

Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços
e Possibilidades

Manuel Simões
(organizador)

VOL IV

 EDITORA
ARTEMIS
2024

Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços
e Possibilidades

Manuel Simões
(organizador)

VOL IV

 EDITORA
ARTEMIS
2024



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof. ^a Dr. ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizador	Prof. Dr. Manuel Simões
Imagem da Capa	Vivilweb/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
Prof.^a Dr.^a Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil
Prof.^a Dr.^a Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México
Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil
Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México



Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal, Canadá*
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío, Chile*
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yañez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*
Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*
Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*



Prof.ª Dr.ª Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof.ª Dr.ª MªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba*
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, *Universidad del Pais Vasco, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peru*
Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University, Russia*
Prof.ª Dr.ª Susana Álvarez Otero – *Universidad de Oviedo, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil
Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colômbia*
Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León, Espanha*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E82 Estudos em biociências e biotecnologia [livro eletrônico] : desafios, avanços e possibilidades IV/ Organizador Manuel Simões. – Curitiba, PR: Artemis, 2024.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilingue

ISBN 978-65-81701-33-8

DOI 10.37572/EdArt_311024338

1. Ciências biológicas. 2. Biotecnologia. 3. Biomedicina.
I. Simões, Manuel.

CDD 574

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PREFÁCIO

O volume IV da edição “Estudos em Biociências e Biotecnologia: Desafios, Avanços e Possibilidades” disponibiliza ao leitor informação científica avançada de caráter fundamentalmente aplicado. O livro está organizado em sete capítulos que focam essencialmente em conhecimento avançado em ciências biomédicas, neurociências, parasitologia, saúde animal e em processos avançados e sustentáveis de produção alimentar.

Manuel Simões

<https://orcid.org/0000-0002-3355-4398>

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA ACTIVIDAD CITOTÓXICA DE QUERCETINA ENZIMÁTICAMENTE MODIFICADA EN CÉLULAS DE CÁNCER DE CÉRVIX Y DE COLON

David Alejandro Macías Martín
Iliana del Carmen Barrera Martínez
Flor Yohana Flores Hernández

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110243381

CAPÍTULO 2..... 13

DEVELOPMENTAL HETEROCHRONY AND ITS RELATIONSHIP WITH THE CELLULAR SENESCENCE: A NEW PERSPECTIVE ON THE ETIOLOGY OF NEURODEGENERATION

Ana Karen Ramírez- Reyes

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110243382

CAPÍTULO 3..... 22

DETECCIÓN DEL VIRUS DE LA NECROSIS RENAL Y DEL BAZO (ISKNV) DEL PEZ CEBRA EN COLONIAS DE EXPERIMENTACIÓN DE ARGENTINA

Juan Martín Laborde

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110243383

CAPÍTULO 4..... 36

PRESENCIA DE *ANAPLASMA MARGINALE* Y *BABESIA SPP.* EN *HAEMATOBIA IRRITANS* COLECTADAS EN NUEVO LEÓN

José Pablo Villarreal Villarreal
Pilar Elizabeth Rincón González
Jesús Jaime Hernández Escareño

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110243384

CAPÍTULO 5..... 45

EVALUACIÓN DE LÍNEAS ÉLITE DE MAÍZ AZUL PARA VALLES ALTOS DE MÉXICO

José Luis Arellano-Vázquez
Germán Fernando Gutiérrez-Hernández

Luis Fernando Ceja-Torres
Martín Filiberto García Mendoza
Estela Flores-Gómez
Patricia Vázquez-Lozano
Donají Ariadna Ramírez López

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110243385

CAPÍTULO 6..... 54

EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE PROTEÍNAS DE *SPHENARIUM PURPURASCENS* EXTRAÍDAS CON ULTRASONIDO EN SALCHICHAS TIPO VIENA

Salvador Osvaldo Cruz-López
Yenizey Merit Alvarez-Cisneros

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110243386

CAPÍTULO 7 68

PRODUCCIÓN ARTESANAL DE PILONCILLO CON ENFOQUE SOSTENIBLE

Luisiana Fabiola Palomo González
José Antonio de los Reyes
Marco A. Sánchez Castillo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110243387

SOBRE O ORGANIZADOR 118

ÍNDICE REMISSIVO 119

CAPÍTULO 6

EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE PROTEÍNAS DE *SPHENARIUM PURPURASCENS* EXTRAÍDAS CON ULTRASONIDO EN SALCHICHAS TIPO VIENA

Data de submissão: 14/09/2024

Data de aceite: 02/10/2024

Salvador Osvaldo Cruz-López

Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Iztapalapa

Departamento de Biotecnología
Ciudad de México, México

<https://orcid.org/0000-0001-7099-4491>

Yenizey Merit Alvarez-Cisneros

Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Iztapalapa

Departamento de Biotecnología
Ciudad de México, México

<https://orcid.org/0000-0003-0201-4249>

RESUMEN: En México se han registrado alrededor de 549 especies de insectos comestibles y en las comunidades rurales se utilizan como fuente de alimentación, uno de los insectos más abundante es el chapulín (*Sphenarium purpurascens*), el cual es considerado una fuente de alimento con alto valor nutricional. Las proteínas de insectos han ganado relevancia debido a su

alto potencial como aditivos alimentarios y extensores cárnicos en la industria alimentaria. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto en las propiedades fisicoquímicas de salchichas tipo Viena adicionadas con proteína soluble de chapulín extraída con un método combinado de alcalinización-ultrasonido. El extracto de proteína soluble fue obtenido en condiciones de alcalinización pH 8, asistido con un ultrasonido piezoeléctrico a 20 kHz con 99% de amplitud. Se prepararon diferentes formulaciones con diferentes sustituciones de carne (0%, 5%, 10% y 15%). En todas las formulaciones se evaluó la reología, estabilidad de la emulsión, pérdida de peso por cocción y el contenido de proteína total. Finalmente se realizó una evaluación sensorial con consumidores con una prueba de agrado general. El método de alcalinización-ultrasonido piezoeléctrico mejoró la solubilidad y las propiedades tecnofuncionales de la proteína soluble de chapulín al ser adicionada en salchichas a niveles máximos del 10% de sustitución de carne. La evaluación sensorial indicó que la formulación con 5% de sustitución de carne exhibió la misma aceptabilidad que la formulación control. De acuerdo con los resultados, la proteína soluble obtenida por alcalinización-ultrasonido podría utilizarse como extensor cárnico.

