

*Cristina Juan García (Ed.)*

**INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO EN  
PRODUCTOS, TÉCNICAS Y SEGURIDAD EN  
EL SECTOR AGROALIMENTARIO**



VNIVERSITAT  
D VALÈNCIA



# Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario

Cristina Juan García, ed.



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA



Agrair al Vicerectorat d'Ocupació i Programes Formatius i a UVEmpren de la **Universitat de València**, pel finançament amb el Programa Internacional d'Innovació Docent en Emprenedoria Universitària "UVEmpren Aprèn" per al desenvolupament de Projectes d'Innovació Educativa Especialitzats en Emprenedoria Universitària en el marc del Campus UVEmpren-Santander Universidades, convocatòria 2021. El projecte d'innovació educativa: *Incorporació de la sostenibilitat en el sector agroalimentari de manera segura i de qualitat i la seua transferència en les pautes dietètiques des de l'aula mitjançant el mindful eating dietètic*, dirigit per Cristina Juan García.



Este libro ha contado con el apoyo del Plan Complementario de Agroalimentación (AGROALNEXT), el cual está financiado a través del MCIN con fondos NextGenerationEU de la Unión Europea (PRTR-C17.I1) y por la **Generalitat Valenciana**.



Aquesta obra està sota una Llicència Creative Commons Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 4.0 Internacional.

© Dels textos: Els autors, 2023

© D'aquesta edició: Universitat de València, 2023

Edita: Departament de Medicina Preventiva i Salut Pública, Ciències de l'Alimentació, Toxicologia i Medicina Legal / Facultat de Farmàcia

Maquetació: Cristina Juan García

ISBN: 978-84-9133-602-0

DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

Edició digital



## ÍNDICE

	Pág.
<b>Innovación y <i>Mindful eating</i>. ODS 2030</b> <i>David Martínez-Rubio.</i>	7
<b>AGROALNEXT - Plan complementario de Agroalimentación, como una herramienta de apoyo a la formación y el emprendimiento.</b> <i>Francisco J. Barba Orellana, Juana Fernández-López, Juan Carlos Moltó Cortés1, Pedro Martínez-Culebras, Noelia Pallarés Barrachina, Aurelia Perez-Espinosa, Raquel Lucas-González, Juan Manuel Castagnini.</i>	20
<b>Compuestos tóxicos naturales y prevención bioactiva en seguridad alimentaria.</b> <i>Ana Juan-García, Luna Bridgeman, Raquel Penalva Olcina, Francisco Juan Martí Quijal, Cristina Juan García.</i>	25
<b>Extracción mediante fluidos supercríticos de nutrientes y compuestos bioactivos en coproductos agroalimentarios.</b> <i>Juan Manuel Castagnini, Francisco J. Martí-Quijal, Manuel Salgado-Ramos, Francisco J. Barba Orellana.</i>	38
<b>Revalorización de subproductos derivados de la producción de horchata de chufa.</b> <i>Paula Llorens Castelló, Ana Juan-García, Juan Carlos Moltó Cortés, Cristina Juan García</i>	43
<b>Métodos de predicción de toxicidad en Seguridad Alimentaria.</b> <i>Josefa Tolosa Chelós, Mónica Fernández Franzón, Emilia Ferrer García.</i>	52
<b>Alternativa asequible para pequeños comercios que permite la monitorización de variables que afectan a la maduración de las frutas.</b> <i>Carmen Martínez-Alonso, Felipe Franco Campos, Yelko Rodríguez-Carrasco, María-José Ruíz Leal.</i>	60
<b>Impacto de los pulsos eléctricos y el procesamiento a altas presiones en la mitigación de micotoxinas.</b> <i>Noelia Pallarés Barrachina, Albert Sebastià Duque, Mara Calleja-Gómez, Juan Manuel Castagnini, Emilia Ferrer García, Francisco J. Barba Orellana, Houda Berrada Ramdani</i>	65
<b>Potenciación del efecto citoprotector de antioxidantes en hidrolizados proteicos y colágeno de pescado.</b> <i>Mercedes Taroncher Ruíz, Yelko Rodríguez-Carrasco, Francisco J Barba Orellana, María-José Ruíz Leal.</i>	71
<b>Efecto de las nuevas tecnologías sobre la capacidad antioxidante.</b> <i>Francisco Juan Martí Quijal, Juan Manuel Castagnini, Noelia Pallarés Barrachina, Cristina Juan García, María-José Ruíz Leal, Francisco J. Barba Orellana.</i>	78

## INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO AGROALIMENTARIO EN EMPRESAS

<b>UVemprén, la unidad de emprendimiento de la Universitat de València.</b> <i>Pau Sendra Pons, Dolores Garzón Benítez, Rafael J. García Martínez.</i>	89
<b>Entrenamiento en Mindfulness para Estudiantes Universitarios por Psicoforma.</b> <i>David Martínez Rubio, Cristina Martínez-Brotons</i>	92
<b>Emprendimiento en pastelería valenciana por Salvador Pla con su producto Pla Pel Món.</b> <i>Salvador Pla Petit</i>	94
<b>Malferida la propuesta de rediseñar un refresco de forma natural.</b> <i>Lucía Mompó Juan.</i>	95
<b>NATURAL Greatness la nutrición para perros y gatos desde un punto de vista natural y en cantidades óptimas</b> <i>María Francisca Belda Jorques, Damaris Alberó García, Sergio Vicedo Domenech, Delia Tosca Sola.</i>	96
<b>Modelos de Innovación y vías de desarrollo de producto en la Industria Alimentaria.</b> <i>Ramón Lacomba Perales, Paula Villanueva Maestro.</i>	97
<b>Ecospirulina innovación y desarrollo para la producción artesana de espirulina.</b> <i>Nicolas Mazurier.</i>	99
<b>Innovación y desarrollo de productos en Importaco.</b> <i>Ana García Moraleja, Natividad Sebastián Fabregat.</i>	101
<b>Innovación y desarrollo en Vicky Foods.</b> <i>Laia Alemany.</i>	103

# Innovación y *Mindful eating*. ODS 2030

David Martínez-Rubio

Psicoforma, Centro Integral de Psicología, Valencia, España; Facultad de Ciencias de la Salud, Departamento de Psicología, Universidad Europea de Valencia, Valencia, España.

[david@psicoforma.es](mailto:david@psicoforma.es)  ORCIDID: 0000-0002-9346-3869

**Como citar:** D. Martínez-Rubio. 2023. Innovación y Mindful eating. ODS2030. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. *Publicacions de la Universitat de València*. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

## Abstract

The practice of mindfulness has significantly increased in the last two decades. Traditionally applied in clinical contexts, either for anxious and depressive symptomatology, for stress, pain, cancer, obesity, or for improving quality of life and well-being, it has also been extended to other contexts such as organizational, sports or educational settings, enhancing executive functions of attention and concentration, thus promoting creative and innovative processes.

Within the mindfulness practice, it has also stood out what has been called mindful eating or conscious eating, an extension of mindfulness meditation focused on the food that is consumed, as well as the physical and emotional sensations associated with eating. The aim of mindful eating is to learn to eat consciously and attentively, paying attention to the taste, texture, and aroma of the food, as well as to the bodily signals of satiety and hunger. By eating consciously and attentively, one can enjoy food more, reduce excessive and impulsive food intake, improve the relationship with food and the body, as well as train skills related to the appreciation of food properties. This, in turn, can have important implications in the prevention of cardiovascular diseases, healthy habits, and basic emotional regulation skills, both in children and the general population.

**Keywords:** *MindInnFood, minful eating, mindfulness, innovation, creativity.*

## Resumen

La práctica de *mindfulness* ha aumentado considerablemente en las dos últimas décadas. Aplicada tradicionalmente en contextos clínicos, bien para la sintomatología ansiosa y depresiva, para el estrés, el dolor, el cáncer, la obesidad o para la mejora de la calidad de vida y el bienestar, también se ha ido extendiendo a otros contextos como el organizacional, el deportivo o el educativo, mejorando las funciones ejecutivas de atención y concentración, fomentando así procesos creativos y de innovación.

Dentro de la práctica de *mindfulness*, ha destacado también lo que se ha llamado *mindful eating* o comer consciente, una extensión de tipo de práctica que se centra en los alimentos que se consumen, así como en las sensaciones físicas y emocionales asociadas a la alimentación. El objetivo del *mindful eating* es aprender a comer de manera consciente y atenta, prestando atención al sabor, a la textura y al aroma de los alimentos, así como a las señales corporales de saciedad y hambre. Comiendo de manera consciente y atenta, se puede disfrutar más de la comida, reducir la ingesta excesiva e impulsiva de alimentos, mejorar la relación con la comida y con el cuerpo, además de entrenar habilidades relacionadas con la apreciación de las propiedades de los alimentos. Esto, de hecho, puede tener importantes implicaciones en la prevención de enfermedades cardiovasculares, hábitos saludables y habilidades de regulación emocional básica, tanto en niños como en población general.

**Palabras clave:** *MindInnFood, minful eating, mindfulness, innovation, creativity.*

## 1 Introducción

La práctica de la meditación ha crecido exponencialmente en los últimos años, con el objetivo de mejorar la salud y la calidad de vida de la población, utilizando tanto enfoques seculares como otros centrados en la evidencia científica. Un claro ejemplo de esto es la meditación *mindfulness*, entendida por su creador, como un estado de la mente, “la conciencia que surge de prestar atención, de forma intencional a la experiencia (pensamientos, sentimientos y sensaciones) tal y como es en el momento presente, sin juzgarla, sin evaluarla y sin reaccionar a ella” (Kabat-Zinn, 2009; pág 4). Un tipo de meditación que la literatura científica occidental conceptualiza como “una forma de conciencia que contiene dos elementos fundamentales” (Bishop et al., 2004): la atención, que consiste en la capacidad de la persona para llevar la conciencia centrada en el presente a su experiencia inmediata y la actitud, que consiste en la capacidad de un individuo para relacionarse con su experiencia inmediata con una actitud de curiosidad, apertura y aceptación.

Estos dos elementos se describen como el *qué* y el *cómo* de la atención plena y desempeñan un papel importante en los beneficios terapéuticos del entrenamiento en *mindfulness* relacionados con la salud y el bienestar (Baer et al., 2019), mejorando la capacidad del individuo para prestar atención de una manera particular; curiosa, abierta y con aceptación. Al prestar atención a propósito a la experiencia inmediata de esta manera, es menos probable que una persona se identifique y quede atrapada por un pensamiento, una emoción o una sensación, puesto que, al atender y observar la propia experiencia interna, se puede comprender que no es reflejo de la realidad, sino un evento pasajero y cambiante (Bishop et al., 2004; Shapiro et al., 2006).

El entrenamiento en *mindfulness* consiste precisamente en la práctica de ejercicios para cultivar los elementos *qué* (atención) y *cómo* (actitud) de la atención plena (Baer, 2019), invitando a los participantes a dirigir su atención a las experiencias del momento presente, a notar cuando su mente divaga y a guiar suavemente su atención de regreso al presente con una actitud de aceptación y curiosidad, sin juzgar (Bishop et al., 2004; Keng et al., 2011). Estas habilidades de *mindfulness* se pueden ejercitar a través de dos tipos de prácticas principales: la formal, en la que se anima a los participantes a practicar en momentos específicos para ejercitar estas habilidades, y la informal, en la que se les alienta a integrar estas habilidades en actividades cotidianas, como lavar los platos, lavarse los dientes, ducharse o comer, entre otras.

La práctica puede realizarse en distintos formatos, desde grupos de práctica regular, breves sesiones de práctica informal en el trabajo o en las escuelas, de manera autoguiada mediante el uso libros o bien utilizando audios, hasta programas formales de duración determinada (normalmente 8 sesiones) o retiros de varios días.

