.** pH-metro de punción

- Actividad de agua (Aw)

Las mediciones para la actividad de agua se realizaron por duplicado para cada formulación únicamente para hamburguesas crudas, mediante un higrómetro electrolítico modelo Novasina Thermoconstanter Srpint TH-500 (Pfäffikon, Suiza) (Figura 19) a temperatura ambiente. Para ello, las muestras fueron introducidas en cápsulas de novasina hasta obtener una medida constante.



**Figura 19.** Higrómetro electrolítico modelo Novasina Thermoconstanter Srpint TH-500

- Color

Se procedió de igual manera que para la caracterización del color de la harina detallada en el apartado 3.2.1, con la excepción de que en este caso se midió tanto en hamburguesas crudas como cocinadas, así como el color de la propia harina adicionada al producto cárnico. Las mediciones se realizaron por triplicado.

Además del croma ( $C^*$ ) y el tono ( $h^*$ ), se calcularon también las diferencias de color totales ( $\Delta E^*$ ) de cada muestra con adición de harina de grillo con respecto al control con la ecuación 5. Así como el índice de rojez (IR), de acuerdo con la ecuación 6:

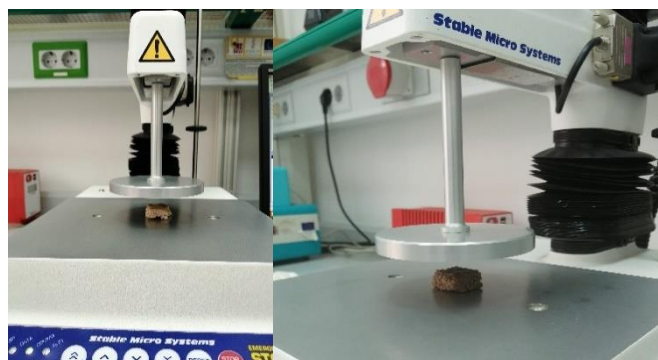
$$\Delta E^* = \sqrt{(L^* s - L^* con)^2 + (a^* s - a^* con)^2 + (b^* s - b^* con)^2} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$IR = \frac{a^*}{b^*} \quad (\text{Ec. 6})$$

También se obtuvo el espectro de reflexión de las muestras entre 360-740 nm.

#### 3.2.4. Análisis del perfil de textura (TPA)

El TPA se realizó en muestras de hamburguesas cocinadas utilizando un analizador de textura TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra) (Figura 20). Para ello las muestras se cortaron en porciones de aproximadamente 2x2x1 cm y se sometieron a dos ciclos de compresión al 75% a una velocidad constante de 1 mm/s a  $T^a$  ambiente. Pudiendo calcularse los parámetros de: dureza (N), elasticidad (mm), cohesividad y masticabilidad (N x mm) (Claus, 1995).



**Figura 20.** Texturómetro TA-XT2i

### 3.2.5. Propiedades de cocinado

Se midieron el peso y diámetro de las hamburguesas crudas y cocinadas de cada formulación por cuadruplicado a T<sup>a</sup> ambiente, a fin de estimar los cambios conformacionales, así como la contracción tras el tratamiento térmico. Para los cálculos se utilizaron las ecuaciones 7 y 8.

$$\% \text{ Contracción} = \frac{\text{diámetro cruda} - \text{diámetro cocinada}}{\text{diámetro cruda}} \times 100 \quad (\text{Ec. 7})$$

$$\% \text{ Pérdida de cocción} = \frac{\text{peso crudas} - \text{peso cocinadas}}{\text{peso crudas}} \times 100 \quad (\text{Ec. 8})$$



**Figura 21.** Cocinado de las hamburguesas reformuladas

### 3.2.6. Análisis proximal

El contenido de humedad y cenizas fueron evaluados por la [AOAC \(2010\)](#) en hamburguesas crudas y cocinadas. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

- Humedad

El contenido de humedad fue evaluado por la AOAC 925.45 (AOAC, 2010) en hamburguesas crudas y cocinadas. Las determinaciones se realizaron por triplicado, expresándose en g de agua por 100 g de muestra.

- Cenizas

El contenido en cenizas fue evaluado por la AOAC 923.03 (AOAC, 2010) en hamburguesas cocinadas. Las determinaciones se realizaron por triplicado, expresándose en g de cenizas por 100 g de muestra.



- Proteína

La determinación del contenido en proteína en hamburguesas crudas se realizó de acuerdo con el método Kjeldhal referenciado por AOAC 24.007 (AOAC, 2010). Para ello, se empleó un digestor BüchiDigestionUnit modelo 426 y un destilador BüchiDestillationUnit modelo B-316 (Büchi, Suiza) (Figura 22).

Las determinaciones se realizaron por triplicado y se usó un factor de conversión  $f=6,25$  a fin de transformar el porcentaje de nitrógeno obtenido en porcentaje de proteína. Los resultados se expresaron como g de proteína/100 g de muestra.



**Figura 22.** Digestión y destilación de proteína de las hamburguesas reformuladas

- Grasa

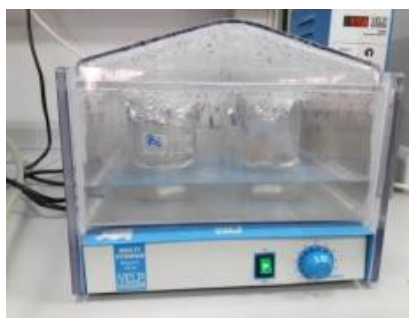
Para la determinación del contenido lipídico en hamburguesas crudas y cocinadas se procedió de acuerdo con el método oficial de la AOAC 24.005 (AOAC, 2010), mediante el extractor Soxhlet J.O, Selecta Mo.60003286 (J.O Selecta S.A., Abrera, Barcelona, España) (Figura 23). El análisis se realizó por duplicado para cada formulación y los resultados fueron expresados en g grasa/100 g de muestra.



**Figura 23.** Extractor Soxhlet J.O

- Fibra dietética total

El contenido de fibra dietética se determinó de acuerdo con la AOAC (AOAC, 2010), mediante un método enzimático gravimétrico. Para ello se emplearon las enzimas, proteasa y amiloglucosidasa. Las temperaturas de incubación de las enzimas fueron de 100 °C para la alfa-amilasa y de 60 °C para las otras dos enzimas. Antes de adicionar la solución de proteasa y la de amiloglucosidasa se ajustó el pH con NaOH y HCl, respectivamente. Para la filtración y el lavado del residuo en el crisol se empleó un equipo de filtración modelo CSF6 (Velp Scientifica, Italia) (Figura 26).



**Figura 25.** Muestras en el baño a 100 °C



**Figura 26.** Equipo de filtración CFS

### 3.2.7. Análisis sensorial

Para dicha evaluación sensorial, se realizó una prueba hedónica a 27 jueces no entrenados, formando parte de ella mayoritariamente estudiantes y algunos docentes. Dicha evaluación sensorial se realizó en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la UMH en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, de acuerdo con los estándares (ASTM 1986, ISO 1988). Entre todos ellos, un 67% eran hombres y un 33% eran mujeres. Los atributos que se sometieron a evaluación fueron: aspecto general, color de las diversas muestras, dureza, jugosidad, desmenuzabilidad, flavor global y amargor. Para la evaluación de cada uno de estos parámetros se utilizó una escala hedónica de 9 puntos (1: me disgusta extremadamente a 9: me gusta extremadamente) mediante un formulario de Google. Al final de dicho formulario se realizó una encuesta de datos demográficos, frecuencias de consumo y opinión general, así como la indicación de la muestra que gustó más y la que gustó menos.