PALABRAS CLAVE: *Sphenarium purpurascens*. Ultrasonido. Salchichas. Evaluación sensorial. Proteína de insecto.

EFFECT OF INCORPORATING *SPHENARIUM PURPURASCENS* PROTEIN EXTRACTS USING ULTRASOUND INTO VIENNA-TYPE SAUSAGES

ABSTRACT: In Mexico, around 549 species of edible insects have been recorded, and in rural communities, they are a food source; one of the most abundant insects is the grasshopper (*Sphenarium purpurascens*), a food source with high nutritional value. Insect proteins have gained relevance due to their high potential as food additives and meat extenders in the food industry. This study aimed to evaluate the effect on the physicochemical properties of Vienna sausages added with soluble grasshopper protein extracted with a combined alkalization-ultrasound method. The soluble protein extract was obtained under pH 8 alkalization conditions, assisted with a piezoelectric ultrasound at 20 kHz with 99% amplitude. The soluble protein extract was obtained under pH 8 alkalization conditions, assisted with a piezoelectric ultrasound at 20 kHz with 99% amplitude. Different formulations were prepared with meat substitutions (0%, 5%, 10%, and 15%). Rheology, emulsion stability, weight loss by cooking, and total protein content were evaluated in all formulations. Finally, a sensory evaluation was carried out with consumers using a general liking test. The piezoelectric alkalization-ultrasound method improved the solubility and techno-functional properties of soluble grasshopper protein when added to sausages at maximum levels of 10% meat substitution. Sensory evaluation indicated that the 5% meat substitution formulation exhibited the same acceptability as the control formulation. According to the results, the soluble protein obtained by alkalization-ultrasound could be used as a meat extender.

KEYWORDS: *Sphenarium purpurascens*. Ultrasound. Sausages. Sensory evaluation. Insect protein.

1 INTRODUCCIÓN

Los productos cárnicos son todos aquellos que están elaborados a partir de carne y/o vísceras comestibles de animales de abasto (aves, puerco, res). Son sistemas complejos que están formados por varios componentes, en el que se incluyen proteínas, grasas, carbohidratos y sales minerales; los cuales, por sus propiedades tecnológicas, contribuyen a las características finales del producto, tales como apariencia, tamaño, textura, consistencia, viscosidad y palatabilidad (Apango, 2013). Las proteínas son biomoléculas formadas de aminoácidos unidos mediante enlaces peptídicos, son esenciales en la dieta humana y presentan propiedades tecno-funcionales que les permite ser incorporadas como hidrocoloides en productos procesados para mejorar sus características organolépticas y en algunos casos reducir costos (Chel-Guerrero y col., 2003). Las propiedades tecno- funcionales han sido definidas como cualquier propiedad fisicoquímica de las proteínas, que afecta el comportamiento y las características de los alimentos en los cuales se encuentran o son agregadas y que contribuyen a la calidad final del producto (Fennema, 1996).

Las proteínas cárnicas presentan propiedades tecno-funcionales como capacidad de hidratación, emulsificación y gelificación que permiten en conjunto obtener un producto con características fisicoquímicas y sensoriales aceptables (Hui y Col., 2006).

1.1 LOS INSECTOS COMO FUENTE DE PROTEÍNA

Algunos autores indican que los insectos comestibles pueden incorporarse a los alimentos en forma de harina (insectos enteros pulverizados) o como extracto proteico soluble (Kim y col., 2019; Mishyna y col., 2019). Las cuales son una estrategia para aumentar la aceptación de los insectos que se incorporan a alimentos como salchichas, barras de proteína, paté de cerdo, pan y pastas (Mishyna y col., 2021; Smarzyński y col., 2019; van Huis, 2020).

El orden Orthoptera posee altas concentraciones de proteína; sin embargo, su digestibilidad varía entre especies debido al alto contenido de quitina del exoesqueleto, lo que los vuelve indigeribles para los humanos (Van Huis, 2016). Una forma de eliminar la quitina es extraer la proteína pulverizando el insecto completo. Los principales métodos utilizados son la extracción alcalina, la precipitación isoelectrica y el ultrasonido (Choi y col., 2017a; Kim y col., 2019; Mishyna y col., 2019; Udomsil y col., 2019; Yi y col., 2013). Mishyna y col. (2019) extrajeron proteína soluble de saltamontes (*Schistocerca gregaria*) y abejas (*Apis mellifera*) con un proceso de desgrasado y alcalinización asistido por ultrasonido obteniendo rendimientos promedio de 56% de ambos insectos. Choi y col. (2017a) obtuvieron rendimientos de 35% a 94% en la extracción de proteínas con ultrasonido a partir de gusanos de la harina desgrasados (*Tenebrio molitor*), grillos adultos (*Gryllus bimaculatus*) y pupas de gusanos de seda (*Bombyx mori*). Las metodologías propuestas para la extracción de proteínas de cada insecto son particulares a cada especie y región geográfica dependiendo de la estructura y funcionalidad de las proteínas (Kim y col., 2019).

1.2 INSECTOS COMO EXTENSORES CÁRNICOS

Los extensores tienen el objetivo de sustituir parte de la carne ofreciendo aporte proteico y funcional (Andújar, y col. 2000) y se utilizan en la industria con la finalidad de reducir los costos de producción en la formulación de productos cárnicos. Los extensores cárnicos tienen propiedades funcionales, tales como la retención de agua, la emulsificación de grasas y la gelificación, importantes desde el punto de vista tecnológico (Hleap, y col. 2015).