Los resultados más significativos de las intervenciones basadas en *mindfulness* se han centrado inicialmente en población clínica, demostrando ser efectivas en problemas de ansiedad y depresión (Khoury et al., 2013, Reansing et al., 2021), mejorando la sintomatología ansiosa y depresiva, así como la calidad de vida en distintos problemas clínicos como cáncer (Chyadi et al., 2022; Cillessen et al., 2019), dolor crónico (Hilton et al., 2016), trastorno obsesivo compulsivo (Chien et al., 2022), adicciones (Ramadas et al., 2021), esquizofrenia (Liu et al., 2021), trastornos de alimentación y obesidad (Carrière et al., 2017; Sala et al., 2020)

En este sentido, encontramos un interés creciente por el uso de programas basados en *mindfulness* para el tratamiento de la obesidad (Godsey, 2013; Ruffault et al., 2017; Warren et al., 2017). La alimentación consciente o *mindful eating*, resulta de la aplicación del *mindfulness* al ámbito de la alimentación, e implica llevar la atención al presente, a los pensamientos, emociones y sensaciones físicas mientras se come, sin juzgar ni criticar (Mantzios & Wilson, 2015).

También ha aumentado el interés por la práctica informal de la alimentación consciente como intervención orientada a la reducción de las conductas alimentarias problemáticas asociadas tanto a la obesidad (Katterman et al., 2014; Miller et al., 2014), como a las enfermedades comórbidas (Ngan et al., 2021) y para aquellos pacientes candidatos a cirugía bariátrica que requieren pérdida ponderal

prequirúrgica o cambios en su relación con la comida, a fin de mantener los resultados postquirúrgicos a largo plazo (Martínez-Brotóns, 2017).

Los comportamientos alimentarios relacionados con la obesidad, como el comer emocional (Bruch, 1973) y el comer externo, parecen surgir de respuestas desadaptativas ante los disparadores internos (pensamientos, emociones, sensaciones fisiológicas) y externos (vista, olores) para comer (Kakoschke et al., 2019; van Strien, 2018). Estas respuestas se entienden como una incapacidad de la persona para reconocer y diferenciar entre sensaciones de hambre, saciedad y excitación emocional (Elliston et al., 2017; Willem et al., 2019), así como para regularse emocionalmente cuando se está bajo presión emocional (Evers et al., 2010; Macht, 2008; van Strien, 2018).

Así pues, la práctica de *mindful eating*, que aumenta el nivel de conciencia en lo relacionado con la alimentación, promueve la toma de decisiones más conscientes y adaptativas, por lo que se relaciona de forma negativa con los estilos de ingesta (Beccia et al., 2020) y puede ser útil para manejar los comportamientos alimentarios relacionados con la obesidad (Clementi et al., 2017; Kristeller & Epel, 2014). Además, puede ser útil fomentar una actitud de curiosidad, apertura y aceptación hacia las experiencias del momento presente (pensamientos, emociones y sensaciones corporales) relacionadas con la comida y la alimentación (Mantzios & Wilson, 2015), reduciendo la tendencia a participar en comportamientos alimentarios automáticos, como comer emocionalmente como método de evasión o supresión de los estados afectivos negativos (Brewer et al., 2018; Kristeller, 2015).

De hecho, diversos estudios han demostrado que el entrenamiento en *mindful eating* puede aumentar la conciencia de las sensaciones de hambre y saciedad, así como los desencadenantes ambientales y emocionales para comer, lo que lleva a una reducción en la sobrealimentación sin sentido (Clementi et al., 2017; Clifford et al., 2015; Czepczor-Bernat et al., 2020; Dalen et al., 2010; Kristeller et al., 2013; Warren et al., 2017).

Por lo que se refiere a población no clínica, la práctica de *mindfulness* también ha resultado útil en distintos contextos; organizacional, en la reducción del estrés y prevención del burnout (Allen et al., 2015; Kersemaekers et al., 2018; Martínez-Borrás et al., 2022), deportivo, en la mejora de la concentración, el rendimiento, disminución de preocupaciones y mayor regulación emocional (Baltzell et al., 2014; Glass et al., 2016; Mistretta et al., 2017) y, especialmente, en el contexto educativo.

En el caso de estudiantes universitarios, ha demostrado ser efectivo en la gestión del estrés psicológico, depresión y ansiedad, disminuyendo la rumiación, aumentando el bienestar general, la flexibilidad psicológica y la autocompasión, actuando como un factor protector frente al burnout (Dawson et al., 2020; Martínez-Rubio et al., 2021, 2022).

También se han encontrado mejoras en atención y rendimiento académico. La práctica de *mindfulness* mejora la atención, la concentración, la memoria de trabajo, la retención y recuperación de la información, disminuyendo la rumiación e incluso favoreciendo la asistencia del alumnado a clase (Bennett et al., 2018; Calma-Birling & Gurung, 2017; Chambers et al., 2008; Chiang & Sumell, 2019; Lin & Mai, 2018; Ramsburg & Youmans, 2014; Verhaeghen, 2023).

En este sentido, otro de los aspectos fundamentales con el que se ha relacionado la atención plena es la creatividad. La práctica de *mindfulness* podría reducir el estrés y abrir posibilidades creativas, influyendo potencialmente en las redes sociales hacia un cambio creativo. La práctica de atención plena, específicamente la meditación de atención focalizada y monitoreo abierto se asocia con el pensamiento creativo divergente y convergente, resolución de problemas con perspicacia, flexibilidad cognitiva, fluidez y originalidad, generando apertura a la percepción y aceptación de estímulos sensoriales y externos. Además, la meditación *mindfulness* se relaciona con la focalización y regulación de la atención y, la reducción de respuestas automáticas o habituales, procesos también de conceptualización del lenguaje que dificultan la resolución de problemas de epifanía, un componente esencial del pensamiento creativo (Chen et al., 2022; Gabora & Unrau, 2019; Mulligan et al., 2021).

Las actitudes relacionadas con la atención plena y la autocompasión favorecen

una relación abierta y amable con las experiencias, aspecto básico en el desarrollo de la creatividad verbal. Ayudan a disminuir el miedo al juicio, la ansiedad, la agitación y la percepción de fracaso, generando mayor disposición a tomar riesgos y apertura a la experiencia, mientras mejoran factores que pueden aumentar la creatividad, como la curiosidad y la conciencia no-juzgadora. Los meditadores experimentados muestran mejores soluciones en tareas de flexibilidad cognitiva y mejor resolución de problemas con perspicacia, además, son más originales al escribir sobre eventos negativos con enfoque de auto-compasión (Bellosta-Batalla et al., 2021; Cheng, 2023).

Finalmente, en cuanto a la innovación, la práctica de *mindfulness* ha demostrado beneficios en la capacidad cognitiva, actitud y comportamiento a través de numerosos estudios empíricos (Baer et al., 2006, Barber & Deale, 2014, Greenberg et al., 2012), fomentando el compromiso y los comportamientos innovadores al reducir el pensamiento discursivo, lo que permite a las personas estar más presentes en el momento actual sin depender del lenguaje, ya que este puede crear procesos mentales rígidos y evaluativos que solidifican patrones de pensamiento y comprometen la flexibilidad cognitiva (Goldin et al., 2009; Hayes & Wilson, 2003). Esta flexibilidad es esencial para realizar saltos creativos y encontrar soluciones innovadoras. Investigaciones anteriores coinciden en que verbalizar estrategias de resolución de problemas puede perjudicar el rendimiento en tareas creativas, lo que refuerza aún más la importancia de la atención plena en la promoción de la creatividad y la innovación (Mulligan et al., 2021).

Es por ello que empresas como Google, Apple, Nike, Ikea, Procter & Gamble, Deutsche Bank, General Mills, Aetna o instituciones como la Universitat de València incorporan, dentro de los recursos propios, este tipo de programas con el objetivo de promover la salud personal, el rendimiento empresarial y la innovación (Gelles, 2012; Siqueira & Pitassi, 2016, Valipour & Bosch, 2021).

## 2 Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es conocer qué es *mindfulness*, los componentes que conforman el constructo, tipos de práctica, qué es el *mindful eating* y las distintas aplicaciones que tiene con relación a los procesos relacionados con la ingesta.

Por otro lado, estamos interesados en la práctica de *mindfulness* y del *mindful eating* relacionada con el fomento de la creatividad y la innovación, que hacen de este tipo de práctica uno de los recursos novedosos en cuanto a investigación y aplicabilidad, pudiendo ser un elemento fundamental en el entrenamiento de profesionales de la alimentación.

Finalmente, abordaremos la relación que existe entre el *mindful eating* y algunos objetivos de desarrollo sostenible como la mejora de la salud y el bienestar (ODS3), una educación de mayor calidad (ODS4) y una producción y consumo responsables (ODS12).

## 3 Desarrollo de la innovación o metodología

La metodología de trabajo de las sesiones es un enfoque práctico y experiencial, tal y como suele realizarse en los programas de intervención basados en *mindfulness*. Para ello durante las sesiones se plantea a los participantes ejercicios y prácticas de meditación que, posteriormente, mediante la utilización de la indagación facilitan la introducción de los distintos elementos teóricos que se van a trabajar en cada una de las sesiones.

La indagación es un diálogo entre los participantes y el instructor, que se puede concebir como una progresión a través de tres círculos y estratos concéntricos: 1) el foco, en el primer estrato, se centra en aquello que los participantes advierten realmente de su experiencia directa de la práctica, es decir, en su descripción de los pensamientos, sentimientos y sensaciones corporales de los que sean conscientes, 2) durante el segundo estrato, el foco se centra en un diálogo continuo sobre las experiencias que han advertido. y, 3) durante el tercer estrato, nos ocupamos de relacionar la caracterización emergente de las experiencias con los objetivos del propio

programa (es decir, la mejora del bienestar y la exploración con relación al programa específico, en este caso de la relación que los participantes pueden tener con la comida).

## 4 Resultados

De acuerdo con lo planteado en la parte de objetivos de este trabajo, a continuación, explicamos el desarrollo del contenido de las sesiones.

En **primer lugar**, previo a la definición de *mindfulness*, se realizó una práctica, “la atención como una linterna”. A través de esta meditación, empezamos a tomar consciencia de lo difícil que es elegir prestar atención a un único estímulo, y la facilidad con que nuestra atención se dispersa y se deja atrapar por estímulos inesperados. Algo similar ocurre cuanto aparece una preocupación, o un problema en nuestra mente y no dejamos de darle vueltas. Por eso es importante aprender a poder reconocer esta distracción y saber elegir dónde poner la atención.

Este ejercicio nos ayuda a pensar en la atención como el foco de una linterna que podemos dirigir a un objeto, destacando esa parte y dejando el resto en penumbra, desenfocado, pudiendo elegir donde moverlo.

En el siguiente ejercicio reflexionamos acerca de la cantidad de pensamientos y decisiones que tomamos cada día relacionadas con la comida, unas 300, y si solemos comer con hambre, por inercia, atendiendo a estímulos internos o externos, a la forma en la que comemos, al papel de la atención durante la comida ¿dónde está? Sabores, texturas, colores, olores, sonidos...

A partir de este ejercicio se da una definición de *mindfulness* como “una forma de consciencia que contiene dos elementos fundamentales” la regulación de la atención y la apertura a la experiencia (Bishop, 2004) y, a través de lo comentado en la indagación de la práctica, introducimos términos como “piloto automático” o “divagación” enlazando con el siguiente apartado en el que profundizamos en cómo funciona la mente. Y la naturaleza de la mente es generar pensamientos constantemente la mayor parte del tiempo, de manera automática, y esta divagación si no tenemos cuidado, puede en innumerables ocasiones, llevarnos a la insatisfacción y la infelicidad (Killingsworth & Gilbert, 2010). La mente normalmente suele estar saltando entre el pasado y el futuro, el pasado relacionado más con la depresión y la tristeza y, el futuro con la ansiedad y la preocupación, intentando cerrar tareas inconclusas en segundo plano. A través de la práctica de *mindfulness* podemos aprender a ser más conscientes favoreciendo procesos de desidentificación y descentramiento, a través de la metacognición, dándonos cuenta de sobre qué estamos pensando y redirigiendo el foco eligiendo a qué atender.