**Figura 27.** Evaluación sensorial por diferentes panelistas en la sala de catas.

### **3.2.8. Análisis estadístico**

La estadística de los datos fue evaluada mediante análisis de varianza unifactorial (ANOVA) y la prueba post-hoc de Tukey se realizó con un nivel de significación del 95 % utilizando el software SPSS (versión 24.0, SPSS Inc., Chicago, EE. UU.). Las medias y las desviaciones estándar de los datos se muestran en cada una de las tablas y figuras, respectivamente.



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

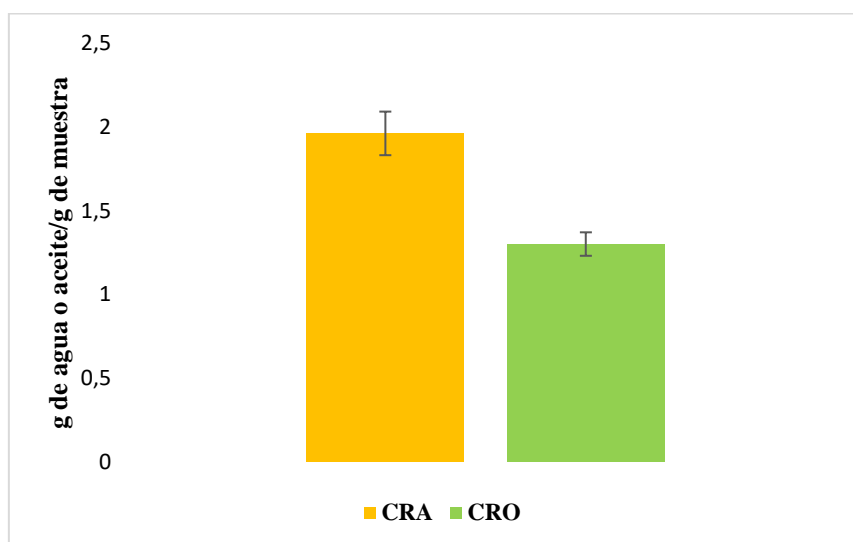
### 4.1. Propiedades tecno-funcionales y fisicoquímicas de la harina de grillo común (*Acheta domestica*)

En la Tabla 4, se presentan las propiedades fisicoquímicas de la harina de grillo. Destaca su pH, próximo a 6, que permitirá su incorporación sin problema en un producto cárnico, pues el pH de la carne varía entre 5,6-6,2. En cuanto a su color, destaca su baja luminosidad y su tono en torno a los colores naranjas, lo que hace prever modificaciones en el color de la masa cárnica.

**Tabla 2.** Propiedades fisicoquímicas de la harina de grillo común (*Acheta domestica*)

pH	L*	a*	b*	C*	h*
5,99±0,01	33,94±2,06	4,89±0,46	9,28±1,2	10,49±1,27	62,12±0,97

En la [Figura 28](#) se presentan los valores de capacidad de retención de agua (CRA) y de aceite (CRO) de la harina de grillo. Como se puede observar la CRA es mayor a la CRO. La CRA se define como la cantidad de agua que pueden absorber las proteínas ([Pérez-Fajardó et al., 2023](#)) y está directamente relacionado con el parámetro sensorial de la jugosidad. Estos valores permiten prever un efecto positivo en la formación de la estructura del producto cárnico porque favorecerá la retención de agua y de aceite y, por lo tanto, contribuirá a la cohesión de los ingredientes, tanto los cárnicos como los no cárnicos.



**Figura 28.** Propiedades tecno-funcionales de la harina de grillo.

CRA: capacidad de retención de agua; CRO: capacidad de retención de aceite

Lucas-González *et al.*, (2019) evaluaron el efecto del proceso de secado en las propiedades tecnofuncionales de harina de grillo común liofilizada y tratada por secado térmico. La harina tratada por secado térmico presentó valores para la CRA ligeramente superiores en comparación con la harina empleada para la reformulación de las hamburguesas. No obstante, los resultados obtenidos en el presente estudio se asemejaron más a los que dataron Ndiritu *et al.*, (2017) en su investigación sobre la influencia de la técnica de extracción en el concentrado proteico comestible de grillos (*Acheta domesticus*), obteniéndose un valor de  $2,03 \pm 0,32$  g de agua/g de muestra.

Sin embargo, la CRO para la harina de grillo reportada en la Figura 28, a diferencia de la CRA, presentó un valor superior a los que dataron Lucas-González *et al.*, (2019) para harina de grillo tratada por secado térmico. Este valor concuerda con la caracterización que realizaron Kim *et al.*, (2017) sobre la harina de grillo común. No obstante, en comparación con otros insectos comestibles, la CRO del grillo común (*Acheta domesticus*) es superior a la de otros insectos como saltamontes adultos (*Zonoceros variegatus*) o la harina de larvas de Westwood (*Cirina forda*) estudiado por Omotoso *et al.*, (2006). Las variaciones oscilantes entre estos dos parámetros se deben al contenido de proteínas de las harinas de cada insecto (Rumpold y Schlüter, 2013), respectivamente, así como a las variaciones que presente el método de preparación de las harinas (Womni *et al.*, 2012).

## 4.2. Caracterización de las hamburguesas con harina de grillo

### 4.2.1. Composición proximal de las hamburguesas con harina de grillo.

En la Tabla 5 se muestra la composición proximal de las hamburguesas con harina de grillo.

**Tabla 3.** Composición proximal de hamburguesas con harina de grillo (g/100 g)

Muestra	Proteína	Grasa	Cenizas	Humedad	TDF
C	$17,89 \pm 0,25^b$	$7,22 \pm 1,47^a$	$2,13 \pm 0,08^c$	$72,38 \pm 3,81^a$	nd
F 10%	$20,79 \pm 0,85^a$	$6,30 \pm 0,97^a$	$2,44 \pm 0,09^b$	$68,56 \pm 1,14^b$	$0,56 \pm 0,02^b$
F 20%	$20,50 \pm 1,07^a$	$6,91 \pm 1,58^a$	$2,74 \pm 0,03^a$	$66,97 \pm 0,13^b$	$1,11 \pm 0,03^a$

Para cada parámetro, los resultados seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba post-hoc HSD de Tukey ( $p > 0,05$ ). Los datos se presentan como media  $\pm$  desviación estándar. Una letra minúscula se refiere a la comparación del mismo parámetro entre las diferentes muestras crudas y cocinadas (a-c). C: hamburguesas de control con formulación tradicional; F 10%: hamburguesas con 10% de harina de grillo; F 20%: hamburguesas con 20% de harina de grillo; TDF: fibra dietética total; nd: no detectado.

La aplicación de harina de grillo a las hamburguesas provocó diferencias significativas en su composición proximal, a excepción del contenido de grasa ( $p > 0,05$ ).

La incorporación de harina de grillo a las hamburguesas (F 10% y F 20%) incrementó su contenido proteico, en comparación con la muestra control, que no contenía harina de grillo. Esto se debe al propio aporte proteico de la harina (69,41g de proteína por cada 100 g de producto) (Tabla 2). No obstante, el contenido total de proteína de F 10% y F 20% es bastante similar, dado que, pese a que el contenido de harina de grillo aumenta en un 10%, según las formulaciones detalladas en la Tabla 4, el de magro disminuye a su vez, sustituyendo de esta manera parte de la proteína de origen animal por la de proteína de origen alternativo.

El desarrollo de productos cárnicos enriquecidos con proteína se realiza, generalmente, adicionando proteínas de fuentes vegetales o de origen alternativo. En comparación con el estudio que realizaron [Alqahtan et al. \(2022\)](#) donde adicionaron harina de dátil, el contenido en proteína es mucho menor frente a si se adiciona proteína de origen alternativo como es el grillo, donde alcanza hasta 20,50 g por 100 g de muestra.