Los extensores también son llamados ingredientes no cárnicos de alto valor proteico, un ejemplo son las proteínas de insectos (Cruz-López y col., 2022a). Algunos ortópteros, como, *Grylloides sigillatus*, *Locusta migratoris*, *S. gregaria*, *Acheta domesticus* y *Sphenarium purpurances* han demostrado tener propiedades tecno-funcionales (Jantzen da Silva Lucas y col., 2020; Mishyna y col., 2019; Torruco-Uco y col., 2019). Debido a la funcionalidad que han demostrado estos insectos, algunos autores han utilizado harinas de insectos para sustituir una porción de carne en formulaciones como salchichas. Las larvas de *Tenebrio molitor* y las pupas de gusanos de seda, produjeron un mayor contenido de proteínas y minerales, así como un mayor rendimiento de cocción, y mayor dureza (Kim y col., 2016). Ju-Hye y col. (2019), reemplazaron de 10 a 60% de carne de cerdo con la adición de gusanos en la elaboración de hamburguesas. Otros investigadores han utilizado el insecto entero en forma de harina, como el grillo doméstico *A. domesticus* (Kim y col., 2017), las pupas del gusano de seda *B. mori* (Park y col., 2017) y las larvas del supergusano *Zophobas morio* (Scholliers y col., 2020).

Los insectos comestibles poseen las propiedades tecno-funcionales necesarias para ser utilizados como extensor para su incorporación en productos cárnicos, lo que podría contribuir a reducir la neofobia (Pintado y col., 2020).

La proteína de *Sphenarium purpurascens* puede ser una alternativa de bajo costo al uso de extensores ya que se considera una plaga en los cultivos de maíz y podría ser utilizada como ingrediente para productos de valor agregado.

1.3 EXTRACCIÓN DE PROTEÍNA SOLUBLE ASISTIDA POR ULTRASONIDO

La extracción asistida por ultrasonido se usa para extraer compuestos bioactivos. El ultrasonido se propaga a través de una serie de ondas sonoras de alta frecuencia, de compresión y expansión inducidas en el medio que se emplea. Por encima de un umbral de intensidad, el ciclo de expansión puede romper la cohesión de un líquido y crear burbujas, efecto que se conoce como cavitación (Lepoint and Lepoint-Mullie, 1998). Durante la fase de expansión, pequeñas cantidades de vapor del medio entran en las cavidades y estas burbujas de gas atrapadas en el líquido crecen desde un tamaño inicial sub-micrónico hasta unas décimas de micrones hasta volverse inestables. La ruptura ocurre en un muy corto periodo de tiempo aproximadamente de 6 a 10 segundos. En el intervalo de frecuencia de 20-50 kHz, suficiente para conducir a un intenso calentamiento en la burbuja residual, el cual puede llegar a temperaturas de al menos 5000 K y presiones de hasta 1200 bar (Lepoint-Mullie y col., 1996). Ciertos beneficios en términos de penetración del disolvente surgen del uso de ultrasonido en

componentes de los alimentos, incluyendo la intensificación de transferencia de masa y efectos capilares. La extracción también podría mejorarse debido al colapso de las burbujas formadas por el efecto de cavitación. La tasa de extracción y el rendimiento pueden mejorarse mediante la combinación óptima de variables de ultrasonidos, como la intensidad y tiempo (Corona-Jiménez y col., 2016).

El ultrasonido es generado por una corriente eléctrica que se transforma mediante transductores, los más empleados son: baños ultrasónicos y piezoeléctricos, estos últimos transductores son los más empleados para la generación de sonido y tienen cerca del 95% de eficiencia y pueden operar en todo el intervalo ultrasónico (Arzeni, 2014).

Los ultrasonidos contribuyen a una mejora en las extracciones de proteínas debido a que los procedimientos de extracción suelen comprender una fase de calentamiento y/o agitación, lo que puede ser sustituido con ultrasonido, ya que la energía generada con el colapso de las burbujas de cavitación favorece la penetración del solvente, a la vez que incrementa la temperatura de la muestra y provoca una constante agitación, y por tanto el intercambio de materia se ve favorecido (Li, y col., 2004).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto en las propiedades fisicoquímicas de salchichas tipo Viena adicionadas con proteína soluble de chapulín extraída con un método combinado de alcalinización-ultrasonido.

2 DIAGRAMA GENERAL DE EXTRACCIÓN DE PROTEÍNA Y ELABORACIÓN DE SALCHICHAS TIPO VIENA

Figura 1. Metodología general del trabajo de investigación (La metodología completa pueden visualizarse de acuerdo a Cruz-Lopez y col., 2022b).