Realizamos una práctica con 2 uvas. La primera nos la comimos como lo hacemos normalmente y en la segunda de manera atenta, prestando atención de manera objetiva y libre de conceptos, a los colores, al tacto y presión, en la mano, al peso, al sonido, al tacto en el labio, en la lengua y al proceso de mastigar e ingerir. Los objetivos de este ejercicio son: notar el contraste entre el *mindfulness* y el piloto automático, ver cómo prestar atención en detalle puede revelar cosas que no habíamos notado o que habíamos olvidado, también advertir cómo prestar atención de esta manera puede transformar una experiencia y, notar cómo la mente divaga -viéndolo como normal.

A continuación, hablamos de *mindfulness* como un proceso cognitivo complejo, no narrativo que a veces se llama “modo ser”, contrapuesto al modo en el que funcionamos habitualmente en piloto automático “modo hacer” y que autores como Penman y Williams (2011, p. 46) han diferenciado en 7 características: 1) Piloto automático vs elección consciente; 2) analizar vs sentir, 3) luchar vs aceptar, 4) ver los pensamientos como algo sólido y real vs tratarlos como hechos mentales, 5) preocuparse por el pasado y el futuro vs estar en el presente,; 6) Juzgar vs aceptar a los demás,; y negatividad vs gratitud.

Discriminamos entre la práctica formal y la informal, destacando las prácticas formales más habituales: el escáner corporal, las meditaciones de *mindfulness* en la respiración y realizamos la práctica del espacio de la respiración en 3 pasos; una práctica breve cuyas intenciones son: salir del piloto automático y ver claramente lo

que está presente en este momento, parar un momento para hacer una pausa, en el fluir de las cosas, y ser consciente, un medio para llevar la práctica de la meditación a la vida diaria, facilitar el acercamiento al siguiente momento desde una perspectiva más amplia y darnos cuenta de que la práctica no consiste en distraerse, relajarse o arreglar nada.

Prestamos especial atención al “qué” (llevar la atención) y en el “como”, las actitudes básicas de la práctica de *mindfulness*: no juzgar, paciencia, mente de principiante, confianza, sin esfuerzo, aceptación y dejar ir. Finalmente, hablamos de los beneficios de la práctica y pusimos ejercicios hasta la siguiente sesión, tareas orientadas a la práctica formal e informal relacionadas con la comida y la ingesta.

En la **segunda sesión** nos centramos en el *mindful eating*, empezando con una práctica en la que explorábamos otro alimento, en este caso un trozo de chocolate negro. En la práctica, al igual que en la sesión anterior, íbamos dirigiendo la consciencia a matices cada vez más sutiles, el tacto, el olor, el sonido, las texturas cambiantes al derretirse, sensaciones interoceptivas o matices relacionados con el sabor, en función de la parte de la lengua o de la boca sobre la que llevábamos la atención.

Hablamos del papel de las emociones en la ingesta, y en relación con las preferencias alimentarias, cómo ante emociones negativas la ingesta predominante es dulce, mientras que ante emociones positivas predomina la ingesta de alimentos salados (Kampov-Polevoy et al., 2006) y que mientras las mujeres comen en reacción a emociones negativas, los hombres lo hacen para mantener o mejorar sus estados emocionales positivos (Martínez-Brotóns, 2017).

Reflexionamos sobre los comportamientos condicionados y en el papel de la comida en la administración de premios y castigos a lo largo de nuestra historia, polarizando la forma en la que nos relacionamos con los alimentos, deseo *vs* aversión. Algunos ejemplos de estos comportamientos son: dejarse lo mejor para el final (lo que te obliga a comértelo todo), no levantarte de la mesa hasta acabártelo todo, entretenerse mientras se come o combinar comilonas con periodos de inanición, todos ellos procesos opuestos a la consciencia corporal como fuente de conocimiento y regulación.

Profundizamos en los 3 estilos de ingesta (Cebolla et al., 2014), en cómo en vez de ingerir alimentos en base a las sensaciones de hambre o saciedad, lo hacemos, según la teoría psicósomática y desde el comer emocional, en respuesta a estados emocionales (aburrimiento, ansiedad, miedo, rabia...), Además, la teoría de la restricción atribuye el sobrepeso a las dietas y a la restricción como procesos generadores de hambre (Goldsmith et al., 2010). Finalmente, según la teoría de la externalidad, la conducta alimentaria de las personas con sobrepeso suele centrarse en el entorno externo como determinante para su comportamiento alimentario (olor de la comida, ver comer a otros, etc.), con independencia de las señales fisiológicas (Van Strien, et al., 1986).

Hablamos de lo que Chozen-Bays (2014) identifica como las 7 clases de hambre, o de lo que se llaman las hambres tramposas: vista, olfato, gusto, estómago, mental y emocional o de corazón, y se dice que son “tramposas” porque la única que es real es la celular, las otras están influidas o generadas por nuestros sentidos que especialmente en periodos de privación son más difíciles de gestionar.

Diferenciamos el hambre fisiológica que es gradual, puede esperar, está abierta a varias opciones, atiende a señales interoceptivas (saciedad) y no genera emociones de valencia negativa, frente a la llamada hambre emocional, que es repentina, urgente, concreta, abundante y generadora de emociones como culpa o vergüenza.

Conocimos dos herramientas fundamentales en la gestión del hambre: el estomágometro, que consiste en prestar atención a las sensaciones del estómago como medida de lo ingerido y el taburete, una herramienta fundamental en la pérdida sostenible de peso. Según esta herramienta, para que la pérdida sea sostenible en el tiempo, se ha de apoyar sobre 3 patas: que lo que comamos sea saludable, que nos satisfaga, y cuidar las formas y la presentación.

Por lo que se refiere al **segundo objetivo**, el entrenamiento en *mindfulness* y a través de la alimentación consciente, permite entrenar la capacidad de prestar

atención a los distintos elementos de la experiencia con mayor apertura y curiosidad. Esta actitud básica se ha identificado como uno de los elementos principales a la hora de favorecer la creatividad, neutralizando la tendencia habitual a relacionarnos de la misma forma con la experiencia, en este caso, con procesos mentales, o sensaciones o alimentos.

Desarrollar durante las sesiones, prácticas con alimentos y la posterior indagación en la experiencia, favorece que los participantes tengan numerosos ejemplos de lo que significa prestar atención a las cualidades objetivas del objeto, ya sea a un alimento, un líquido, o bien a los juicios y pensamientos que puedan acompañar el proceso de ingesta. Esta exploración favorece el entrenamiento de la flexibilidad psicológica, que se refiere a “la capacidad de un organismo para contactar con el momento presente y cambiar o perseverar en la conducta en función de los resultados de su análisis funcional, en lugar de hacerlo en función de reglas, convenciones, historias pasadas o evitación del malestar psicológico” (Harris, 2006, p.2). Una novedosa aplicación de este tipo de prácticas iría orientada a la formación de profesionales en catas de alimentos y la participación de personas en este tipo de eventos, mejorando, además, la satisfacción y el disfrute de la comida.

En cuanto **al tercer objetivo**, la práctica de *mindfulness* y el *mindful eating* estaría relacionada con distintos objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

En primer lugar, en cuanto al ODS 3 referido a la Salud y Bienestar, que tiene como objetivo garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos en todas las edades, la práctica de *mindfulness* se ha relacionado con mejoras en ansiedad, depresión, adicciones y calidad de vida en distintos problemas clínicos, especialmente los relacionados con los procesos de ingesta, además de mejoras sustanciales en población general y en distintos contextos (organizacional, sanitario, deportivo o educativo). Por lo que se refiere a la práctica de *mindful eating* también tiene un peso significativo dentro de este objetivo, tanto en la regulación emocional y problemas relacionados con la ingesta como la ansiedad o el estrés, como en el mantenimiento de una alimentación saludable y equilibrada, elementos nucleares en el mantenimiento de una buena salud y en la prevención de enfermedades.

Al prestar atención consciente a los alimentos que se consumen, es más probable que se elijan alimentos nutritivos y se eviten aquellos que son poco saludables. Además, la práctica del *mindful eating* puede ayudar a seleccionar las porciones de comida y evitar el exceso de consumo de alimentos procesados y azúcares añadidos, reduciendo el riesgo de enfermedades crónicas como la diabetes, la obesidad y las enfermedades cardiovasculares. Asimismo, la alimentación consciente ayuda a desarrollar habilidades de autocontrol y autoconsciencia, lo que puede ser útil en la adopción de hábitos alimentarios saludables y relacionados también con la actividad física regular.

Por lo que se refiere al ODS4, educación de calidad, la práctica de *mindfulness* y del *mindful eating* puede contribuir a la adquisición de competencias básicas como la atención, concentración, retención y memorización, regulación emocional, habilidades de autocontrol y autoconsciencia, relacionadas con el rendimiento y con el bienestar, al mismo tiempo que favorece la promoción de la creatividad y la innovación dentro de contextos educativos. Estos beneficios no están dirigidos únicamente al alumnado, sino también a la formación del profesorado, especialmente en países menos desarrollados.

Finalmente, la práctica del *mindful eating* también está relacionada con el ODS 12 que hace referencia a la Producción y Consumo Responsables. La producción y el consumo de alimentos tienen un gran impacto en el medio ambiente, y los hábitos alimentarios de las personas pueden influir significativamente. Al practicar el comer consciente, se fomenta una mayor conciencia sobre la forma en que se producen, almacenan y preparan los alimentos y esto puede llevar a una mayor demanda de alimentos producidos de manera sostenible y responsable, y a una mayor presión sobre los productores para que adopten prácticas más sostenibles.

## 5 Conclusiones

De acuerdo con lo planteado en el trabajo, la práctica de mindfulness puede ser un recurso útil y práctico en contextos educativos, fomentando habilidades tan necesarias como la atención y la concentración, mejorando así el rendimiento y el bienestar del estudiantado. De manera más específica, la práctica de *mindful eating* intervendría en la relación con la comida, pudiendo constituirse como un elemento relevante en la intervención en personas con alteración en los patrones alimentarios, facilitando las habilidades de regulación emocional, reconociendo disparadores internos (pensamientos, emociones, sensaciones fisiológicas) y externos (vista, olores) relacionados con los procesos de ingesta. Un incremento del nivel de consciencia en la experiencia de la alimentación facilita la toma de decisiones más sensatas y adaptativas, por lo que se relaciona de forma negativa con los estilos de ingesta que, a su vez, alteran los patrones alimentarios y, por consiguiente, con la obesidad y otros problemas relacionados con la conducta alimentaria. Por otro lado, este tipo de prácticas han demostrado ser también efectivas en el trabajo creativo, además de ser un elemento favorecedor en procesos de innovación, constituyendo un novedoso campo de trabajo y de estudio, en la línea de algunos objetivos de desarrollo sostenible.

## 6 Agradecimientos

A Cristina Martínez Brotons del centro PSICOFORMA (Valencia), por su trabajo clínico y de investigación especializado en esta área, y por su inestimable ayuda en la elaboración de este material.