Otro estudio realizado por [Cavalheiro et al. \(2023\)](#) ha formulado un producto cárnico tipo salchicha Frankfurt adicionando porcentajes inferiores de harina de grillo (2,5%, 5% y 7,5%,). El contenido total de proteína alcanzó valores hasta de 17,8% de proteína, valores que se asemejan a los obtenidos en las hamburguesas. Sin embargo, en las hamburguesas analizadas en este estudio, el contenido de proteína es mayor, pues hay una relación directamente proporcional entre el contenido de proteína y el porcentaje adicionado de harina de grillo. Por ello, al tener formulaciones que contienen 10% y 20% de harina de grillo, los valores de proteína oscilan alrededor del 20% (Tabla 5). En cambio, la formulación control presenta un 17% de contenido proteico, dado que únicamente presenta proteína de origen animal y cuya materia cárnica no ha sido sustituida por proteína de origen alternativo a diferencia de las otras dos formulaciones.

De igual manera, se alcanzaron valores similares de acuerdo con estas investigaciones, siendo mayor el contenido proteico en relación directamente proporcional con el porcentaje de carne de magro sustituida, por ende, a mayor porcentaje de sustitución, mayor contenido proteico tendría ([Kim et al., 2017](#)). Estos datos se asemejan con la F 20% de la Tabla 5, pues en este estudio se alcanzó hasta un 18,7%. Sin embargo, la F

20% sigue presentando un mayor contenido proteico que ambos estudios mencionados, dado que el porcentaje de carne de magro sustituida es de un 20%.

Referente al contenido de humedad, las hamburguesas presentan diferencias significativas en las formulaciones con harina de grillo respectivamente, en comparación con la muestra control que seguía una formulación tradicional. Inicialmente el contenido de agua incorporado en la elaboración de las hamburguesas sería de un 5%, pero a fin de favorecer la integración de la harina de grillo en la masa cárnica se necesitó incrementar la cantidad adicionada. También se incrementó en la muestra control para no incorporar otro factor de variación. El menor contenido de humedad de las muestras con harina de grillo se debe a que se sustituye un ingrediente con alto contenido de humedad (carne) por otro en forma de harina, con poca humedad.

Relativo al contenido de cenizas, se observan diferencias significativas entre todas las muestras, en función del porcentaje de harina adicionado y el porcentaje de carne de magro sustituido; a mayor porcentaje de harina, mayor contenido de cenizas presentaban las muestras. En el estudio de [Cavalheiro et al. \(2023\)](#), el contenido de cenizas también se ve incrementado debido al propio contenido mineral de la harina, siendo mayor para F 20%. No obstante, en las investigaciones anteriormente mencionadas de [Kim et al., \(2017\)](#), el contenido de cenizas era de un 2% para un 10% de sustitución de carne de magro, sin embargo, este estudio evidenció que el porcentaje de cenizas es máximo, pues tiene diferencias significativas cuando se sustituyen simultáneamente carne de magro y grasa a la vez (5%) por harina de grillo.

La fibra dietética total (TDF) presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) para la formulación F 20% respecto a la formulación F 10%, siendo inferior en esta última mencionada. De acuerdo con la Tabla 3, la harina de grillo común presenta 6,09 g de fibra por 100 g, un contenido superior en comparación con la harina de otros insectos comestibles como el *Tenebrio molitor*, el cual presenta un 5,1 g de fibra por 100 g de producto ([Martin-Borges et al., 2022](#)) y que se ha empleado para enriquecer en fibra en otros productos del sector de panadería. No obstante, al igual que ocurre con el contenido de proteína, el contenido de fibra en harinas de insectos comestibles también presenta oscilaciones en función de parámetros como la especie, etapas de desarrollo o alimentación suministrada, entre otros ([Van Huis, 2020](#)).

#### 4.2.2. Composición fisicoquímica de las hamburguesas con harina de grillo.

En la Tabla 6 se muestran los parámetros fisicoquímicos de las hamburguesas sometidas a estudio. Se incorporan también los datos de los parámetros de color de las hamburguesas cocinadas porque es un factor que influye en la aceptación de los consumidores a la hora de su consumo.

**Tabla 4.** Parámetros fisicoquímicos de hamburguesas con harina de grillo crudas y cocinadas.

Muestra	Crudas			Cocinadas		
	C	F 10%	F 20%	C	F 10%	F 20%
<b>pH</b>	5,65±0,06 <sup>a</sup>	5,52±0,07 <sup>b</sup>	5,46±0,04 <sup>b</sup>	5,85±0,05 <sup>a</sup>	5,81±0,02 <sup>ab</sup>	5,76±0,02 <sup>b</sup>
<b>Aw</b>	0,97±0,002 <sup>a</sup>	0,97±0,003 <sup>a</sup>	0,96±0,001 <sup>a</sup>	nd	nd	nd
<b>L*</b>	48,92±6,12 <sup>a</sup>	41,54±2,23 <sup>b</sup>	40,37±3,31 <sup>b</sup>	51,91±4,09 <sup>a</sup>	38,64±2,38 <sup>b</sup>	37,01±1,89 <sup>b</sup>
<b>a*</b>	2,03±1,21 <sup>a</sup>	2,43±0,45 <sup>a</sup>	1,98±0,41 <sup>a</sup>	5,12±2,55 <sup>a</sup>	3,45±0,86 <sup>b</sup>	1,95±0,65 <sup>b</sup>
<b>b*</b>	7,99±2,79 <sup>a</sup>	5,83±1,26 <sup>b</sup>	3,53±1,81 <sup>c</sup>	13,89±2,83 <sup>a</sup>	4,97±1,61 <sup>b</sup>	2,19±1,85 <sup>c</sup>
<b>C*</b>	8,46±2,98 <sup>a</sup>	6,34±1,2 <sup>b</sup>	4,1±1,72 <sup>c</sup>	14,9±3,38 <sup>a</sup>	6,1±1,6 <sup>b</sup>	3,02±1,8 <sup>c</sup>
<b>h*</b>	73,37±8,52 <sup>a</sup>	66,84±5,50 <sup>a</sup>	57,68±10,6 <sup>b</sup>	70,66±6,73 <sup>a</sup>	53,87±9,03 <sup>b</sup>	40,15±16,36 <sup>c</sup>
<b>ΔE*</b>	nd	7,84±2,22 <sup>a</sup>	9,78±3,39 <sup>a</sup>	nd	16,14±2,62 <sup>b</sup>	19,24±2,52 <sup>a</sup>
<b>IR</b>	0,31±0,15 <sup>b</sup>	0,43±0,11 <sup>b</sup>	0,67±0,31 <sup>a</sup>	0,36±0,14 <sup>b</sup>	0,76±0,26 <sup>b</sup>	1,55±1,28 <sup>a</sup>

Para cada parámetro, los resultados seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba post-hoc HSD de Tukey ( $p > 0,05$ ). Los datos se presentan como media  $\pm$  desviación estándar. C: hamburguesas de control con formulación tradicional; F 10%: hamburguesas con 10% de harina de grillo; F 20%: hamburguesas con 20% de harina de grillo; nd: no detectado. Una letra minúscula se refiere a la comparación del mismo parámetro entre las diferentes muestras crudas y cocinadas (a-c).

Para las hamburguesas tanto crudas como cocinadas, el pH presenta diferencias significativas únicamente en la formulación control, sin embargo, entre las formulaciones que llevaban adicionada la harina de grillo, no se observan diferencias ( $p < 0,05$ ). No obstante, el pH de estas en comparación con las muestras control es menor.

Los valores obtenidos para las hamburguesas concuerdan con lo que [Kim et al., \(2017\)](#), donde se evaluó el efecto de la aplicación de harina de grillo en salchichas. De acuerdo con la Tabla 6, tanto para hamburguesas crudas como cocinadas, la adición de harina de grillo como sustituto de carne de magro hace que apenas varíe el pH de las muestras,



debido a que el pH de la harina de grillo común ( $5,99 \pm 0,01$ ; Tabla 5), tiene un valor similar al de la carne.

La actividad de agua sólo se midió para las hamburguesas crudas porque es un parámetro relacionado con la estabilidad del producto, sin mostrar diferencias significativas entre formulaciones ( $p < 0,05$ ).