3 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 PORCENTAJE DE GRASA Y PROTEÍNA EN HARINA DE CHAPULÍN

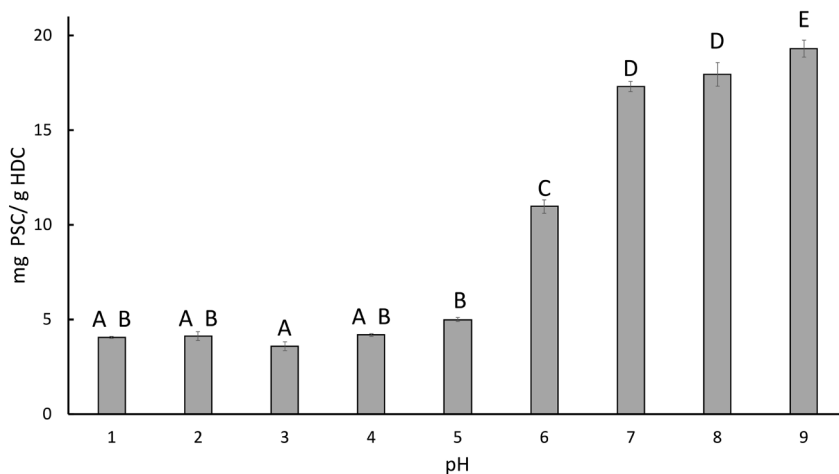
El mayor porcentaje de grasa se obtuvo después de 24 h (13.67 ± 1.41) de tratamiento con hexano y va disminuyendo a las 48 y 72 h (5.67 ± 0.47 y 2.33 ± 0.47 , respectivamente). El análisis estadístico indica que no hay diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las 48 y 72 horas. El contenido de grasa total en la harina de chapulín fue de $21.67 \pm 0.47\%$, y es comparable a otros insectos como Chinche Gigante Xamuis (*Thasus gigas*) (20.05 ± 2.5) y la Avispa Seguidora (*Brachygastra azteca*) (21.65 ± 1.1) y un contenido de grasa menor comparado con el gusanillo *Phasus triangularis* (62.20 ± 2.8), la avispa *Polistes instabilis* (61.38 ± 1.4) y el gusano blanco de maguey *Acentrocneme hesperiaris* (58.92 ± 3.5) (Ramos-Elorduy y col., 2002). La harina de chapulín presentó un contenido de proteína total utilizando el factor $N_{Kjeldahl}$ 4.5 de $39.39 \pm 0.84\%$, los cuales son mayores a la proteína presente en carne de res, pollo y pescado (18-23%) (Yi y col., 2017). Por otra parte, el contenido de proteína es menor, en comparación con otros saltamontes como *Schistocerca spp.*, *Melanoplus femurrubrum*, *S. histrio* (Melo Ruiz y col., 2015). Sin embargo, el contenido de proteína reportado está dentro del intervalo reportado en insectos (13 a 77%), estas diferencias se deben al tipo de especie, hábitat, edad, dieta, estación, edad, género, procesamiento (De Carvalho y col., 2020; Kouřimská y Adámková, 2016) y el factor $N_{Kjeldahl}$ utilizado el cual varía de 4.67 a 5.62 (Janssen y col., 2017). Para el orden Orthoptera, el factor $N_{Kjeldahl}$ recomendado es de 4.5 con base en el análisis de aminoácidos presentes en estos insectos (Mishyna y col., 2019). Sin embargo, algunos autores señalan que la variación de proteína se debe a la concentración de nitrógeno no proteico en su estructura, como es el caso de los productos de excreción en el tracto intestinal (amoníaco) y la quitina que forma parte del exoesqueleto en proporciones de 5.3 a 6.6% (Janssen y col., 2017). Asimismo, los Ortópteros son considerados una fuente de proteínas alternativa, entre los cuales encontramos la langosta del desierto *S. gregaria*, las ninfas de la langosta migratoria *L. migratoris*, los grillos *Acheta domesticus* y los saltamontes, *Schistocerca spp.* y *Shpenarium histrio* (Melo Ruiz y col., 2015; Mishyna y col., 2019; Udomsil y col., 2019).

3.2 EFECTO DEL PH EN LA SOLUBILIDAD DE PROTEÍNAS

La solubilidad de las proteínas está influenciada por la estructura de sus moléculas y la proporción de grupos polares y no polares, lo que hace que el pH sea un parámetro importante para cambiar la solubilidad de las proteínas (Jeong y col., 2021).

En la Figura 2 se muestra el perfil de solubilidad de las proteínas presentes en la harina desengrasada de chapulín, en la cual se observa que la solubilidad de las proteínas aumenta significativamente a valores de pH que oscilan entre 7,0 y 9,0, alcanzando una solubilidad máxima a pH 9,0 ($19,33 \pm 0,45$ mg PSC/g HDC). Estos resultados son similares a los reportados en pH alcalinos entre 10,0 y 12,0 para solubilizar proteínas de insectos con altos rendimientos (Bußler y col., 2016; Mishyna y col., 2019; Udomsil y col., 2019; Yi y col., 2016; Zhao y col., 2016). Mientras tanto, a un pH entre 7,0 y 8,0 no se encontró diferencia significativa ($p > 0,05$) en el contenido de proteína soluble. En condiciones ácidas (pH 1,0–5,0), se lograron concentraciones de proteína soluble bajas, siendo pH 3,0 el que presentó el valor más bajo ($3,61 \pm 0,23$ mg PSC/g HDC), sin embargo, no se observan diferencias significativas. Estos resultados son similares a los reportados en otros insectos, que en condiciones ácidas disminuyen la solubilidad de sus proteínas, como se reportó para pupas de gusanos de seda *B. mori* (Kim y col., 2016); grillos *G. bimaculatus* y *A. domesticus* (Udomsil y col., 2019), saltamontes *S. gregaria*; abejas occidentales *A. mellifera* (Mishyna y col., 2019).

Figura 2. Efecto del pH en la solubilidad de la harina desengrasada de chapulín (HDC). Cada valor se expresa como la media ($n=3$) \pm la desviación estándar. ^{A-E} Letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$). PSC (Proteína soluble de chapulín).

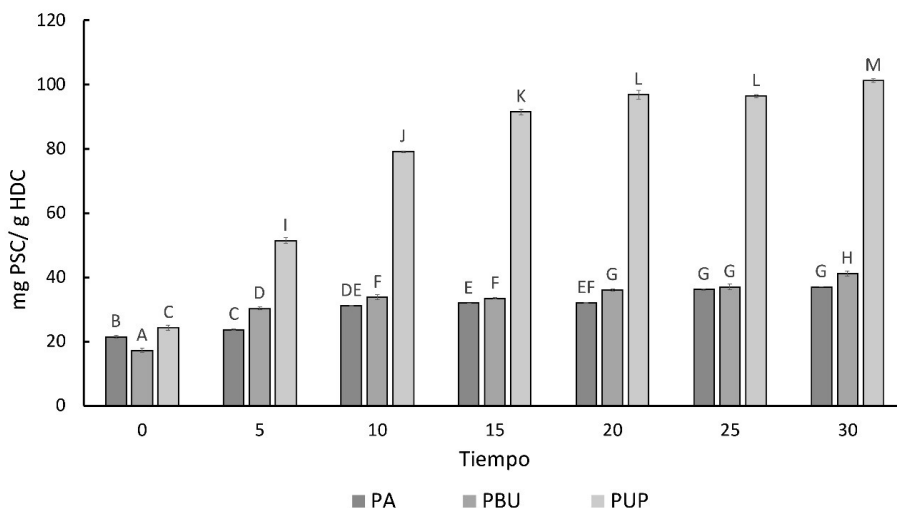


3.3 COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PROTEÍNA SOLUBLE DE CHAPULÍN

En la figura 3 se observan diferencias significativas entre diferentes métodos de extracción: proteína extraída por alcalinización (PA), proteína extraída por baño ultrasónico (PBU) y proteína extraída por ultrasonido piezoeléctrico (PUP). De