## 7 Referencias bibliográficas

- Allen, T. D., Eby, L. T., Conley, K. M., Williamson, R. L., Mancini, V. S., & Mitchell, M. E. (2015). What do we really know about the effects of mindfulness-based training in the workplace?. *Industrial and Organizational Psychology*, 8(4), 652-661. <https://doi.org/10.1017/iop.2015.95>
- Baer, R. (2019). Assessment of mindfulness by self-report. *Current Opinion in Psychology*, 28, 42-48. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2018.10.015>
- Baer, R., Crane, C., Miller, E., & Kuyken, W. (2019). Doing no harm in mindfulness-based programs: Conceptual issues and empirical findings. *Clinical Psychology Review*, 71, 101-114. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2019.01.001>
- Baer, R. A., Smith, G. T., Hopkins, J., Krietemeyer, J., & Toney, L. (2006). Using self-report assessment methods to explore facets of mindfulness. *Assessment*, 13(1), 27-45. <https://doi.org/10.1177/1073191105283504>
- Baltzell, A., Caraballo, N., Chipman, K., & Hayden, L. (2014). A qualitative study of the mindfulness meditation training for sport: Division I female soccer players' experience. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 8(3), 221-244. <https://doi.org/10.1123/jcsp.2014-0030>
- Barber, N. A., & Deale, C. (2014). Tapping mindfulness to shape hotel guests' sustainable behavior. *Cornell Hospitality Quarterly*, 55(1), 100-114. <https://doi.org/10.1177/1938965513496>
- Beccia, A. L., Ruf, A., Druker, S., Ludwig, V. U., & Brewer, J. A. (2020). Women's Experiences with a Mindful Eating Program for Binge and Emotional Eating: A Qualitative Investigation into the Process of Change. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 26(10), 937-944. <https://doi.org/10.1089/acm.2019.0318>
- Bellosta-Batalla, M., Cebolla, A., Pérez-Blasco, J., & Moya-Albiol, L. (2021). Introducing mindfulness and compassion-based interventions to improve verbal creativity in students of clinical and health psychology. *Psychology and Psychotherapy: Theory, Research and Practice*, 94(3), 541-557. <https://doi.org/10.1111/papt.12329>

- Bennett, R. I., Egan, H., Cook, A., & Mantzios, M. (2018). Mindfulness as an intervention for recalling information from a lecture as a measure of academic performance in higher education: a randomized experiment. *Higher Education for the Future*, 5(1), 75-88. <https://doi.org/10.1177/2347631117738649>
- Bishop, S. R., Lau, M., Shapiro, S., Carlson, L., Anderson, N. D., Carmody, J., Segal, Z. V., Abbey, S., Speca, M., Velting, D., & Devins, G. (2004). Mindfulness: A proposed operational definition. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 11(3), 230-241. <https://doi.org/10.1093/clipsy.bph077>
- Brewer, J. A., Ruf, A., Beccia, A. L., Essien, G. I., Finn, L. M., Lutterveld, R. V., & Mason, A. E. (2018). Can mindfulness address maladaptive eating behaviors? Why traditional diet plans fail and how new mechanistic insights may lead to novel interventions. *Frontiers in Psychology*, 1418. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01418>
- Martínez-Brotóns, M. C. (2017). *Psicopatología, personalidad y variables protectoras en personas con obesidad mórbida candidatas a cirugía bariátrica* (Doctoral dissertation, Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir).
- Bruch, H. (1973). *Eating disorder: obesity, anorexia nervosa and the person within*, Basic Book. New York.
- Calma-Birling, D., & Gurung, R. A. (2017). Does a brief mindfulness intervention impact quiz performance?. *Psychology Learning & Teaching*, 16(3), 323-335. <https://doi.org/10.1177/1475725717712785>
- Carrière, K., Khoury, B., Günak, M. M., & Knäuper, B. (2018). Mindfulness-based interventions for weight loss: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 19(2), 164-177. <https://doi.org/10.1111/obr.12623>
- Chambers, R., Lo, B. C. Y., & Allen, N. B. (2008). The impact of intensive mindfulness training on attentional control, cognitive style, and affect. *Cognitive therapy and research*, 32, 303-322. <https://doi.org/10.1007/s10608-007-9119-0>
- Chayadi, E., Baes, N., & Kiropoulos, L. (2022). The effects of mindfulness-based interventions on symptoms of depression, anxiety, and cancer-related fatigue in oncology patients: A systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 17(7), e0269519. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269519>
- Chen, H., Liu, C., Zhou, F., Chiang, C. H., Chen, Y. L., Wu, K., ... & Chiou, W. K. (2022). The effect of animation-guided mindfulness meditation on the promotion of creativity, flow and affect. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.894337>
- Cheng, L. (2023). Delving into the role of mindfulness on the relationship among creativity, anxiety, and boredom of young EFL learners. *Heliyon*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13733>
- Chien, W. T., Tse, M. K., Chan, H. Y., Cheng, H. Y., & Chen, L. (2022). Is mindfulness-based intervention an effective treatment for people with obsessive-compulsive disorder? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Obsessive-Compulsive and Related Disorders*, 100712. <https://doi.org/10.1016/j.jocrd.2022.100712>
- Chiang, E. P., & Sumell, A. J. (2019). Are your students absent, not absent, or present? Mindfulness and student performance. *The Journal of Economic Education*, 50(1), 1-16. <https://doi.org/10.1080/00220485.2018.1551096>
- Cillessen, L., Johannsen, M., Speckens, A. E., & Zachariae, R. (2019). Mindfulness-based interventions for psychological and physical health outcomes in cancer patients and survivors: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Psycho-oncology*, 28(12), 2257-2269. <https://doi.org/10.1002/pon.5214>

- Clementi, C., Casu, G., & Gremigni, P. (2017). An abbreviated version of the mindful eating questionnaire. *Journal of nutrition education and behavior*, 49(4), 352-356. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2017.01.016>
- Clifford, D., Ozier, A., Bundros, J., Moore, J., Kreiser, A., & Morris, M. N. (2015). Impact of non-diet approaches on attitudes, behaviors, and health outcomes: A systematic review. *Journal of nutrition education and behavior*, 47(2), 143-155. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2014.12.002>
- Czepczor-Bernat, K., Brytek-Matera, A., Gramaglia, C., & Zeppego, P. (2020). The moderating effects of mindful eating on the relationship between emotional functioning and eating styles in overweight and obese women. *Eating and Weight Disorders-Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity*, 25, 841-849. <https://doi.org/10.1007/s40519-019-00740-6>
- Dalen, J., Smith, B. W., Shelley, B. M., Sloan, A. L., Leahigh, L., & Begay, D. (2010). Pilot study: Mindful Eating and Living (MEAL): weight, eating behavior, and psychological outcomes associated with a mindfulness-based intervention for people with obesity. *Complementary therapies in medicine*, 18(6), 260-264. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2010.09.008>
- Dawson, A. F., Brown, W. W., Anderson, J., Datta, B., Donald, J. N., Hong, K., ... & Galante, J. (2020). Mindfulness-based interventions for university students: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Applied Psychology: Health and Well-Being*, 12(2), 384-410. <https://doi.org/10.1111/aphw.12188>
- Elliston, K. G., Ferguson, S. G., Schüz, N., & Schüz, B. (2017). Situational cues and momentary food environment predict everyday eating behavior in adults with overweight and obesity. *Health Psychology*, 36(4), 337-345. <https://doi.org/10.1037/hea0000439>
- Evers, C., Marijn Stok, F., & de Ridder, D. T. D. (2010). Feeding your feelings: Emotion regulation strategies and emotional eating. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 36(6), 792-804. <https://doi.org/10.1177/0146167210371383>
- Gabora, L., & Unrau, M. (2019). The role of engagement, honing, and mindfulness in creativity. *Creativity Under Duress in Education? Resistive Theories, Practices, and Actions*, 137-154. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-90272-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-90272-2_8)
- Gelles, D. (2012). The mind business: Yoga, meditation, 'mindfulness'-why some of the west's biggest companies are embracing eastern spirituality. *The Financial Times*.
- Glass, C. R., Spears, C. A., Perskaudas, R., & Kaufman, K. A. (2019). Mindful sport performance enhancement: Randomized controlled trial of a mental training program with collegiate athletes. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 13(4), 609-628. <https://doi.org/10.1123/jcsp.2016-0043>
- Godsey, J. (2013). The role of mindfulness based interventions in the treatment of obesity and eating disorders: An integrative review. *Complementary Therapies in Medicine*, 21(4), 430-439. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2013.06.003>
- Goldin, P., Ramel, W., & Gross, J. (2009). Mindfulness meditation training and self-referential processing in social anxiety disorder: Behavioral and neural effects. *Journal of cognitive psychotherapy*, 23(3), 242-257. <https://doi.org/10.1891/0889-8391.23.3.242>
- Goldsmith, R., Joanisse, D. R., Gallagher, D., Pavlovich, K., Shamoan, E., Leibel, R. L., & Rosenbaum, M. (2010). Effects of experimental weight perturbation on skeletal muscle work efficiency, fuel utilization, and biochemistry in human subjects. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 298(1), R79-R88. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00053.2009>
- Greenberg, J., Reiner, K., & Meiran, N. (2012). "Mind the trap": mindfulness practice reduces cognitive rigidity. *PloS one*, 7(5), e36206. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036206>

- Harris, R. (2006). Emociones dolorosas: Cómo aceptar el sufrimiento y convertirlo en combustible para el cambio. Paidós.
- Hayes, S. C., & Wilson, K. G. (2003). Mindfulness: Method and process. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 10(2), 161. <https://doi.org/10.1093/clipsy.bpg018>
- Hilton, L., Hempel, S., Ewing, B. A., Apaydin, E., Xenakis, L., Newberry, S., ... & Maglione, M. A. (2017). Mindfulness meditation for chronic pain: systematic review and meta-analysis. *Annals of behavioral medicine*, 51(2), 199-213. <https://doi.org/10.1007/s12160-016-9844-2>
- Kabat-Zinn J. (2009) Mindfulness en la vida cotidiana. Donde quiera que vayas, ahí estás. Grupo Planeta (GBS).
- Kakoschke, N., Aarts, E., & Verdejo-Garcia, A. (2019). The cognitive drivers of compulsive eating behavior. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 12, 338. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00338>
- Kampov-Polevoy, A. B., Alterman, A., Khalitov, E., & Garbutt, J. C. (2006). Sweet preference predicts mood altering effect of and impaired control over eating sweet foods. *Eating behaviors*, 7(3), 181-187. <https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2005.09.005>
- Katterman, S. N., Kleinman, B. M., Hood, M. M., Nackers, L. M., & Corsica, J. A. (2014). Mindfulness meditation as an intervention for binge eating, emotional eating, and weight loss: a systematic review. *Eating behaviors*, 15(2), 197-204. <https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2014.01.005>
- Keng, S. L., Smoski, M. J., & Robins, C. J. (2011). Effects of mindfulness on psychological health: A review of empirical studies. *Clinical Psychology Review*, 31(6), 1041-1056. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2011.04.006>
- Kersemaekers, W., Rupprecht, S., Wittmann, M., Tamdjidi, C., Falke, P., Donders, R., ... & Kohls, N. (2018). A workplace mindfulness intervention may be associated with improved psychological well-being and productivity. A preliminary field study in a company setting. *Frontiers in psychology*, 9, 195. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00195>
- Khoury, B., Lecomte, T., Fortin, G., Masse, M., Therien, P., Bouchard, V., ... & Hofmann, S. G. (2013). Mindfulness-based therapy: a comprehensive meta-analysis. *Clinical psychology review*, 33(6), 763-771. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2013.05.005>
- Killingsworth, M. A., & Gilbert, D. T. (2010). A wandering mind is an unhappy mind. *Science*, 330(6006), 932-932. <https://doi.org/10.1126/science.1192439>
- Kristeller, J. L. (2015). Mindfulness, eating disorders, and food intake regulation. *Handbook of mindfulness and self-regulation*, 199-215. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2263-5\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2263-5_15)
- Kristeller, J. L., & Epel, E. (2014). Mindful eating and mindless eating: The science and the practice. In A. le, C. T. Ngnoumen, & E. J. Langer (Eds.), *The Wiley Blackwell handbook of mindfulness* (pp. 913-933). Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118294895.ch47>
- Kristeller, J., Wolever, R. Q., & Sheets, V. (2014). Mindfulness-based eating awareness training (MB-EAT) for binge eating: A randomized clinical trial. *Mindfulness*, 5, 282-297. <https://doi.org/10.1007/s12671-012-0179-1>
- Lin, J. W., & Mai, L. J. (2018). Impact of mindfulness meditation intervention on academic performance. *Innovations in Education and Teaching International*, 55(3), 366-375. <https://doi.org/10.1080/14703297.2016.1231617>