Respecto a los parámetros colorimétricos, en todos se observaron diferencias significativas como consecuencia de la adición de harina de grillo, tanto en muestras crudas como cocinadas.

Para la  $L^*$  el valor es mayor en las muestras control que en las adicionadas con harina de grillo, tanto en las hamburguesas crudas como en las cocinadas. En ambos casos no se observaron diferencias significativas entre las dos hamburguesas con harina de grillo, es decir que la luminosidad no se vio afectada por el porcentaje de harina incorporado. Para la coordenada rojo-verde ( $a^*$ ) las muestras crudas no presentan diferencia significativa entre sí, mientras que para las muestras cocinadas presentan diferencias significativas las formulaciones que tienen la sustitución con harina de grillo (F 10% y F 20%) respecto a la formulación control. El comportamiento fue diferente en las hamburguesas crudas respecto de las cocinadas. Las hamburguesas crudas mostraron similares valores de  $a^*$ , sin diferencias significativas entre ellas, sin embargo, tras su cocinado, las hamburguesas con harina de grillo presentaron menores valores de  $a^*$  que la muestra control. Esto coincidiría con los resultados obtenidos por [Cavalheiro et al. \(2023\)](#), donde el valor de  $a^*$  también disminuyó conforme se incrementó la concentración de harina de grillo como sustituto de carne en salchichas Frankfurt (embutido cocido).

En cambio, para la coordenada amarillo-azul ( $b^*$ ), todas las muestras presentaron diferencias significativas entre sí, tanto en las hamburguesas crudas como en las cocinadas. En ambos casos la incorporación de la harina de grillo disminuyó los valores de  $b^*$ , siendo esta disminución mayor a mayor cantidad de harina incorporada. Los resultados de estos dos parámetros colorimétricos concuerdan con las diferencias de color calculadas en la Tabla 7, respecto de las muestras control. Las hamburguesas cocinadas presentaron mayores diferencias de color respecto del control que las hamburguesas crudas, lo que se explicaría por los relevantes cambios de color que el cocinado de las muestras provoca debido a la desnaturalización de proteínas, reacciones de pardeamientos, etc., que se ven incrementados en las muestras con la harina de grillo.

La saturación de color ( $C^*$ ) para hamburguesas crudas y cocinadas presentó un comportamiento similar al de la coordenada  $b^*$ , disminuyendo sus valores por la incorporación de harina de grillo, siendo esta disminución también dependiente de la concentración de harina incorporada. Se ha descrito en muchos productos cárnicos que la incorporación de ingredientes no cárnicos disminuye el croma de acuerdo con [Delgado-Ospina et al., \(2021\)](#).

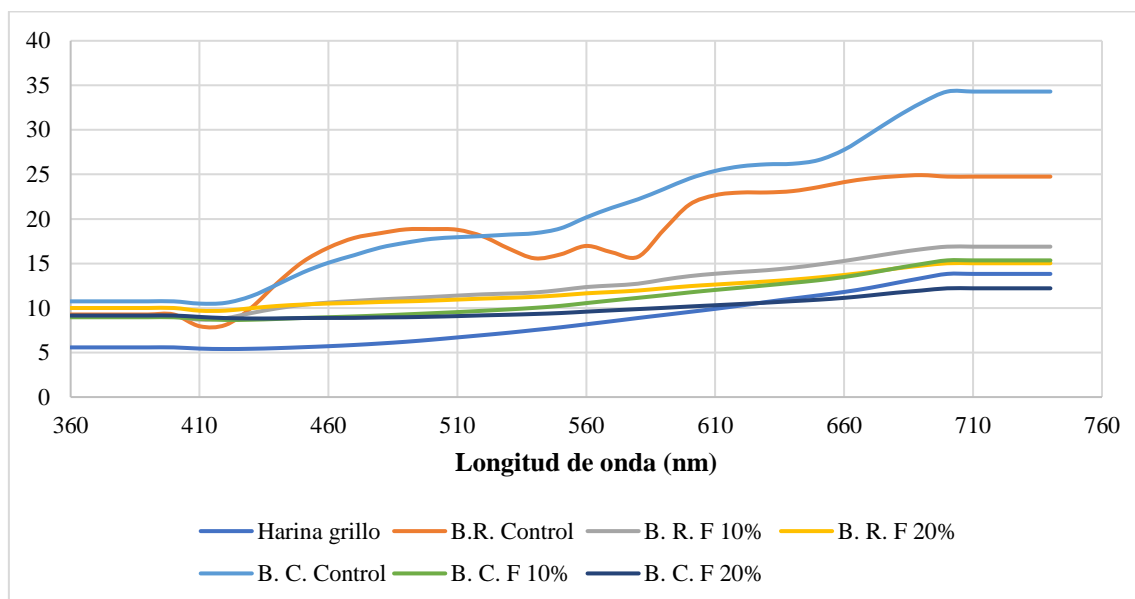
En lo que respecta al tono ( $h^*$ ) de las hamburguesas, también se vio afectado por la incorporación de harina de grillo, variando de tonos oscilando entre tonos amarillo-naranja a rojo-anaranjado en las hamburguesas crudas cuando se les adiciona la harina de grillo, y a tonos rojo-naranjas en el caso de las cocinadas.

Finalmente, para el índice de rojez sólo se observaron diferencias estadísticamente significativas para la formulación F 20% (respecto del control y la F 10%), ya que era la que mayor porcentaje de harina presentaba y también la de mayor rojez.

Los datos obtenidos para los parámetros de luminosidad ( $L^*$ ) y las diferencias de color calculadas de F 10% y F 20% respecto a la formulación control ( $\Delta E^*$ ) concuerdan con el estudio que realizaron recientemente [Han et al., \(2023\)](#) sobre salchichas híbridas formuladas con harina de cerdo y grillo a concentraciones de 1%, 2,5% y 5% de harina de grillo, respectivamente. Estos autores indicaron que estos dos parámetros se veían afectados conforme se incrementaba el porcentaje de harina adicionado a la emulsión cárnica, disminuyendo su valor y siendo las muestras más oscuras en relación con aquellas que tenían la formulación control.

Esto es debido a que el uso de insectos comestibles como es *Acheta domesticus* presentan tonalidades negras y marrones predominantemente, incluso amarillas dependiendo del insecto elegido. Estas tonalidades son típicas de los insectos y se atribuyen a la proteína cuticular de melanina que presentan ([Wittkopp et al., 2009](#)). Por ende, el color de los

productos cárnicos en los que se adicione harina de insecto puede verse afectado drásticamente, aunque se incorpore a la emulsión cárnica en bajas concentraciones.



**Figura 30.** Espectro de absorción de la harina de grillo común y las muestras crudas y cocinadas de hamburguesas de las diferentes formulaciones.

B. R. Control: hamburguesas de control con formulación tradicional crudas; B. R. F 10%: hamburguesas con 10% de harina de grillo crudas; B. R. F 20%: hamburguesas con 20% de harina de grillo crudas; B. C. Control: hamburguesas de control con formulación tradicional cocinadas; B. C. F 10%: hamburguesas con 10% de harina de grillo cocinadas; B. C. F 20%: hamburguesas con 20% de harina de grillo cocinadas.

En la Figura 30 se puede observar perfectamente como la incorporación de la harina de grillo modifica el típico espectro de reflexión de la carne (el que muestra la hamburguesa control cruda) correspondiente fundamentalmente al espectro de la oximioglobina (Fernández-López *et al.*, 2000), asemejándose mucho más al espectro de la propia harina de grillo. Incluso los cambios en el espectro originados por el cocinado de las muestras (el que muestra la hamburguesa control cocinada) quedan totalmente enmascarados por la incorporación de harina de grillo. Esto es usual cuando se incorporan ingredientes no cárnicos, en el proceso de elaboración de los productos cárnicos. Por ejemplo, la incorporación de pimentón en los embutidos como chorizo y sobrasada también modifica completamente el espectro de reflexión del producto final, asemejándose más al del pimentón (Fernández-López *et al.*, 2006) La comparación de los espectros de las hamburguesas control crudas y cocinadas muestra los importantes cambios que se producen entre 520—580 nm y en la zona roja del espectro (a partir de 650 nm), lo que

coincide con lo observado para diferentes productos cárnicos sometidos a tratamientos térmicos (AMSA, 2012).