acuerdo con los resultados, PUP presentó las concentraciones más altas y el mejor rendimiento (60%) de proteína soluble en todos los tiempos de extracción, además es significativamente diferente ($p < 0.05$) con PA y PBU. Algunos autores indican que la extracción con ultrasonido permite mejorar las propiedades tecno-funcionales de las proteínas (solubilidad, capacidad y estabilidad de emulsión y los métodos de extracción) (Jambrak y col., 2009), y aumentan los rendimientos de extracción en insectos como larvas de gusano (*T. molitor*), grillo de campo adultos (*G. bimaculatus*) y pupas de gusanos de seda (*B. mori*) (Choi y col., 2017a).

Figura 3. Comparación de métodos de extracción de proteína soluble de chapulín (PSC) a diferentes tiempos de extracción. Cada valor se expresa como la media ($n=3$) \pm la desviación estándar; ^{A-M} Letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). PA (proteína extraída por alcalinización), PBU (proteína extraída por baño ultrasónico) y PUP (proteína extraída por ultrasonido piezoeléctrico).



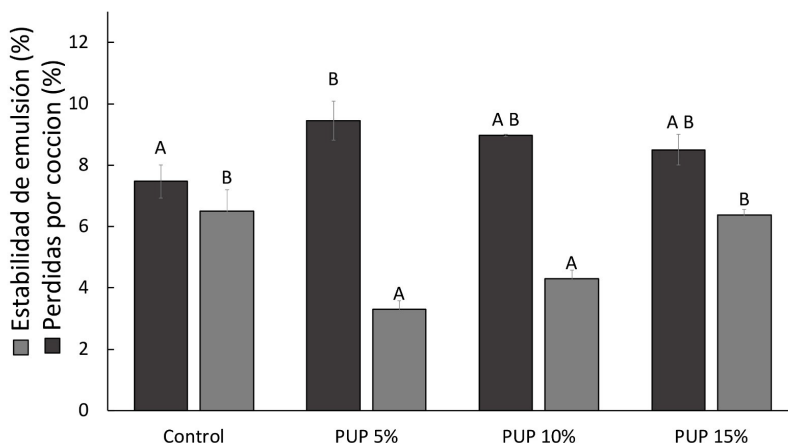
3.4 EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES DE LA PROTEÍNA EXTRAÍDA POR ULTRASONIDO PIEZOELÉCTRICO EN SALCHICHAS TIPO VIENA

3.4.1 Pérdida por cocción y estabilidad de la emulsión

La pérdida por cocción (PC) y la estabilidad de la emulsión (EE) de las diferentes salchichas se muestran en Figura 4. Se observa que al utilizar PUP a valores de sustitución del 10% y 15%, las salchichas presentaron una menor PC y estas no presentan diferencias significativas con el control ($p > 0.05$). La reducción de PC en los tratamientos con extracto de PUP podría deberse a la disminución de la humedad, lo que podría explicarse por el aumento del contenido de sólidos que se produjo al sustituir la porción de carne de cerdo (Kim y col., 2017; Park y col., 2017). Además, los resultados

obtenidos podrían indicar que PUP puede presentar cambios en su estructura, como carga superficial y exposición de grupos hidrofílicos o de hidrofobicidad presentes en la proteína. En cuanto a la EE, esta esta expresada en la separación total de fluidos expresables y cuanto menor sea el valor mejor es la estabilidad de emulsión (Choi y col., 2017b). Como se muestra en Figura 4, la emulsión cárnica presenta mejor estabilidad en concentraciones de 5% y 10% de PUP, y los resultados son menores y significativamente diferentes ($p < 0,05$) al control. Estos resultados indican que el extracto de proteína *S. purpurascens* posee propiedades funcionales que ayudan a estabilizar la emulsión formada en los modelos cárnicos. Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Choi y col. (2017b) al incorporar *T. molitor L.* como sustituto de carne a niveles de 5%, 10% y 15%. Kim y col. (2016) no observaron diferencias en la EE con respecto al control en batidos cárnicos con 10% de *T. molitor* y *B. mori* como sustituto de carne. Los resultados obtenidos se pueden atribuir a la extracción asistida con ultrasonido, ya que las propiedades tecno-funcionales de las proteínas son equiparables al control. Además, algunos estudios han demostrado que el método de ultrasonidos aplicado durante el pretratamiento de proteínas de insectos como *S. gregaria*, *A. mellifera* (Mishyna y col., 2019), *Clanis Bilineata tingtauca Mell* (Wang y col., 2021) puede modificar el tamaño de partícula, la solubilidad, aumentar el contenido de sulfhidrilos, aumentar la hidrofobicidad superficial y las propiedades reológicas en las proteínas extraídas debido a sus efectos físicos como las ondas superficiales capilares y la cavitación acústica.

Figura 4. Estabilidad de emulsión (EE) y pérdidas por cocción (PC) en diferentes formulaciones de salchichas con diferentes niveles de sustitución de carne. Cada valor se expresa como la media ($n=3$) \pm la desviación estándar; ^{A,B} Letras diferentes mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). PUP (proteína extraída por ultrasonido piezoeléctrico).