- Liu, Y. C., Li, I. L., & Hsiao, F. H. (2021). Effectiveness of mindfulness-based intervention on psychotic symptoms for patients with schizophrenia: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Advanced Nursing*, 77(6), 2565-2580. <https://doi.org/10.1111/jan.14750>
- Macht, M. (2008). How emotions affect eating: A five-way model. *Appetite*, 50(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2007.07.002>
- Mantzios, M., & Wilson, J. C. (2015). Exploring mindfulness and mindfulness with self-compassion-centered interventions to assist weight loss: theoretical considerations and preliminary results of a randomized pilot study. *Mindfulness*, 6, 824-835. <https://doi.org/10.1007/s12671-014-0325-z>
- Martínez-Borrás, R., Navarrete, J., Bellosta-Batalla, M., Martínez-Brotóns, C., & Martínez-Rubio, D. (2022). Changes in Salivary Immunoglobulin A, Stress, and Burnout in a Workplace Mindfulness Intervention: A Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(10), 6226. <https://doi.org/10.3390/ijerph19106226>
- Martínez-Rubio, D., Martínez-Brotóns, C., Monreal-Bartolomé, A., Barceló-Soler, A., Campos, D., Pérez-Aranda, A., ... & Montero-Marin, J. (2021). Protective role of mindfulness, self-compassion and psychological flexibility on the burnout subtypes among psychology and nursing undergraduate students. *Journal of advanced nursing*, 77(8), 3398-3411. <https://doi.org/10.1111/jan.14870>
- Martínez-Rubio, D., Navarrete, J., & Montero-Marin, J. (2022). Feasibility, effectiveness, and mechanisms of a brief mindfulness-and compassion-based program to reduce stress in university students: a pilot randomized controlled trial. *International journal of environmental research and public health*, 19(1), 154. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010154>
- Mistretta, E. G., Glass, C. R., Spears, C. A., Perskaudas, R., Kaufman, K. A., & Hoyer, D. (2017). Collegiate athletes' expectations and experiences with mindful sport performance enhancement. *Journal of clinical sport psychology*, 11(3), 201-221. <https://doi.org/10.1123/jcsp.2016-0043>
- Mulligan, R., Ramos, J., Martin, P., & Zornoza, A. (2021). Inspiring innovation: the effects of leader-member exchange (LMX) on innovative behavior as mediated by mindfulness and work engagement. *Sustainability*, 13(10), 5409. <https://doi.org/10.3390/su13105409>
- Ngan, H. Y., Chong, Y. Y., & Chien, W. T. (2021). Effects of mindfulness-and acceptance-based interventions on diabetes distress and glycaemic level in people with type 2 diabetes: Systematic review and meta-analysis. *Diabetic Medicine*, 38(4), e14525. <https://doi.org/10.1111/dme.14525>
- Penman, D., & Williams, M. (2017). *Mindfulness: guía práctica para encontrar la paz en un mundo frenético*. Paidós
- Ramadas, E., Lima, M. P. D., Caetano, T., Lopes, J., & Dixe, M. D. A. (2021). Effectiveness of mindfulness-based relapse prevention in individuals with substance use disorders: A systematic review. *Behavioral Sciences*, 11(10), 133. <https://doi.org/10.3390/bs11100133>
- Ramsburg, J. T., & Youmans, R. J. (2014). Meditation in the higher-education classroom: Meditation training improves student knowledge retention during lectures. *Mindfulness*, 5, 431-441. <https://doi.org/10.1007/s12671-013-0199-5>
- Reangsing, C., Rittiwong, T., & Schneider, J. K. (2021). Effects of mindfulness meditation interventions on depression in older adults: A meta-analysis. *Aging & Mental Health*, 25(7), 1181-1190. <https://doi.org/10.1080/13607863.2020.1793901>
- Ruffault, A., Czernichow, S., Hagger, M. S., Ferrand, M., Erichot, N., Carette, C., ... & Flahault, C. (2017). The effects of mindfulness training on weight-loss and health-related behaviours in adults with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis. *Obesity research & clinical practice*, 11(5), 90-111. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2016.09.002>

- Sala, M., Shankar Ram, S., Vanzhula, I. A., & Levinson, C. A. (2020). Mindfulness and eating disorder psychopathology: A meta-analysis. *International Journal of Eating Disorders*, 53(6), 834-851. <https://doi.org/10.1002/eat.23247>
- Shapiro, S. L., Carlson, L. E., Astin, J. A., & Freedman, B. (2006). Mechanisms of mindfulness. *Journal of Clinical Psychology*, 62(3), 373-386. <https://doi.org/10.1002/jclp.20237>
- Siqueira, R. P., & Pitassi, C. (2016). Sustainability-oriented innovations: Can mindfulness make a difference?. *Journal of Cleaner Production*, 139, 1181-1190. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.056>
- Valipoor, S., & Bosch, S. J. (2021). In the moment: fostering mindfulness and reducing stressors in the healthcare workplace. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 14(3), 386-398. <https://doi.org/10.1177/1937586720988243>
- Van Strien, T. (2018). Causes of emotional eating and matched treatment of obesity. *Current diabetes reports*, 18, 1-8. <https://doi.org/10.1007/s11892-018-1000-x>
- Van Strien, T., Frijters, J. E., Bergers, G. P., & Defares, P. B. (1986). The Dutch Eating Behavior Questionnaire (DEBQ) for assessment of restrained, emotional, and external eating behavior. *International journal of eating disorders*, 5(2), 295-315. [https://doi.org/10.1002/1098-108X\(198602\)5:2<295::AID-EAT2260050209>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/1098-108X(198602)5:2<295::AID-EAT2260050209>3.0.CO;2-T)
- Verhaeghen, P. (2023). Mindfulness and Academic Performance Meta-Analyses on Interventions and Correlations. *Mindfulness*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s12671-023-02138-z>
- Warren, J. M., Smith, N., & Ashwell, M. (2017). A structured literature review on the role of mindfulness, mindful eating and intuitive eating in changing eating behaviours: effectiveness and associated potential mechanisms. *Nutrition research reviews*, 30(2), 272-283. <https://doi.org/10.1017/S0954422417000154>
- Willem, C., Gandolphe, M. C., Roussel, M., Verkindt, H., Pattou, F., & Nandrino, J. L. (2019). Difficulties in emotion regulation and deficits in interoceptive awareness in moderate and severe obesity. *Eating and Weight Disorders-Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity*, 24, 633-644. <https://doi.org/10.1007/s40519-019-00738-0>



## AGROALNEXT - Plan complementario de Agroalimentación, como una herramienta de apoyo a la formación y el emprendimiento\*

Francisco J. Barba Orellana<sup>1</sup>, Juana Fernández-López<sup>2</sup>, Juan Carlos Moltó Cortés<sup>1</sup>, Pedro Martínez-Culebras<sup>1</sup>, Noelia Pallarés Barrachina<sup>1</sup>, Aurelia Perez-Espinosa<sup>3</sup>, Raquel Lucas-Gonzalez<sup>4,2</sup>, Juan Manuel Castagnini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Research group in Innovative Technologies for Sustainable Food (ALISOST), Department of Preventive Medicine and Public Health, Food Science, Toxicology and Forensic Medicine, Faculty of Pharmacy, Universitat de València, Avda. Vicent Andrés Estellés, 46100, Burjassot, València, Spain; [francisco.barba@uv.es](mailto:francisco.barba@uv.es) OrcidID: 0000-0002-5630-3989, [j.c.molto@uv.es](mailto:j.c.molto@uv.es) OrcidID: 0000-0002-0459-5334, [pedro.martinez@uv.es](mailto:pedro.martinez@uv.es) OrcidID: 0000-0001-9279-7106, [noelia.pallares@uv.es](mailto:noelia.pallares@uv.es) OrcidID: 0000-0001-8018-3959), [juan.castagnini@uv.es](mailto:juan.castagnini@uv.es) OrcidID: 0000-0002-3659-3640; <sup>2</sup>IPOA Research Group, Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental de la UMH (CIAGRO) Miguel Hernández University, Alicante, Spain. [j.fernandez@umh.es](mailto:j.fernandez@umh.es) (J.F.L) OrcidID: 0000-0002-4771-8437 [raquel.lucasg@umh.es](mailto:raquel.lucasg@umh.es) OrcidID: 0000-0003-0309-7031; <sup>3</sup>Dept. of Agrochemistry and Environment, Miguel Hernandez University, EPS-Orihuela, ctra. Beniel Km 3.2, Orihuela, (Alicante), 03312, Spain. [aurelia.perez@umh.es](mailto:aurelia.perez@umh.es) OrcidID: 0000-0003-2881-3073; <sup>4</sup>Centro Tecnológico de la Carne de Galicia, Avda. Galicia nº 4, Parque Tecnológico de Galicia, Ourense, San Cibrao das Viñas, 32900, Spain

**Como citar:** F. J. Barba, J. Fernández-López, J. C. Moltó, P. Martínez Culebras, N. Pallares Barrachina, A. Perez Espinosa, R. Lucas Gonzalez, J. M. Castagnini. 2023. AGROALNEXT-Plan complementario de Agroalimentación, como una herramienta de apoyo a la formación y el emprendimiento. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

### Abstract

The AGROALNEXT PROGRAM "Complementary Agrifood Plan" has the mission of contributing "to the transformation of the agrifood sector into a greener, more sustainable, healthy and digital scenario: bridging the gap between scientific discoveries, technology development and its implementation". Seven Autonomous Communities participate in this plan: Murcia, the Valencian Community, Aragon, La Rioja, Navarra, Asturias, and Extremadura. The EXTRAOLIOPRO project was one of the 43 projects selected in the Valencian Community and its objectives are to obtain new sustainable sources of proteins and fats (microalgae, insects, by-products of the agri-food industry) and to evaluate innovative extraction methodologies, mainly supercritical fluids for the recovery of nutrients and bioactive compounds. In addition, it will assess the use of the nutrients and bioactive compounds obtained and their potential use to develop healthier food products. The project not only seeks to increase the circularity and sustainability of the value chains of the Valencian Community by valuing products and by-products, but it will also apply the composting of residual material to obtain a zero-waste process.

**Keywords:** MindInnFood, Agroalnext, Agrifood, Extraolipro.

## Resumen

El PROGRAMA AGROALNEXT “Plan complementario de Agroalimentación” tiene por misión contribuir “a la transformación del sector agroalimentario en un escenario más verde, sostenible, saludable y digital: superando la brecha entre los descubrimientos científicos, el desarrollo de tecnología y su implementación”. En este plan participan 7 Comunidades Autónomas: Murcia, Comunitat Valenciana, Aragón, La Rioja, Navarra, Asturias y Extremadura. El proyecto EXTRAOLIOPRO, fue uno de los 43 proyectos seleccionados en la Comunitat Valenciana y sus objetivos son obtener nuevas fuentes sostenibles de proteínas y grasas (microalgas, insectos, subproductos de la industria agroalimentaria) y evaluar metodologías innovadoras de extracción, fundamentalmente fluidos supercríticos para la recuperación de nutrientes y compuestos bioactivos. Además, valorará la utilización de los nutrientes y compuestos bioactivos obtenidos y su potencial utilización para desarrollar productos alimentarios más saludables. El proyecto no sólo persigue aumentar la circularidad y sostenibilidad de las cadenas de valor de la Comunitat Valenciana valorizando productos y subproductos sino que además aplicará el compostaje del material residual para obtener un proceso de residuo cero.