### 4.3. Análisis del perfil textural de las hamburguesas con harina de grillo

La Tabla 7 muestra el análisis de textura de las hamburguesas cocinadas sometidas a estudio.

**Tabla 5.** Perfil de textura (TPA) para hamburguesas con harina de grillo cocinadas

Muestra	Dureza (N)	Elasticidad (mm)	Cohesividad	Gomosidad	Masticabilidad (N x mm)
C	43,21±5,8 <sup>a</sup>	0,30±0,02 <sup>b</sup>	0,55±0,04 <sup>a</sup>	23,95±4,41 <sup>a</sup>	7,1±1,08 <sup>a</sup>
F 10%	46,89±27,06 <sup>a</sup>	0,38±0,02 <sup>a</sup>	0,37±0,03 <sup>b</sup>	17,28±10,2 <sup>a</sup>	6,57±3,88 <sup>a</sup>
F 20%	59,79±7,26 <sup>a</sup>	0,32±0,01 <sup>b</sup>	0,40±0,03 <sup>b</sup>	23,63±3,48 <sup>a</sup>	7,64±1,07 <sup>a</sup>

Para cada parámetro, los resultados seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba post-hoc HSD de Tukey ( $p > 0,05$ ). Los datos se presentan como media  $\pm$  desviación estándar.

C: hamburguesas control con formulación tradicional; F 10%: hamburguesas con 10% de harina de grillo; F 20%: hamburguesas con 20% de harina de grillo.

Como se puede observar, para los parámetros de dureza, gomosidad y masticabilidad no se observaron diferencias significativas entre las diversas formulaciones. Sin embargo, la formulación F 20% presentó los valores más altos de dureza y masticabilidad, aunque no resultaron significativos. Esto es debido a que estas muestras eran las que mayor porcentaje de harina de grillo tenían adicionado, por lo que, al tener mayor concentración de sólidos, la hamburguesa se volvió más consistente tras el cocinado, por ende, la masticabilidad era superior en comparación con las formulaciones control y F 10%, que, al llevar menor proporción de harina de grillo, requerían de un menor esfuerzo para ser desintegradas. Los resultados obtenidos se asemejan a los que presentó el estudio de [Kim et al., \(2017\)](#), a excepción de los que se obtuvieron para el parámetro de masticabilidad, dado que en la Tabla 7 los valores son inferiores a los reportados por estas investigaciones. No obstante, en el mismo estudio se evidencia que los valores para este parámetro aumentan cuando el porcentaje de materia cárnica magro y grasa son sustituidos en proporciones equivalentes, por ello, los resultados mostrados en la Tabla 7 son inferiores para la masticabilidad, porque únicamente se sustituyó parte de magro y no parte de la grasa de manera simultánea. No obstante, se ha de tener en cuenta lo mencionado en el apartado 4.1 relativo a la composición química, aunque sea la formulación que más porcentaje de harina de grillo lleva adicionado y, por ende, mayor contenido de sólidos presenta, durante el proceso de elaboración se tuvo que adicionar un 15% de agua en forma de hielo (superior al que se incorpora tradicionalmente) para que

permitiera la correcta integración de esta y a su vez facilitara la solubilización de las proteínas. Es por ello por lo que, aunque tras el cocinado las muestras se volvieron más consistentes, el hecho de que tuvieran una mayor cantidad de agua hizo que no se dificultara tanto la masticabilidad de las muestras F 20%. Además, al ser la muestra que más contenido de humedad perdió, hizo que la textura fuese más firme (Acosta-Estrada *et al.*, 2021).

En cambio, para el resto de los parámetros del análisis de textura sí que se observan diferencias considerables ( $p > 0,05$ ). La elasticidad presenta diferencias significativas en comparación con las muestras control y F 20%. La adición de harina de grillo mejora el parámetro de elasticidad de los productos cárnicos alternativos en comparación con los productos convencionales (Acosta-Estrada *et al.*, 2021). Esto podría deberse a la mejora simultánea de la CRA (capacidad de retención de agua) que supone la adición de harina de grillo, ya que retiene mejor el agua ligada del producto cárnico.

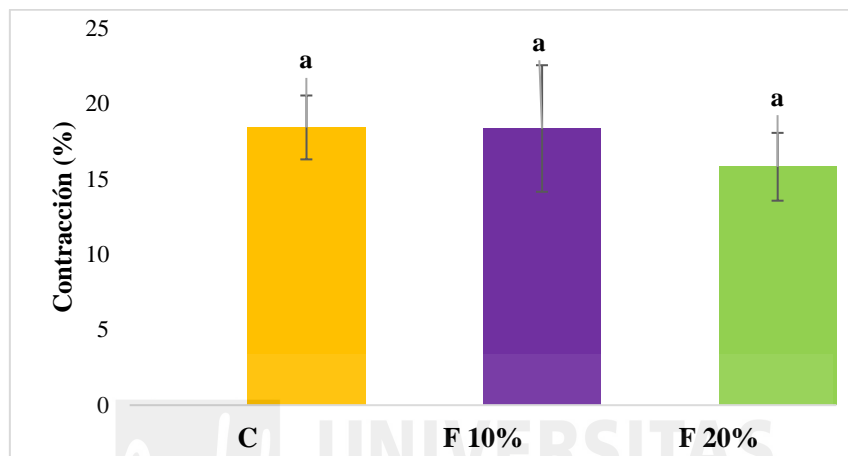
En el caso de la cohesividad, se observa que las muestras control presentan diferencias significativas respecto a las formulaciones que contienen harina de grillo. Sin embargo, estos resultados no concuerdan por los demostrados por Acosta-Estrada *et al.*, (2021), dado que, por lo general, la adición de harina de insecto suele aumentar los parámetros de cohesividad y masticabilidad mencionados anteriormente. No obstante, si se comparan las formulaciones que llevan adicionada harina de insecto, al igual que ocurre con las muestras que llevan harina de grillo, la cohesividad entre ellas no muestra diferencias significativas. De la misma manera, según reporta Kim *et al.*, (2017), a mayor reemplazo de la porción de magro por harina de grillo, menor cohesividad presentan las muestras cárnicas sometidas a estudio, siendo el control la que mayor cohesividad presentó, junto a aquellas muestras en las que se reemplazó magro y grasa de manera simultánea en una proporción del 2,5%, respectivamente.

#### 4.4. Análisis de las propiedades de cocinado de las hamburguesas con harina de grillo

En las figuras 31 y 32 se muestran las pérdidas por cocinado y las variaciones de tamaño (contracción) de las muestras tras el cocinado, respectivamente. Las pérdidas por cocinado disminuyeron significativamente al incorporar la harina de grillo y de forma dependiente de la concentración incorporada. Las pérdidas por cocinado se deben fundamentalmente a pérdidas de agua y de grasa de las hamburguesas, debido a la desnaturalización de proteínas y a la fusión de las grasas (Pathare *et al.*, 2016). En el caso del presente trabajo, se determinó el porcentaje de humedad de las muestras cocinadas, cuyos valores fueron 58,67 %, 55,37 % y 52,86 %, respectivamente para las muestras C, F 10% y F 20%. Apreciándose una reducción significativa ( $p < 0,05$ ) del contenido de humedad al incorporar la harina de grillo. Si se comparan los porcentajes de humedad entre las muestras crudas y cocinadas, se observa una disminución igual tanto para las muestras de F 10% como para las muestras de la formulación control, en torno al 19%. Sin embargo, la muestra F 20% presentó una pérdida de humedad por cocinado entorno al 21%. Si se compara el contenido de grasa antes y después del cocinado, se observa un aumento tras el tratamiento térmico como consecuencia de las pérdidas de humedad anteriormente mencionadas. Siendo dichas pérdidas en torno al 6% para la muestra C y F 20%, mientras que para la muestra F 10% es de un 8%. Por ende, en las muestras cocinadas no se observan diferencias significativas al no tener un efecto directo con la adición de grillo a las hamburguesas (C: 13,43%; F 10%: 14,43%; F 20%: 13,65%).