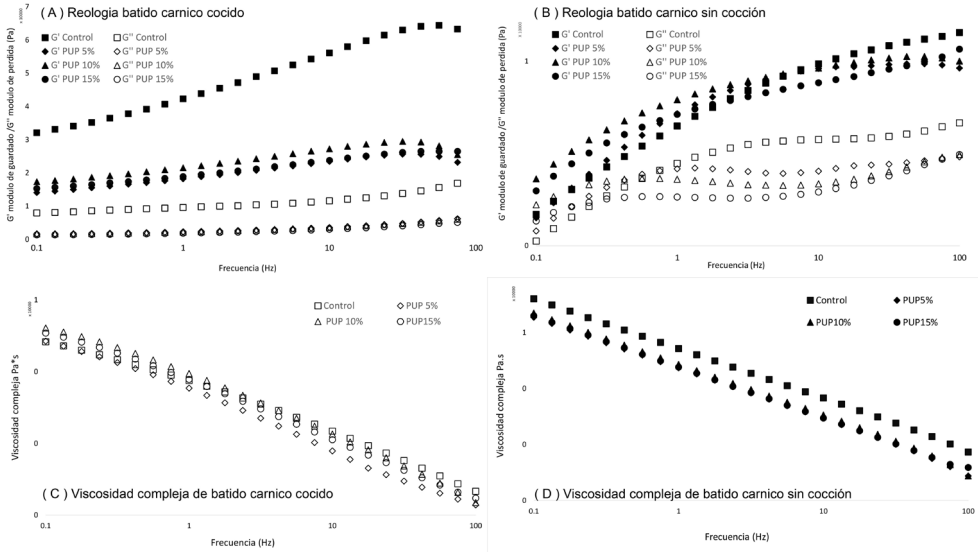


3.4.2 Pruebas reológicas (Propiedades viscoelásticas)

La reología oscilatoria dinámica para las salchichas elaboradas con PUP como sustituto de carne se muestra en Figura 5. Los módulos G' y G'' para los diferentes tratamientos presentan un comportamiento dependiente de la frecuencia, donde el componente elástico (G') está por encima del componente viscoso (G'') en todo el intervalo de frecuencia (Figura 5A-B), lo que indica la formación de estructuras de gel ordenadas y elásticas (Li y col., 2020). Por otro lado, se observa una mayor magnitud después de la cocción, donde G' predominó esto significa que predomina la elasticidad sobre la viscosidad. Para el caso de los batidos antes de la cocción (Figura 5B) se observa valores en los módulos por arriba de la muestra control hasta frecuencias de deformación de 1 y 10 para G'' y G' , donde el comportamiento se invierte, quedando la muestra control por encima del resto de los perfiles, este comportamiento es característico de los materiales viscoelásticos débiles, que tienden a exhibir un comportamiento similar al sólido donde la elasticidad predomina sobre la viscosidad (Gibis y col., 2017; Scholliers y col., 2020). El comportamiento reológico obtenido para los diferentes tratamientos de esta investigación es similar a lo reportado por Scholliers y col. (2020) donde evaluaron el efecto de la temperatura de calentamiento (70 °C a 90 °C) en la gelificación de soluciones de diferentes proporciones de proteína de larvas de *Z. morio* y proteínas de cerdo en salchichas cocidas. Sus resultados mostraron geles con características elásticas donde G' fue predominante sobre G'' mostrando una ligera dependencia de la frecuencia. Por el contrario, algunos autores obtuvieron resultados diferentes en sistemas emulsionados usando larvas de *T. molitor* como sustitutos parciales de la proteína miofibrilar ya que los módulos G' y G'' no se agrupan entre tratamientos (Kim y col., 2020). Las diferencias podrían atribuirse a que una matriz de carne es más compleja en comparación con los sistemas controlados en términos de pH, temperatura y concentración de proteína. Los resultados mostraron que η^* fue menor en los batidos con 5% de PUP, mientras que aquellos con 10 y 15% presentaron valores superiores al control antes de la cocción a bajas frecuencias de deformación (Figura 5 B), por otro lado, η^* fue mayor para el control después de la cocción (Figura 4A). Esto podría explicarse porque la proteína comestible de insectos tiene la capacidad de reducir las capacidades de unión de agua y grasa (Choi y col., 2017b; Kim y col., 2016; Kim y col., 2020). El control y todos los tratamientos con PUP presentaron un comportamiento tixotrópico, disminuyendo valores de η^* con el aumento del tiempo de rotación (Figura 5 C-D) (Choi y col., 2017b). Los datos obtenidos son similares a los resultados reportados por Gibis y col. (2017) donde incorporó CMC a formulaciones

de salchichas y en todas las muestras G' es mayor, por lo cual las muestras son más elásticas y el aumento de la frecuencia debilita la estructura.

Figura 5. Reología oscilatoria dinámica de modelos de carne con proteína extraída por ultrasonido piezoeléctrico (PUP) antes y después de la cocción. Módulo de almacenamiento G' y módulo de pérdida G'' (Pa) y viscosidad compleja η^* (Pa s).



4 CONCLUSIONES

La alcalinización combinada con el método de ultrasonido mejora la solubilidad y extracción de proteína, además de mejorar las propiedades tecnofuncionales de la proteína extraída de *Sphenarium purpurascens* en salchichas a niveles de sustitución de carne del 10%, equiparándose al control (100% carne). La proteína extraída con ultrasonido piezoeléctrico (PUP) puede usarse como extensor en productos cárnicos, sin embargo, se recomienda seguir estudiando el efecto de otras proteínas de insectos para desarrollar productos con alto valor agregado.

REFERENCIAS

Andújar, G., Guerra, M. G. y Santos, R. (2007). La utilización de extensores cárnicos experiencias de la industria cárnica cubana. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Apango, A. (2013). Elaboración de productos cárnicos, SAGARPA, México.

Buñler, S., Rumpold, B. A., Jander, E., Rawel, H. M., & Schlüter, O. K. (2016). Recovery and techno-functionality of flours and proteins from two edible insect species: Meal worm (*Tenebrio molitor*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Heliyon*, 2(12), e00218.