**Plabras clave:** MindInnFood, Agroalnext, Agroalimentación, Extraolipro.

---

\*Proyecto financiado por el MCIN con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y la Generalitat Valenciana

## 1 Introducción

La reciente crisis sanitaria, así como la guerra de Rusia contra Ucrania han puesto de manifiesto la necesidad de implementar recursos de cara a poner a la ciencia y a la innovación en un lugar preeminente de cara a establecer planes de reconstrucción eficientes y que tengan una continuidad en el tiempo para así poder responder a futuras crisis. En este sentido, en el contexto de la crisis sanitaria desencadenada por el COVID19 surgió el MECANISMO DE RECUPERACIÓN Y RESILIENCIA (MRR), en particular el Componente 17: “Reforma institucional y fortalecimiento de las capacidades del Sistema Nacional de Ciencia, tecnología e Innovación”, “con el fin de fortalecer las capacidades del Sistema Estatal de Ciencia, Tecnología y de Innovación (SECTI) y mejorar su eficacia, coordinación, gobernanza, su capacidad de transferencia del conocimiento y su adecuación a los estándares internacionales” (Sistema Nacional de Ciencia | Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Gobierno de España., 2021).

Dentro del MRR, componente 17, han surgido los planes complementarios con las CCAAs, como instrumento para establecer colaboraciones en acciones de I+D+I (unir intereses del estado y las CCAAs). Entre los diferentes planes complementarios, se ha tenido en cuenta uno de los pilares básicos de la economía y sociedad española, como es la agroalimentación, surgiendo el PROGRAMA AGROALNEXT “Plan complementario de Agroalimentación”, cuya misión es contribuir “a la transformación del sector agroalimentario en un escenario más verde, sostenible, saludable y digital: superando la brecha entre los descubrimientos científicos, el desarrollo de tecnología y su implementación”.

Así pues, el propósito de AGROALNEXT es favorecer la doble transformación, digital y sostenible del sector agroalimentario, para así incrementar su competitividad y alcanzar los objetivos climáticos y medioambientales fijados en el Pacto Verde, a la vez que se garantiza el suministro de alimentos sanos, seguros, sostenibles y accesibles a la población, como persigue la Estrategia de la Granja a la Mesa de la UE.

En este plan participan 7 Comunidades Autónomas, inicialmente Murcia, Comunitat Valenciana, Aragón, La Rioja y Navarra, incorporándose a posteriori Asturias y Extremadura. Se han establecido objetivos, compromisos, herramientas y tareas compartidas entre las diferentes CCAA, estando implicados diversos actores I+D+i que aportan competencias multidisciplinares relevantes y complementarias en

el ámbito de la Agroalimentación con el objetivo de conseguir resultados en forma de nuevas tecnologías, soluciones, metodologías, herramientas, etc., que puedan beneficiar al conjunto del sector agroalimentario.

El plan presenta una financiación total de 50.000.000 €, teniendo un presupuesto de unos 9.000.000€ a nivel de la Comunitat Valenciana. Este presupuesto se ha utilizado para conceder 43 proyectos, previa solicitud competitiva mediante expresiones de interés, estando incluidos estos proyectos en 4 líneas fundamentales (1. Producción primaria y sostenible. Transición ecológica; 2. Garantía de suministro de alimentos sanos, seguros, sostenibles y accesibles; 3. Transición digital del sector agroalimentario; 4. Economía circular) (Figura 1).



Figura 1. Líneas estratégicas AGROALNEXT.

En el presente documento, se tomará como ejemplo uno de los proyectos seleccionados dentro 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 cual los Prof. Francisco J. Barba y Juana Fernández-López son Investigadores principales.

## 2 Objetivos

Los objetivos principales del Plan complementario de Agroalimentación (AGROALNEXT) son:

- 1) **Investigar y generar nuevos conocimientos de alta aplicabilidad y oportunidades de innovación.**
- 2) Conectar y formar agentes: **demostrar, transferir y difundir conocimiento y soluciones**, a nivel nacional e internacional.
- 3) **Adquirir talento, equipamiento e instalaciones** y fomentar la colaboración entre los organismos de investigación **para una I+D+i excelente y eficaz**, con llegada a mercado.
- 4) **Promover la cooperación y el desarrollo de sinergias claves** en innovación, internacionalización y desarrollo sostenible.

En particular, en el caso del proyecto EXTRAOLIOPRO, el principal objetivo es la:

Búsqueda de nuevas fuentes sostenibles de proteínas y grasas (microalgas, insectos, subproductos de la industria agroalimentaria) y evaluación de metodologías innovadoras de extracción, fundamentalmente fluidos supercríticos para la recuperación de nutrientes y compuestos bioactivos. Evaluación de la utilización de los nutrientes y compuestos bioactivos obtenidos y potencial inclusión en alimentos para desarrollar productos alimentarios más saludables. Escalado industrial del proceso optimizado. Obtención de un proceso de residuo cero a través del compostaje

del material residual de la etapa de recuperación de nutrientes.

### **3 EXTRAOLIOPRO: Caso Estudio**

El proyecto EXTRAOLIOPRO está encuadrado dentro de la LÍNEA 2. GARANTÍA DE SUMINISTRO DE ALIMENTOS SANOS, SEGUROS, SOSTENIBLES Y ACCESIBLES, cuyo objetivo es el desarrollo de sistemas de elaboración de alimentos innovadores y sostenibles, que cubran las necesidades de los consumidores y de la sociedad en el marco de una alimentación más nutritiva y saludable y con un menor impacto medioambiental, asegurando la seguridad alimentaria, a la vez que se crean nuevas oportunidades para nuevos negocios. Apoyo a la transición hacia una alimentación con mayor presencia de alimentos basados en plantas y mayor diversificación de las fuentes de materias primas.

#### **3.1. Metodología y tecnologías**

Se utiliza extracción con fluidos supercríticos para la recuperación de nutrientes y compuestos bioactivos a partir de diferentes matrices (microalgas, insectos y subproductos de la industria agroalimentaria). Con el objetivo de analizar los diferentes compuestos extraídos, su potencial beneficioso para la salud y su utilización para el desarrollo de productos alimenticios y nutracéuticos, se utilizarán diferentes técnicas avanzadas de análisis como CLAR, CG, ICP-MS, etc.

### **4 Resultados**

Hasta el momento se han desarrollado estudios preliminares de optimización de la extracción con fluidos supercríticos en base a la tasa de extracción de aceite y capacidad antioxidante. Estos resultados son necesarios para el posterior escalado del proceso y evaluación del potencial tecnológico de la tecnología para obtener procesos más eficientes y sostenibles, así como para la evaluación del potencial beneficioso para la salud de los nutrientes y compuestos bioactivos obtenidos solos y/o incluidos en alimentos para desarrollo de nuevos productos alimentos o para compostaje.

Esta investigación tiene un alto potencial para el desarrollo de un sector agroalimentario más verde, sostenible y/o saludable, en concreto, cabe destacar la alineación manifiesta de los objetivos propuestos y los productos resultantes de las actividades a realizar con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, en particular de los ODS 3 “Salud y bienestar”, ODS 6 “Agua limpia y saneamiento” y ODS 13 “Acción por el clima” al evitar la utilización de disolventes tóxicos (ej. Hexano), ODS 7 “Energía asequible y no contaminante”, ODS 9 “Agua, industria, innovación e infraestructura” y ODS 12 “Producción y Consumos responsables”. También existe una relación de los objetivos del proyecto con los ODS 5 “Igualdad de género” y ODS 8 “Trabajo decente y crecimiento económico”.

Principalmente el gran desafío es la escalabilidad del proceso y la implantación inicial de los equipos ya que suponen un alto coste. Con este proyecto se pretende tener un impacto tanto económico como social en diferentes ámbitos. Por un lado, la estrategia de producción de aceite y/o tortas ricas en proteínas/carbohidratos pretende impactar decisivamente en la sociedad y empujarla en la dirección de la implementación de producción y hábitos de consumo de alimentos saludables y obtenidos de forma ecológica y sostenible. Se proporcionará información, recomendaciones esenciales y prácticas sostenibles tanto a pequeñas, medianas y grandes empresas, así como a organismos reguladores y gubernamentales para elaborar directrices/políticas para sistemas y productos alimentarios más saludables y sostenibles; en la comunidad científica se aportarán nuevos conocimientos sobre nuevos procesos de producción y fuentes alternativas de nutrientes y compuestos bioactivos; y para los ciudadanos se brindará la información adecuada para tomar decisiones beneficiosas hacia productos alimenticios sostenibles y saludables.

## 5 Conclusiones

En conclusión, las tecnologías no convencionales ofrecen una solución prometedora tanto en términos de aumento de la extracción de compuestos antioxidantes como en su impacto positivo en el medio ambiente. Estas técnicas reducen el uso de disolventes orgánicos y la energía requerida, lo que las convierte en opciones eco-amigables. Sin embargo, es crucial contar con un conocimiento previo profundo de las distintas matrices agroalimentarias y los compuestos de interés para seleccionar la técnica más adecuada en cada caso. La elección adecuada de la técnica de extracción marcará la diferencia en los resultados obtenidos. La comprensión de las propiedades de la muestra y los compuestos, así como la consideración de factores como la composición química y las propiedades físicas, permitirán aprovechar al máximo las ventajas de las tecnologías no convencionales. Al integrar la ciencia y la tecnología, podemos avanzar hacia procesos de extracción más eficientes, sostenibles y beneficiosos tanto para la salud humana como para el entorno natural.

Tanto el desarrollo del proyecto EXTRAOLIOPRO en particular, como del Plan complementario de Agroalimentación (AGROALNEXT) constituyen herramientas fundamentales para la obtención de ideas emprendedoras, que pueden repercutir en el desarrollo de empresas asociadas como productores del sector agroalimentario, consumidores, formación de los estudiantes a través de la promoción de la educación e investigación para los mismos (colegios, institutos, FP, Universidades), formación avanzada de estudiantes y nuevos profesionales, así como en el desarrollo de trabajos, con un gran impacto económico-social.

## 6 Agradecimientos

Este estudio 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)) y ha sido financiado por el MCIN con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y la Generalitat Valenciana.