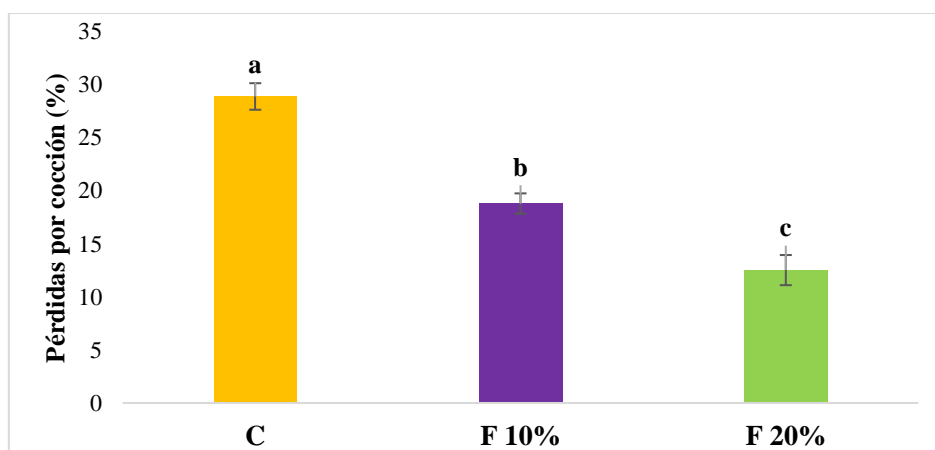
El hecho de que las pérdidas por cocinado vayan disminuyendo secuencialmente conforme se incrementa el porcentaje de harina de grillo adicionado corroboraría que es la harina de grillo la responsable de dicho efecto. La capacidad de retención de agua y de aceite de la harina de grillo estaría contribuyendo a que ambos compuestos quedasen retenidos en la masa cárnica y se dificultase su pérdida durante el cocinado. Este aspecto es muy interesante en los productos cárnicos porque al disminuir las pérdidas se incrementa el rendimiento de los productos. Industrialmente a veces se incorporan aditivos como caseinato de sodio o almidón, para favorecer la estabilidad de la emulsión cárnica y reducir las pérdidas por cocinado (Ianitchi *et al.*, 2023).

Se han descrito variaciones de tamaño de los alimentos en cuya composición hay fibras musculares debido a la contracción de estas por el tratamiento térmico. Normalmente, se traduce en una disminución del diámetro de los alimentos y un incremento de su grosor o espesor (Kim *et al.*, 2016). En este caso no se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para la contracción entre las diferentes formulaciones, es decir, que la harina de grillo no tiene un impacto negativo en las variaciones de tamaño de las hamburguesas tras su cocinado.



**Figura 31.** Contracción (%) de hamburguesas reformuladas.

C: hamburguesas control con formulación tradicional; F 10%: hamburguesas con 10% de harina de grillo; F 20%: hamburguesas con 20% de harina de grillo.



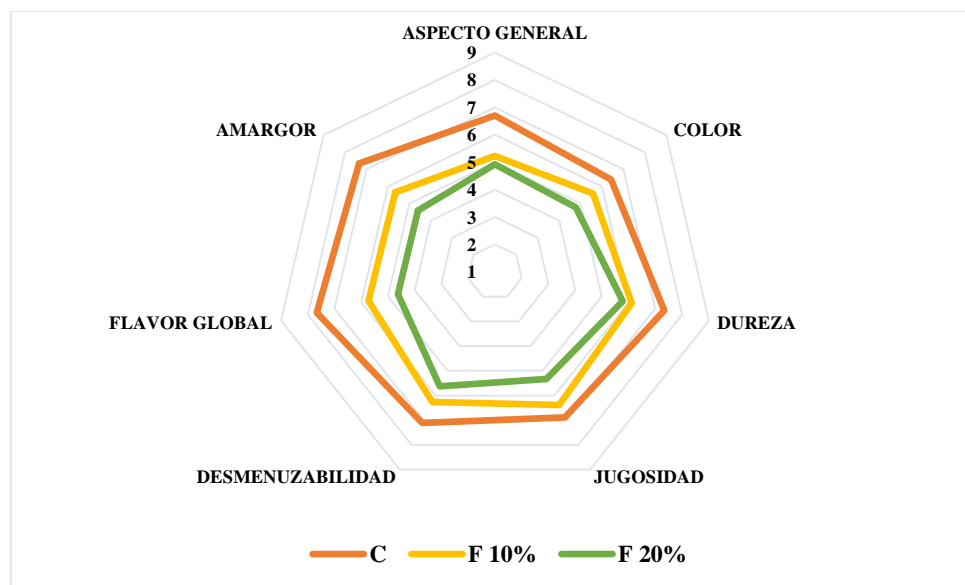
**Figura 32.** Pérdidas por cocinado de hamburguesas reformuladas.

C: hamburguesas control con formulación tradicional; F 10%: hamburguesas con 10% de harina de grillo; F 20%: hamburguesas con 20% de harina de grillo.



#### 4.5. Análisis sensorial de hamburguesas con harina de grillo

La Figura 33 muestra los resultados del análisis sensorial de las hamburguesas sometidas a estudio



**Figura 33.** Aceptabilidad general de las hamburguesas reformuladas con harina de grillo

C: hamburguesas de control con formulación tradicional; F 10%: hamburguesas con 10% de harina de grillo; F 20%: hamburguesas con 20% de harina de grillo.

Todos los atributos sensoriales evaluados disminuyeron sus valores cuando se incorporó la harina de grillo, y no hubo diferencias significativas entre las concentraciones de harina de grillo incorporadas. Solamente dos atributos (jugosidad y desmenuzabilidad) fueron evaluados con la misma puntuación en las hamburguesas control y las F 10%. Los parámetros visuales de color y aspecto general se vieron influenciados por la adición de harina de grillo, dado que tras el tratamiento térmico de las muestras cocinadas descendía la coordenada  $L^*$  como se ha comentado anteriormente, siendo la muestra control la que mayor brillo y luminosidad presentaba en relación con las otras dos. Si se relaciona con los datos presentados en la Tabla 6 tras el análisis de los parámetros colorimétricos, se observa que fueron más apreciadas por los panelistas las muestras control y F 10%, pues tanto  $L^*$  como  $a^*$  descienden cuando se incrementa el porcentaje de harina adicionado. Sin embargo, aunque estos dos parámetros concuerdan con la evaluación sensorial de los panelistas, no ocurre de igual manera para el índice de rojez (IR), ya que conforme se incrementa el porcentaje de harina de grillo este tiende a aumentar y no a disminuir.

Referente a los parámetros texturales de dureza, jugosidad y desmenuzabilidad, nuevamente fue la muestra control fue la mejor valorada, seguida de las muestras pertenecientes a F 10%. Los parámetros de dureza y desmenuzabilidad están interrelacionados, conforme se incrementa el porcentaje de harina de grillo, mayor es el contenido de sólidos que presentaban las hamburguesas reformuladas, de manera que le otorgaba una mayor firmeza a las mismas, dificultando a su vez la desintegración en trozos más pequeños de la muestra. Por otro lado, la aceptabilidad de las muestras control y F 10% también se ve influenciada positivamente por la gran capacidad de retención de agua (CRA) de la harina propiamente dicha y en menor proporción la capacidad de retención de aceite, facilitando ambas la emulsión cárnica de las hamburguesas por favorecer más la retención en el producto cárnico de agua ligada. Por ello, estas propiedades tecno funcionales son la base para la reformulación de nuevos productos cárnicos donde se adicione harina de insecto (Martins-Borges *et al.*, 2022).