- Chel-Guerrero, L. A., Corzo-Ríos, L., Betancur-Ancona, D. A. (2003). Estructura y propiedades funcionales de proteínas de leguminosas. *Revista de la Universidad autónoma de Yucatán*. 34-43.
- Choi, B. D., Wong, N. A. K., & Auh, J. H. (2017a). Defatting and Sonication Enhances Protein Extraction from Edible Insects. *Korean journal for food science of animal resources*, 37(6), 955–961.
- Choi, Y. S., Kim, T. K., Choi, H. D., Park, J. D., Sung, J. M., Jeon, K. H., Paik, H. D., & Kim, Y. B. (2017b). Optimization of Replacing Pork Meat with Yellow Worm (*Tenebrio molitor L.*) for Frankfurters. *Korean journal for food science of animal resources*, 37(5), 617–625.
- Corona-Jimenez, E., Martinez, R., Ruiz, H., Carranza, J., 2016. Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de semillas de chia (*Salvia hispanica L.*) y su actividad antioxidante. *Agrociencia*. 50.
- Cruz-López, S. O., Álvarez-Cisneros, Y. M., Domínguez-Soberanes, J., Escalona-Buendía, H. B., & Sánchez, C. N. (2022a). Physicochemical and Sensory Characteristics of Sausages Made with Grasshopper (*Sphenarium purpurascens*) Flour. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(5), 704.
- Cruz-López, S. O., Escalona-Buendía, H. B., Román-Guerrero, A., Domínguez-Soberanes, J., & Alvarez-Cisneros, Y. M. (2022b). Characterization of Cooked Meat Models using Grasshopper (*Sphenarium purpurascens*) Soluble Protein Extracted by Alkalisiation and Ultrasound as Meat-Extender. *Food science of animal resources*, 42(3), 536–555.
- Fenemma, O. (2010). *Química de los Alimentos. III. Acribia*. Zaragoza. España. 1166.
- De Carvalho, N. M., Madureira, A. R., & Pintado, M. E. (2020). The potential of insects as food sources - a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(21), 3642–3652.
- Gibis, M., Schuh, V., Allard, K., & Weiss, J. (2017). Influence of molecular weight and degree of substitution of various carboxymethyl celluloses on unheated and heated emulsion-type sausage models. *Carbohydrate polymers*, 159, 76–85.
- Hleap, J. I., Cardona, L., Agudelo, J., Gomez, A., (2015). Parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales de salchichas elaboradas con inclusión de quitosano. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 18 (2): 455 - 464.
- Hui, Y. H., Guerrero, I., Rosmini, M. R. 2006. *Ciencia y tecnología de carnes*. Limusa. México. 229-230.
- Jambrak AR, Lelas V, Mason TJ, Krešić G, Badanjak M. (2009). Physical properties of ultrasound treated soy proteins. *Journal of Food Engineering*. 93: 386-393.
- Janssen, R. H., Vincken, J. P., van den Broek, L. A., Fogliano, V., & Lakemond, C. M. (2017). Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(11), 2275–2278.
- Jantzen da Silva Lucas, A., Menegon de Oliveira, L., da Rocha, M., & Prentice, C. (2020). Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food chemistry*, 311, 126022.
- Jeong, M. S., Lee, S. D., & Cho, S. J. (2021). Effect of Three Defatting Solvents on the Techno-Functional Properties of an Edible Insect (*Gryllus bimaculatus*) Protein Concentrate. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(17), 5307.
- Ju-Hye, C.; Hae In, Y.; Su-Kyung, K.; Tae-Kyung, K.; Yun-Sang, C. (2019). The quality characteristics of pork patties according to the replacement of mealworm (*Tenebrio molitor L.*). *Korean Journal Food Cook Science*. 35: 441–449.

Kim HW, Setyabrata D, Lee YJ, Jones OG, Kim YHB. (2016). Pre-treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages Innovative Food Science and Emerging Technologies. 38:116-123.

Kim, H. W., Setyabrata, D., Lee, Y., Jones, O. G., & Kim, Y. H. B. (2017). Effect of House Cricket (*Acheta domestica*) Flour Addition on Physicochemical and Textural Properties of Meat Emulsion Under Various Formulations. Journal of food science, 82(12), 2787–2793.

Kim, T. K., Yong, H. I., Kim, Y. B., Kim, H. W., & Choi, Y. S. (2019). Edible Insects as a Protein Source: A Review of Public Perception, Processing Technology, and Research Trends. Food science of animal resources, 39(4), 521–540.

Kim, T. K., Lee, M. H., Yong, H. I., Jung, S., Paik, H. D., Jang, H. W., & Choi, Y. S. (2020). Effect of Interaction between Mealworm Protein and Myofibrillar Protein on the Rheological Properties and Thermal Stability of the Prepared Emulsion Systems. Foods (Basel, Switzerland), 9(10), 1443.

Kouřimská L, Adámková A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. NFS Journal; 4:22–26.

Lepoint-Mullie, F., De Pauw, D., Lepoint, T., Suptot, P., Avni, R. (1996). Nature of the “extreme conditions” in single sonoluminescing bubbles. The Journal of Physical Chemistry. 100 (30): 12138-12141.

Lepoint, T., and Lepoint-Mullie, F. (1998). Theoretical bases. En J. L. Luche (Ed.), Synthetic Organic Sonochemistry. New York: Plenum. 1-49.

Li K, Fu L, Zhao YY, Xue SW, Wang P, Xu XL, Bai YH. (2020). Use of high-intensity ultrasound to improve emulsifying properties of chicken myofibrillar protein and enhance the rheological properties and stability of the emulsion. Food Hydrocolloids.;98:105275. doi: 10.1016/j.foodhyd.2019.105275.

Li, H., Pordesimo, L., & Weiss, J. (2004). High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. Food Research International. 37: 731-738.

Melo Ruiz, V., Sandoval ITrujillo, H., Quirino-Barreda, C., Sanchez Herrera, K., DazGarca, R., Calvo Carrillo, C. (2015). Chemical composition and amino acids content of five species of edible Grasshoppers from Mexico. Emirates Journal of Food and Agriculture. 17.

Mishyna, M., Martinez, J. I., Chen, J., & Benjamin, O. (2019). Extraction, characterization and functional properties of soluble proteins from edible grasshopper (*Schistocerca gregaria*) and honeybee (*Apis mellifera*). Food research international (Ottawa, Ont.), 116, 697–706.

Mishyna M, Keppler JK, Chen J. (2021). Techno-functional properties of edible insect proteins and effects of processing. Current Opinion in Colloid & Interface Science.56:101508.