## 7 Referencias bibliográficas

Sistema Nacional de Ciencia | Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Gobierno de España. 2021. Último ingreso: Junio 7, 2023, desde <https://planderecuperacion.gob.es/politicas-y-componentes/componente-17-reforma-institucional-y-fortalecimiento-de-capacidades-del-sistema-nacional-de-ciencia>

## Compuestos tóxicos naturales y prevención bioactiva en seguridad alimentaria

Ana Juan-García, Luna Bridgeman, Raquel Penalva Olcina, Francisco Juan Martí Quijal, Cristina Juan García

Nutrition, Food Science and Toxicology Laboratory, Faculty of Pharmacy, Universitat de València; <sup>1</sup>[ana.juan@uv.es](mailto:ana.juan@uv.es) OrcidId: 0000-0002-5988-0490 , <sup>2</sup>[luna.bridgeman@uv.es](mailto:luna.bridgeman@uv.es) OrcidId: 0000-0001-9587-7048 , <sup>3</sup>[Raquel.penalva@uv.es](mailto:Raquel.penalva@uv.es) OrcidId: 0000-0002-0727-7171 , <sup>4</sup>[francisco.j.marti@uv.es](mailto:francisco.j.marti@uv.es) OrcidID:0000-0001-9034-5325 , <sup>5</sup>[cristina.juan@uv.es](mailto:cristina.juan@uv.es) OrcidId: 0000-0002-8923-3219 

**Como citar:** A. Juan-García, L. Bridgeman, R. Penalva, F.J. Martí, C. Juan. 2023. Compuestos tóxicos naturales y prevención bioactiva en seguridad alimentaria. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. *Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València*. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

### Abstract

*Currently, the strategies that are being followed to implement the Sustainable Development Goals (SDGs) and reduce food waste, involve making the most of agri-food products and the waste generated from their handling and processing of food. The contribution of bioactive compounds present in these products is of great interest in food safety, since they begin to carry out attenuation, protection and prevention actions against natural toxins. Among the natural toxins we find the mycotoxins that some of them present a high toxicity. Therefore, the objective of this study has been to review those works on the exposure to some mycotoxins in different cell lines and their effect on natural bioactive compounds present in goji berries, coffee by-products, garlic and plant extracts. Bioactive prevention studies with in vitro models are an important starting point that helps to know the exposure doses for which a decrease/attenuation of effects associated with mycotoxins can be obtained.*

**Keywords:** MindInnFood, Feed, template, empren, UV.

### Resumen

*Actualmente las estrategias que se están siguiendo para implementar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y disminuir el desperdicio alimentario, pasan por aprovechar al máximo los productos agroalimentarios y los deshechos que se generan de su manipulación y elaboración de alimentos. El aporte de compuestos bioactivos presentes en estos productos, suponen un gran interés en seguridad alimentaria, ya que pasan a realizar acción de atenuación, protección y prevención frente a tóxicos naturales. Entre los tóxicos naturales encontramos las micotoxinas que presentan algunas de ellas una elevada toxicidad. Por ello el objetivo del presente estudio ha sido revisar aquellos trabajos sobre la exposición a algunas micotoxinas en diferentes líneas celulares y su efecto ante compuestos bioactivos naturales presentes en bayas de goji, subproductos de café, ajos y extractos de plantas. Los estudios de prevención bioactiva con modelos in vitro son un punto de partida importante que ayuda a conocer las dosis de exposición para las que se puede obtener una disminución/atenuación de efectos asociados a micotoxinas.*

**Palabras clave:** MindInnFood, Feed, plantilla, emprendimiento, UV.

## **1 Introducción**

La evaluación del riesgo humano a la exposición combinada a múltiples productos químicos a través de los alimentos, plantea desafíos a investigadores, evaluadores y gestores de riesgos. Además, el desarrollo de metodologías armonizadas para la evaluación de múltiples productos químicos se ha identificado como un área prioritaria clave para la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA). En el ámbito de la evaluación de tóxicos naturales como las micotoxinas, se debe tener en cuenta la posible presencia de otros procedentes de distintas fuentes bien sean tóxicos (fitosanitarios, ambientales) o bien productos naturales. Ya que la combinación de ellos puede tener efectos acumulativos y sinérgicos. Realizar una completa evaluación es fundamental, y para ello es importante disponer de metodologías tanto analíticas como matemáticas capaces de considerar múltiples aspectos.

Los alimentos caracterizados por un alto contenido de compuestos biológicamente activos (BAC) representan una ventaja importante en el contexto de la salud y la nutrición. A partir de materias primas (frutas, verduras y hortalizas) es posible diseñar nuevos alimentos y/o alimentos funcionales con alto valor nutricional además que proporcionen efectos beneficiosos para la salud a través de moléculas bioactivas tales como carotenoides, polifenoles, sesquiterpenos y otros terpenoides (Montesano et al., 2018a; Borbón et al., 2007). Sin embargo, y con frecuencia, muchos de estos compuestos se encuentran compartimentadas en estructuras específicas en sus matrices naturales resultando en una baja biodisponibilidad.

Actualmente las estrategias que se están siguiendo para implementar los Objetivos de Desarrollo Sostenible y disminuir el desperdicio alimentario, pasan por aprovechar al máximo los productos agroalimentarios y los deshechos que se generan de su manipulación y elaboración de alimentos. Así aquellos que presentan un aporte de compuestos bioactivos son los de mayor interés, por ello están naciendo muchas propuestas de innovación y desarrollo en ese campo, tanto por las empresas como por investigadores.

Entre los compuestos bioactivos, señalar los polifenoles, ya que están presentes en muchas plantas y frutos, y además constituyen uno de los grupos de antioxidantes naturales más numerosos y ampliamente distribuidos (Cariddi et al., 2016). Existe una gran variedad de estos compuestos y presentan una estructura química de uno o más anillos fenólicos, así se incluyen los flavonoides, fenilpropanoides, estilbenoides y derivados del ácido benzoico; algunos son indispensables para funciones fisiológicas en las propias plantas y otros participan en funciones de defensa frente a situaciones de estrés y estímulos con diferentes acciones (Quiñones et al., 2012). Las propiedades asociadas a los polifenoles son muy diversas, pero el interés que nos ocupa está en la atenuación/disminución de la oxidación producida por el estrés, la peroxidación de lípidos y a la disminución de la respuesta inflamatoria que puedan estar asociada a micotoxinas o a tóxicos naturales.

Una de las alternativas más saludables, sostenible y ecológica para proteger frente a tóxicos, es el consumo de frutas y verduras de estacionalidad y proximidad, así como sus deshechos procesados que todavía nos proporcionan nutrientes y compuestos bioactivos de forma segura. No debemos olvidar que con el consumo de alimentos naturales se cumplen tres de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU: buena salud y bienestar, trabajo decente y crecimiento económico, y producción y consumo responsables. La perspectiva del empleo de los desechos para la alimentación da sin duda un giro a la forma en la que la población se alimenta, al plantear una solución ecológica al alcance de todos.

Con todo esto y dado que la presencia de tóxicos naturales y compuestos naturales es un escenario real que ocurre con la ingesta de alimentos, se plantea como objetivo recoger los estudios realizados en los últimos años por nuestro grupo, sobre la exposición a algunas micotoxinas y su efecto ante compuestos bioactivos naturales presentes en bayas de goji, subproductos de café, ajos y extractos de plantas, en diferentes líneas celulares.

## 2 Compuestos tóxicos y naturales presentes en alimentos

### 2.1. Compuestos tóxicos presentes en alimentos

A lo largo de la cadena alimentaria pueden producirse o incorporarse diferentes peligros químicos que supondrán un riesgo para el consumidor. Los programas oficiales de seguridad alimentaria buscan realizar pautas de control basadas en el riesgo de los peligros, para garantizar la inocuidad de los alimentos. Pero tan solo se incluyen aquellos que presentan límites máximos establecidos en ciertos alimentos. Por ello, encontramos otros peligros para los que no existe una regulación específica o existe sólo en determinados alimentos, que son de interés en seguridad alimentaria, y que pueden ser objeto de programas de investigación. La identificación de nuevos peligros, con una exposición en cantidades significativas, o la evaluación del riesgo, por una exposición con susceptibilidad nueva o mayor a la de un peligro conocido, es importante no solo para el control final de estos peligros emergentes, sino también para promover su investigación y la información adecuada tanto a los consumidores y productores, como a la comunidad científica.

Dentro de los contaminantes naturales, las micotoxinas son metabolitos secundarios tóxicos de hongos y se producen en productos agrícolas almacenados (Wang et al., 2014). Representan un riesgo para la salud humana y animal debido a su potencial efecto, ya que puede causar bien enfermedades o bien muerte en aquellos organismos expuestos (Agahi et al., 2020). Los hongos productores de micotoxinas crecen en numerosos alimentos como cereales, frutas secas, nueces y especias. Su crecimiento puede ocurrir tanto antes como después de la cosecha, durante el almacenamiento, a menudo en condiciones cálidas y húmedas. La mayoría de las micotoxinas son químicamente estables y sobreviven al procesamiento de alimentos; sin embargo, los efectos de las micotoxinas ingeridas a través de los alimentos por exposición aguda puede ser con síntomas de enfermedad grave e incluso la muerte, apareciendo rápidamente tras su consumo. En cambio, los efectos a largo plazo, por exposición crónica, incluyen la inducción de cánceres y deficiencias inmunológicas, entre otras.

En los últimos años, los estudios sobre exposición a compuestos naturales junto a micotoxinas ha ayudado a conocer el grado de atenuación de los efectos tóxicos producidos por estas últimas, a la vez que traslada a pequeña escala el escenario real de los consumidores durante la ingesta de alimentos.

### 2.2. Compuestos naturales presentes en alimentos

El futuro de la industria alimentaria pasa por producir alimentos cada vez más naturales y saludables, una tendencia cada vez mayor a cuidar lo que ingerimos y sin olvidar en mejorar la productividad agrícola de forma sostenible. Además, el incremento en la demanda de alimentos que cuiden la salud y tengan un impacto positivo en el ser humano, supone investigar e implementar innovación en productos alimenticios. Tanto consumidores como productores están comprometidos con la sostenibilidad y el respeto por aprovechar aquellos compuestos que de forma natural nos proporcionan los alimentos.

En el sector hortofrutícola encontramos alimentos muy ricos en compuestos bioactivos que de forma natural nos proporcionan estos alimentos, a destacar los presentes en ajos, bayas de goji, café, y extractos de *Fridericia chica* y los efectos asociados. Alimentos algunos de ellos, muy presentes en la gastronomía mediterránea, y que se han presentado recientemente como alimentos potencialmente saludables por su composición y propiedades nutricionales.



**Figura 1.-** Ingredientes naturales presentes en alimentos con propiedades beneficiosas.

### 2.2.1. Compuestos presentes en ajos y efectos asociados

La mayoría de los compuestos naturales presentes en ajos (*Allium sativum* L) pertenecen a la familia de compuestos alílicos y de azufre (concretamente compuestos orgánicos de azufre (OSC)) y muchas de sus propiedades se han relacionado con los OSC responsables de su fuerte olor (ditiosulfatos, sulfóxidos) especialmente la alicina (Tedeschi et al., 2007, 2011). Recientemente, se han recopilado las bioactividades de los extractos de ajo de compuestos organosulfurados que interfieren en la inflamación, el estrés oxidativo, efectos obesogénicos y disfunción mitocondrial (Quesada et al., 2020); sin embargo, las propiedades farmacológicas y propiedades biológicas asociadas corresponden a compuestos naturales que han demostrado ser estables tras el cocinado como son las saponinas, saponinas y flavonoides. En la variedad *Alio sativum* L de Voghiera (Ferrara, Italia), registrada como Denominación de Origen Protegida (DOP), se realizó un análisis genómico y se vio que estos ajos tienen una composición única asociada al suelo donde crecen, diferenciándose genéticamente de otros ajos por tener una buena caracterización de polimorfismos (Brandolini et al., 2005; Tedeschi et al., 2007, 2011). Además, los micronutrientes y macronutrientes del ajo de Voghiera DOP se caracterizan por tener un alto contenido de nitrógeno, bajo contenido de grasa y de metales pesados (Cd, Cr y Pb) y alta concentración de potasio y sodio.

La alicina es una molécula a la que se le asocia el fuerte olor de los ajos, mencionado anteriormente, es poco estable y de vida corta, puede pasar rápidamente y con facilidad a través de las membranas celulares debido a su naturaleza hidrofóbica, alcanzando compartimentos celulares donde reacciona rápidamente con grupos tiol libres (Fujisawa et al., 2008). Por lo tanto, desaparece rápidamente de la circulación tras la ingesta y se transforma rápidamente en diferentes productos. Tiene actividad anticancerígena ya que es capaz de inducir muerte celular por apoptosis en muchas líneas celulares cancerosas (Chu et al., 2013). Además, es eficaz contra muchas bacterias grampositivas y gramnegativas (Fujisawa et al., 2009), tiene un efecto beneficioso en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, aumentando la capacidad antioxidante, previniendo hiperlipidemia e hipertrofia cardíaca, induciendo vasorrelajación, inhibiendo la angiogénesis e incluso suprimiendo la agregación plaquetaria (Chan et al., 2013). Según los informes de varios estudios en animales, la alicina ofrece protección multiorgánica contra varios compuestos y a la toxicidad asociada a productos químicos (Gao et al., 2015; Ma et al., 2017).