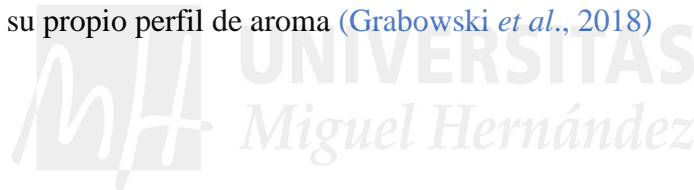
De igual manera ocurre con los parámetros gustativos de flavor global y amargor, fueron peor valorados organolépticamente para las muestras con harina de insecto.

Aunque las propiedades del uso de insectos comestibles en productos y análogos cárnicos no están muy documentadas, existe literatura científica que justifica en ocasiones el efecto contradictorio de los estudios realizados hasta el momento. Como bien se ha mencionado anteriormente, la variabilidad de los resultados depende del insecto comestible empleado, no obstante, Martins-Borges *et al.* (2022) también reportaron que las propiedades texturales pueden verse afectadas en función de cómo se incorpore la harina al producto cárnico (desgrasada o hidrolizada), afectando a su vez a la composición del producto cárnico híbrido y la funcionalidad de la proteína del insecto (Scholliers *et al.* 2020).

Asimismo, la proteína de insecto se comporta de manera similar a la proteína de la carne, teniendo una textura y sabor parecidos una vez que las hamburguesas reformuladas han sido cocinadas (Shockley *et al.* 2014). Sin embargo, el parámetro del amargor junto al de flavor global fueron los peores valorados para las formulaciones F 10% y F20%, por ello, a fin de mejorar la aceptabilidad del producto final, es una estrategia eficaz la de contribuir a la mejora del sabor y el aroma mediante el uso de ingredientes tradicionales para potenciar las características sensoriales y disminuir la sensación de amargor (Gurdian *et al.*, 2022) que produce la adición de harina de grillo, sobre todo en la F 20%.

Para mejorar la calidad sensorial y la aceptación de los consumidores, y de acuerdo con lo mencionado en el último estudio referenciado, no sólo podrían adicionarse ingredientes o especias tradicionales, sino que también habría de reducirse el porcentaje de harina de grillo adicionada, donde con un valor máximo de un 6% se ha visto que contribuye en mejor manera a la textura del producto por el incremento de agua ligada, disminuyendo así la dureza del producto, además de que también contribuiría a mejorar los parámetros visuales porque las muestras tendrían menor concentración de proteína cuticular de melanina (Walkowiak *et al.* 2019).

En lo que respecta al perfil sensorial de los grillos per se, este se ve condicionado en mayor parte por la alimentación que reciban de los cultivadores bajo condiciones controladas por los mismos. Se ha evidenciado que algunas especies de insectos comestibles tales como *Tenebrio molitor*, *Locusta migratoria* o *Gryllus assimilis*, entre otros, generalmente presentan un sabor neutro. No obstante, los atributos relacionados con el olfato y sabor se han asociado a productos del tipo frutos secos (como nueces o almendras) e incluso productos cárnicos y lácteos. Sin embargo, cada especie de insecto comestible tiene su propio perfil de aroma (Grabowski *et al.*, 2018)



## 5. CONCLUSIONES

La harina de grillo es un ingrediente con un interesante potencial para el enriquecimiento proteico de las hamburguesas, reduciendo la cantidad de carne incorporada y por lo tanto muy útil para el desarrollo de productos cárnicos híbridos. Su incorporación mejora las pérdidas por cocinado de las hamburguesas y provoca cambios de color significativos, así como modificaciones sensoriales que reducen la aceptación por parte del consumidor, sobre todo cuando se incorpora a altas concentraciones. El desarrollo e innovación de este tipo de productos cárnicos debe dirigirse hacia la incorporación de ingredientes que puedan enmascarar estos cambios de color y de olor, como especias o sustancias colorantes.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Estrada, B. A., Reyes, A., Rosell, C. M., Rodrigo, D., & Ibarra-Herrera, C. C. (2021). Benefits and Challenges in the Incorporation of Insects in Food Products. *Frontiers in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.687712>
- Alqahtan, N. K., Makki, H. M. M., Mohamed, H. A.-M., Alnemr, T. M. M., Al-Senaien, W. A., Al-Ali, S. A. M., & Ahmed, A. R. (2022). The Potential of Using Bisr Date Powder as a Novel Ingredient in Beef Burgers: The Effect on Chemical Composition, Cooking Properties, Microbial Analysis, and Organoleptic Properties. *Sustainability*, 14(21), 14143. <https://doi.org/10.3390/su142114143>
- Álvarez, P. J., Mateo, J., & Giráldez, J. (2020). Harina de grillo *Acheta domesticus*: composición lipídica y posibilidades sobre su modificación por medio de la dieta. *BISTUA Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 18(2), 38-43. <https://doi.org/10.24054/01204211.v2.n2.2020.841>
- AMSA. 2012. Meat Color Measurement Guidelines. American Meat Science Association, Champaign, IL, USA.
- A. O. A. C. (2010). Official Methods of Analysis. Association of AOAC (18th ed.) Rockville, MD, USA. Association of Official Analytical Chemistry.
- Botella-Martínez, C., Pérez-Álvarez, J. Á., Sayas-Barberá, E., Navarro Rodríguez de Vera, C., Fernández-López, J., Viuda-Martos, M. (2023). Healthier Oils: A New Scope in the Development of Functional Meat and Dairy Products: A Review. *Biomolecules*, 13(5):778. <https://doi.org/10.3390/biom13050778>
- Cavalheiro, C. P., Ruiz-Capillas, C., Herrero, A. M., Pintado, T., Cruz, T. da M. P., & da Silva, M. C. A. (2023a). Cricket (*Acheta domesticus*) flour as meat replacer in frankfurters: Nutritional, technological, structural, and sensory characteristics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 83, 103245. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103245>
- Cavalheiro, C. P., Ruiz-Capillas, C., Herrero, A. M., Pintado, T., Cruz, T. da M. P., & da Silva, M. C. A. (2023b). Cricket (*Acheta domesticus*) flour as meat replacer in frankfurters: Nutritional, technological, structural, and sensory characteristics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 83, 103245. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103245>