Park, Y. S., Choi, Y. S., Hwang, K. E., Kim, T. K., Lee, C. W., Shin, D. M., & Han, S. G. (2017). Physicochemical Properties of Meat Batter Added with Edible Silkworm Pupae (*Bombyx mori*) and Transglutaminase. Korean journal for food science of animal resources, 37(3), 351–359.

Pintado, T., & Delgado-Pando, G. (2020). Towards More Sustainable Meat Products: Extenders as a Way of Reducing Meat Content. Foods (Basel, Switzerland), 9(8), 1044.

Ramos-Elorduy, J., Pino, J. M., y Morales de León, J. 2002. Análisis químico proximal, vitaminas y nutrimentos inorgánicos de insectos consumidos en el estado de Hidalgo, México. Folia entomológica mexicana. 41: 15-29.

Torruco-Uco JG, Hernández-Santos B, Herman-Lara E, Martínez-Sánchez CE, Juárez-Barrientos JM, Rodríguez-Miranda J. (2019). Chemical, functional and thermal characterization, and fatty acid profile of the edible grasshopper (*Sphenarium purpurascens* Ch.) Eur Food Res Technol. 245:285–292.

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 and Emerging Technologies, 66, 102535.

Smarzyński K, Sarbak P, Musiał S, Jeżowski P, Piątek M, Kowalczewski PŁ. (2019). Nutritional analysis and evaluation of the consumer acceptance of pork pâté enriched with cricket powder - Preliminary study. The Open Agriculture Journal.;4:159–163.

Udomsil N, Imsoonthornruksa S, Gosalawit C, Ketudat-Cairns M. (2019). Nutritional values and functional properties of house cricket (*Acheta domestica*) and field cricket (*Gryllus bimaculatus*) Food Science and Technology Research. 25:597–605.

Van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. (2013). Edible insects: Future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); Rome, Italy: FAO Forestry Paper no. 171.

Wang, S., Zhou, B., Shen, Y., Wang, Y., Peng, Y., Niu, L., Yang, X., & Li, S. (2021). Effect of ultrasonic pretreatment on the emulsification properties of *Clanis Bilineata* Tingtauica Mell protein. Ultrasonics sonochemistry, 80, 105823.

Yi, L., Lakemond, C. M., Sagis, L. M., Eisner-Schadler, V., van Huis, A., & van Boekel, M. A. (2013). Extraction and characterization of protein fractions from five insect species. Food chemistry, 141(4), 3341–3348.

Yi, L., Van Boekel, M.A.J.S., & Lakemond, C.M.M. (2017). Extracting *Tenebrio molitor* protein while preventing browning: effect of pH and NaCl on protein yield. Journal of Insects as Food and Feed, 3(1), 21-32.

Zhao, X., Vázquez-Gutiérrez, J. L., Johansson, D. P., Landberg, R., & Langton, M. (2016). Yellow Mealworm Protein for Food Purposes - Extraction and Functional Properties. PloS one, 11(2), e0147791.

SOBRE O ORGANIZADOR

Manuel Simões é licenciado em Engenharia Biológica e doutorado em Engenharia Química e Biológica. Atualmente é Professor Associado com Agregação e Pró-Diretor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), e investigador sénior do Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia (LEPABE) do Departamento de Engenharia Química da FEUP. Nos últimos anos esteve envolvido em 10 projetos nacionais (5 como investigador principal) e 6 projetos europeus. Foi membro do comité de gestão da ação COST BACFOODNET (Rede Europeia para Mitigação da Colonização e Persistência Bacteriana em Alimentos e Ambientes de Processamento de Alimentos) e esteve envolvido em outras 2 ações: iPROMEDAI e MUTALIG. Manuel Simões tem mais de 190 artigos publicados em revistas indexadas no Journal of Citation Reports, 4 livros (1 como autor e 3 como editor) e mais de 40 capítulos em livros. Ele é Editor Associado para o jornal Biofouling - The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research (o periódico mais antigo sobre pesquisa em biofilme), Editor Associado para o jornal Frontiers in Microbiology e Section Editor-in-Chief para o jornal Antibiotics. Seus principais interesses de pesquisa estão focados nos mecanismos de formação de biofilme e seu controlo com agentes antimicrobianos, particularmente usando novas moléculas antimicrobianas, e no uso de microalgas para tratamento de efluentes. É um dos investigadores mais citados do mundo (top 1%), tendo sido distinguido nos últimos dois anos no índice Essential Science Indicators, um dos mais prestigiados indicadores da qualidade de investigação.

Identificação SCOPUS: 55608338000; Nº orcid: 0000-0002-3355-4398

ÍNDICE REMISSIVO

A

ADN 22, 29, 30, 36, 37, 39, 40

C

Calidad y productividad 69, 105

Cellular senescence 13, 17, 18, 19, 20, 21

Células de cáncer 1, 2

Chronoarchitecture 13, 18, 19, 20

Citotoxicidad 1, 2, 4, 5

Comercio justo 69, 104, 107, 108

Comunidades Tének 69, 71, 77, 78, 79, 80, 84, 87, 88, 93, 100, 101, 102, 103, 104, 107, 109, 112, 114, 115, 116

D

Desarrollo sostenible 68, 69, 70, 71, 87, 92, 93, 108, 111, 114, 115, 116

E

Endogamia 46, 48

Evaluación sensorial 54

F

Fenol cloroformo 36, 37, 39

H

Heterochrony 13, 18

Hibridación 46, 47, 48

I

Iridovirus 22, 28, 34

L

Lacasa 1, 2, 3, 4, 9

M

Maíz pigmentado 46

N

Neurodegeneration 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

Neuronal death 13, 14, 15, 16, 17, 19

P

PCR 22, 29, 30, 33, 34, 36, 37, 40, 41, 42

Pez cebra 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33

Piloncillo artesanal 69, 70, 73, 86, 87, 92, 107, 108, 111

Proteína de insecto 54

Q

Quercetina 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

S

Salchichas 54, 56, 57, 58, 61, 62, 63, 64, 65

Sphenarium purpurascens 54, 55, 57, 64, 65, 67

U

Ultrasonido 54, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 64, 65

Z

Zea mays L. 46, 52