- Delgado-Ospina, J., Martuscelli, M., Grande-Tovar, C. D., Lucas-González, R., Molina-Hernandez, J. B., Viuda-Martos, M., ... & Chaves-López, C. (2021). Cacao pod husk flour as an ingredient for reformulating frankfurters: Effects on quality properties. *foods*, 10(6), 1243. <https://doi.org/10.3390/alimentos10061243>
- FAO. (2013). Food and Agriculture Organisation of the United Nations. The contribution of insects to food security, livelihoods and the environment. Rome, 2013.
- Fernandez-Lopez, J., Perez-Alvarez, J. A., Sayas-Barbera, E., & Lopez-Santovenia, F. (2002). Effect of Paprika (*Capsicum annum*) on Color of Spanish-type Sausages During the Resting Stage. *Journal of Food Science*, 67(6), 2410–2414. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09562.x>
- Fernández-López, J., Jose Ángel Pérez-Alvarez, & Aranda-Catal, V. (2000). Effect of mincing degree on colour properties in pork meat. *Color Research & Application*, 25(5), 376–380. [https://doi.org/10.1002/1520-6378\(200010\)25:5<376::AID-COL9>3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/1520-6378(200010)25:5<376::AID-COL9>3.0.CO;2-H)
- Grabowski, N. T., Olivas, J. F., Mäde, D., Kern, D., González-Aguilar, D., & Kehrenberg, C. (2019). Descriptive sensorial testings of heat-treated edible insects by laymen and experts. *Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*. <https://doi.org/10.2376/0005-9366-18018>
- Gurdian, C. E., Torrico, D. D., Li, B., & Prinyawiwatkul, W. (2022). Effects of Tasting and Ingredient Information Statement on Acceptability, Elicited Emotions, and Willingness to Purchase: A Case of Pita Chips Containing Edible Cricket Protein. *Foods*, 11(3), 337. <https://doi.org/10.3390/foods11030337>
- Han, X., Li, B., Puolanne, E., & Heinonen, M. (2023). Hybrid Sausages Using Pork and Cricket Flour: Texture and Oxidative Storage Stability. *Foods*, 12(6), 1262. <https://doi.org/10.3390/foods12061262>
- Ianițchi, D., Pătrașcu, L., Cercel, F., Dragomir, N., Vlad, I., & Maftai, M. (2023). The Effect of Protein Derivatives and Starch Addition on Some Quality Characteristics of Beef Emulsions and Gels. *Agriculture*, 13(4), 772. <https://doi.org/10.3390/agriculture13040772>
- Keeton, J. T. (1994). Low-fat meat products—technological problems with processing. *Meat Science*, 36(1–2), 261–276. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)90045-0](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90045-0)

- Kim, H.-W., Setyabrata, D., Lee, Y. J., Jones, O. G., & Kim, Y. H. B. (2016). Pre-treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 38, 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.09.023>
- Kim, H.-W., Setyabrata, D., Lee, Y., Jones, O. G., & Kim, Y. H. B. (2017). Effect of House Cricket (*Acheta domesticus*) Flour Addition on Physicochemical and Textural Properties of Meat Emulsion Under Various Formulations. *Journal of Food Science*, 82(12), 2787–2793. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13960>
- Kröncke, N., Neumeister, M., & Benning, R. (2023). Near-Infrared Reflectance Spectroscopy for Quantitative Analysis of Fat and Fatty Acid Content in Living *Tenebrio molitor* Larvae to Detect the Influence of Substrate on Larval Composition. *Insects*, 14(2), 114. <https://doi.org/10.3390/insects14020114>
- LESNIK, J. J. (2018). *Edible Insects and Human Evolution*. University Press of Florida. <https://doi.org/10.2307/j.ctvx07bbr>
- Llaurado, R. 2022. *Historia del consumo de insecto*.
- Lucas-González, R., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2019). Effect of drying processes in the chemical, physico-chemical, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from house cricket (*Acheta domesticus*). *European Food Research and Technology*, 245(7), 1451–1458. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03301-4>
- MAPA—Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación. Informe de Consumo Alimentario en España 2021.
- Meyer-Rochow, V. B. (2010). Entomophagy and its impact on world cultures: the need for a multidisciplinary approach. *Edible Forest Insects*, 6(2), 23-36.
- Omotoso, O. T. (2006). Nutritional quality, functional properties and anti-nutrient compositions of the larva of *Cirina forda* (Westwood) (Lepidoptera: Saturniidae). *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 7(1), 51–55. <https://doi.org/10.1631/jzus.2006.B0051>
- Oonincx, D. G. A. B., van Itterbeeck, J., Heetkamp, M. J. W., van den Brand, H., van Loon, J. J. A., & van Huis, A. (2010). An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human

Consumption. PLoS ONE, 5(12), e14445.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>

Palop Gómez, A., Rodríguez Lázaro, D., Santos Buelga, J. Á., Conchello Moreno, M. P., Daschner, Á., González Fandos, E., & Cámara Hurtado, M. (2018). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) en relación a los riesgos microbiológicos y alergénicos asociados al consumo de insectos (No. ART-2018-116100).

Pathare, P. B., & Roskilly, A. P. (2016). Quality and Energy Evaluation in Meat Cooking. *Food Engineering Reviews*, 8(4), 435–447. <https://doi.org/10.1007/s12393-016-9143-5>

Perez-Fajardo, M., Bean, S. R., Ioerger, B., Tilley, M., & Dogan, H. (2023). Characterization of commercial cricket protein powder and impact of cricket protein powder replacement on wheat dough protein composition. *Cereal Chemistry*, 100(3), 574–586. <https://doi.org/10.1002/cche.10658>

Pilco Romero, G. T. (2021). Utilización del grillo *Acheta domesticus* en la elaboración de productos derivados de cereales: implicaciones nutricionales, funcionales y tecnológicas (Master's thesis, Quito).

RAMOS-ELORDUY, J. (2009). Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*, 39(5), 271–288. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00238.x>

Ramos-Elorduy, J., Moreno, J. M. P., Prado, E. E., Perez, M. A., Otero, J. L., & de Guevara, O. L. (1997). Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10(2), 142–157. <https://doi.org/10.1006/jfca.1997.0530>

Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), 802–823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>

Scholliers, J., Steen, L., & Fraeye, I. (2020). Partial replacement of meat by superworm (*Zophobas morio* larvae) in cooked sausages: Effect of heating temperature and insect:Meat ratio on structure and physical stability. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 66, 102535. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102535>



- Shockley, M., & Dossey, A. T. (2014). Insects for Human Consumption. In *Mass Production of Beneficial Organisms* (pp. 617–652). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391453-8.00018-2>
- Sillué, S. M., Daschner, Á., Navas, F. J. M., Rubio, C., Armendáriz, M. J. R. L., & Pérez, P. B. (2021). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación a los efectos del cambio climático sobre la presencia de micotoxinas en los alimentos. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, 33, 11-51.
- Thirumdas, R., Brnčić, M., Brnčić, S. R., Barba, F. J., Gálvez, F., Zamuz, S., Lacomba, R., & Lorenzo, J. M. (2018). Evaluating the impact of vegetal and microalgae protein sources on proximate composition, amino acid profile, and physicochemical properties of fermented Spanish “chorizo” sausages. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(11), e13817. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13817>
- Uribe Hoyos, J. T., & Morales Arévalo, K. S. (2022). Revisión sistemática del uso de harina de grillo *Acheta Domesticus* como ingrediente en productos alimenticios. <http://hdl.handle.net/10567/3353>
- Ververis, E., Boué, G., Poulsen, M., Pires, S. M., Niforou, A., Thomsen, S. T., Tesson, V., Federighi, M., & Naska, A. (2022). A systematic review of the nutrient composition, microbiological and toxicological profile of *Acheta domesticus* (house cricket). *Journal of Food Composition and Analysis*, 114, 104859. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104859>
- Walkowiak, K., Łukasz Kowalczewski, P., Kubiak, P., & Maria Baranowska, H. (2019). EFFECT OF CRICKET POWDER ADDITION ON <sup>1</sup>H NMR MOBILITY AND TEXTURE OF PORK PÂTÉ. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(2), 191–194. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2019.9.2.191-194>
- Wittkopp, P. J., & Beldade, P. (2009). Development and evolution of insect pigmentation: Genetic mechanisms and the potential consequences of pleiotropy. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 20(1), 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2008.10.002>

- Womani, H.M., Tiencheu, B., Linder, M., Nabayo, E.M.C., Tenyang, N., Mbiapo, F.T., Villeneuve, P., Fanni, J. and Parmentier, M. (2012) Nutritional Value and Effect of Cooking, Drying and Storage Process on Some Functional Properties of *Rhynchophorus phoenicis*. *International Journal of Life Science and Pharma Research*, 2, 203-219.
- Zamuz, S., Purriños, L., Galvez, F., Zdolec, N., Muchenje, V., Barba, F. J., & Lorenzo, J. M. (2019). Influence of the addition of different origin sources of protein on meat products sensory acceptance. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(5), e13940. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13940>