### **2.2.2. Compuestos presentes en bayas de goji y efectos asociados**

Las bayas de goji o goji, son frutos que se obtienen del arbusto caducifolio *Lycium barbarum* L. muy extendido en varias regiones de China, Tíbet y Mongolia. Son consideradas una superfruta gracias a los múltiples beneficios para la salud debido a la gran abundancia de nutrientes BAC que presentan (Bertoldi et al., 2019; Cossignani et al., 2018; Blasi et al., 2017; Montesano et al., 2016). En particular, estas bayas son ricas en xantofilas, como la zeaxantina, (ZEAX) y luteína (LUT), presentes principalmente en su forma esterificada. Además de las propiedades antioxidantes y antiproliferativas (Wang et al., 2010; Kim et al., 2019), LUT y ZEAX también han mostrado efectos citoprotectores al reducir la toxicidad de las micotoxinas emergentes en modelos celulares *in vitro* (Montesano et al., 2020; Juan-García et al., 2019a).

Debido al interés científico en la evaluación de carotenoides se sabe que el contenido de carotenoides en bayas de goji procedentes de Italia (Montesano et al., 2018b; Wang et al., 2010) es de 132,6 mg/100 g peso seco para la trans-zeaxantina y una concentración mucho mayor de dipalmitato de zeaxantina (277.9 mg/100 g peso seco). Sin embargo, las bayas de goji de origen chino, el contenido de dipalmitato de zeaxantina oscila de 540 mg/100 g peso seco a 114 mg/100 g peso seco (Karioti et al., 2014; Inbaraj et al., 2008); lo que supone un mayor beneficio en los efectos asociados a estos.

### **2.2.3. Compuestos presentes en café y efectos asociados**

El café contiene una gran cantidad de sustancias y aunque la cafeína es el compuesto mayoritario, se ha caracterizado por tener altas cantidades de polifenoles. El polifenol más común presente en el café es ácido clorogénico perteneciente a los flavonoides. El café también es rico en otras sustancias bioactivas con una amplia gama de efectos fisiológicos (Juan-García et al., 2021c). La lista comprende hasta 1000 fitoquímicos descritos, incluyendo fenoles, ácido clorogénico y cafeico, lactonas, diterpenos, incluidos cafestol y kahweol, niacina y la trigonelina precursora de la vitamina B3 (Cano-Marquina et al., 2013). Los efectos asociados a la cafeína comprenden alteraciones en la expresión de genes implicados en inflamación, sistema inmunitario y vías metabólicas, flujo sanguíneo del miocardio y asociación con fibrosis hepática, depresión, etc. (Barnung et al., 2018; Kuang et al., 2018; Van Dijk et al., 2018; Cornelis, 2019). La principal acción diana de la cafeína está asociada a los receptores de adenosina que se distribuyen en varios sistemas y órganos del cuerpo (Yaya et al., 2018; Haller et al., 2018), sin embargo, la mezcla de otros compuestos bioactivos (mencionados anteriormente) resulta de interés para el desarrollo de alimentos enriquecidos o como nuevos ingredientes en algunos alimentos.

La industria ha mostrado interés en los residuos que se generan del café en dos vertientes: 1) tras el tostado del grano de café en el que se recoge el tegumento que envuelve al grano y 2) en el residuo de café que se obtiene una vez hecha la primera extracción (o bebida de café).

### **2.2.4. Compuestos presentes en *Fridericia chica* y efectos asociados**

Las hojas de *Fridericia chica* (sinónimo *Arrabidaea chica*) suelen emplearse como tinte rojo y ha sido utilizado tradicionalmente por los artesanos del Caribe colombiano con diferentes finalidades [2]. El color rojo que se obtiene de *F. chica* proviene de las antocianidinas, una clase de compuestos fenólicos (vicenin-2, 6-hidroxiluteolin 7-ramnosido y escutellareina-O-glucuronido, nepetina, pectolarigenina, hispidulina, apigenina, 40,6,7-trihidroxi-5-metoxiflavone, tevetiaflavona, acacetina) con propiedades antioxidantes conocidas (Álvarez-Ortega et al., 2021 y do Amaral et al., 2012). Los extractos de la planta han mostrado actividades farmacológicas vinculadas a efectos beneficiosos para la salud, incluyendo antiinflamatorio (Lima et al., 2020), antiproliferativo (Michel et al., 2015),

cicatrizante (Jorge et al., 2008), antiespasmódico (Monteiro et al., 2020), actividades fotoprotectoras (Siraichi et al., 2013a) y leishmanicidas (cortez et al., 2015). Muchas de estas propiedades se atribuyen a diferentes compuestos flavonoides reportados en *F. chica*, como la isoscutellareína, 6-hidroxituteolina, hispidulina, escutellareína, luteolina, apigenina e hispidulina (Siraichi et al., 2013b), esta última un compuesto potencial para la inhibición de la neuroinflamación (Yu et al., 2020). La exposición a contaminantes ambientales junto a extractos de esta planta puede ser clave en el desarrollo de enfermedades (Juan-García et al., 2021).

### 3 Resultados y discusión

Los estudios de prevención bioactiva con modelos *in vitro* son un punto de partida importante que ayuda a conocer las dosis de exposición para las que se puede obtener una disminución/atenuación de efectos asociados, y de este modo contribuyen a tener una visión más completa de lo que conlleva los esfuerzos en seguridad alimentaria por parte de las autoridades competentes.

#### 3.1. Micotoxinas y extractos de ajo (VGE)

El estudio de extractos de ajo (*Allium sativum*) de Voghiera (VGE) frente a la prevención bioactiva de beauvericina (BEA) ha puesto de manifiesto la capacidad de citoprotección en células HepG2 para una concentración elevada de BEA, así como para el extracto de concentración más alta de VGE (Juan-García et al., 2021a) (Tabla 1). En otro estudio realizado con el mismo extracto frente a la protección de BEA, alfa-ZEL y beta-ZEL en células SH-SY5Y en la producción de especies reactivas de oxígeno se observaron efectos notables a las mismas concentraciones (las más altas) (Agahi et al., 2022) (Tabla 1). De acuerdo con estos efectos anteriormente publicados para BEA, VGE ejerce su máxima citoprotección (entre 100% y 45%) en todos los escenarios y estrategias de tratamiento estudiadas (simultaneidad y pretratamiento).

Analizando con un poco más de detalle estos resultados, se observó que los tratamientos directos de micotoxinas en células SH-SY5Y disminuyeron significativamente la viabilidad celular hasta un 69% para  $\alpha$ -ZEL, un 82% para  $\beta$ -ZEL y un 43% para BEA. Sin embargo, se observaron mejoras notables de viabilidad para diferentes estrategias de tratamiento (simultánea y de pre-tratamiento) con VGE; en concreto, con  $\beta$ -ZEL el aumento en la viabilidad fue de 56%, y del 38 % y 37 % para  $\alpha$ -ZEL y BEA respectivamente en los escenarios de concentraciones más altas. Se concluyó que el extracto de VGE es eficaz para reducir la citotoxicidad/neurotoxicidad de las micotoxinas  $\alpha$ -ZEL,  $\beta$ -ZEL y BEA presentes en productos alimenticios y piensos (Agahi et al., 2022).

Por otra parte, el estudio de citoprotección de VGE en células HepG2 en diferentes estrategias y escenarios cuando se exponen a las mismas micotoxinas citadas anteriormente con efectos tóxicos asociados (implicado en la producción de ROS, alteraciones en el ciclo celular y muerte celular) se observó una disminución de la citotoxicidad atribuido a la presencia de compuestos presentes en VGE con capacidad antioxidante, así como la activación de rutas protectoras internas como es el sistema de defensa enzimático celular (Juan-García et al., 2021a). Concretamente, en la exposición simultánea de VGE y las micotoxinas  $\alpha$ -ZEL,  $\beta$ -ZEL o BEA en HepG2 se observaron los aumentos de viabilidad (por encima del 50%); mientras que el pre-tratamiento con VGE, la citoprotección se observó significativamente solo para  $\alpha$ -ZEL (Juan-García et al., 2021a).

Con estos resultados se evidencia la importancia que presentan los compuestos naturales en alimentos que ejercen efectos beneficiosos y que los extractos de ajo pueden ser una nueva alternativa en la prevención de los efectos asociados a micotoxinas. Además de esto, y de tener una visión completa de los beneficios de los compuestos de ajo, los ensayos de bioaccesibilidad constituyen un punto de inflexión en la evaluación de dicho efecto final para poderse extrapolar a humanos; y aunque se han ensayado algunos OSC del ajo en procesos de digestión gastrointestinal *in*

*in vitro* (Moreno-Ortega et al., 2020), es necesaria la investigación con más detalle para esclarecer todos sus beneficios directos e indirectos pero también para estudiar la posibilidad de incluirlos como ingrediente básico en la dieta diaria.

**Tabla 1.-** Estudios de prevención bioactiva y micotoxinas

Alimento/extracto	Línea celular	Micotoxina	Compuesto natural	Referencia
Ajos variedad Voghiera DOP (Italia) (VGE)	HepG2	BEA, $\alpha$ -ZEL y $\beta$ -ZEL	OSC	Juan-García et al., 2021
	SH-SY5Y			Agahi et al., 2022
Bayas de goji (GBE)	Caco-2	BEA	ZEAX y LUT	Juan-García et al., 2019
	SH-SY5Y	BEA	ZEAX y LUT	Montesano et al., 2020
	HepG2 y Caco-2 diferenciadas	BEA	LUT, ZDP y, ZEAX	Juan et al., 2022
Subproductos de café	SH-SY5Y	BEA	Polifenoles*	Juan-García et al., 2020
		BEA y $\alpha$ -ZEL		Juan et al., 2020
<i>Fridericia chica</i> (HEFc)	SH-SY5Y	ZEA, $\alpha$ -ZEL y $\beta$ -ZEL	Glicosidos de flavona** y flavonas***	Álvarez-Ortega, et al., 2021
	HepG2, Calu-1 y HEKn	$\alpha$ -ZEL y $\beta$ -ZEL		Álvarez-Ortega, et al., 2023

BEA: beauvericina, Calu-1: células de cáncer de pulmón; GBE: extracto de bayas de goji; HEFc: extracto hidroxietanólico de hojas de *F. chica*; HEKn: queratinocitos primarios de epidermis neonatal humana; HepG2: células de hepatocarcinoma humano; OSC: compuestos organosulfurados; SH-SY5Y: células de neuroblastoma humanas; VGE: extracto de ajo de Voghiera;  $\alpha$ -ZEL: alfa zearalenol;  $\beta$ -ZEL: beta zearalenol; ZEA: zearalenona; ZEAX: zeaxantina; ZDP: zeaxantina de palmitato.

\*polifenoles: ácido clorogénico, ácido galico, ácido salicílico, ácido vanílico, vanilina, ácido hidroxibenzoico, ácido cafeico, ácido di-3-fenilactico, ácido ferúlico, ácido p-coumarico, protocatecuico, ácido sináptico y ácido sinérgico.

\*\*glicosidos de flavona: Vicenin-2, 6-hidroxiluteolin 7-ramnosido y escutellareina-O-glucuronido

\*\*\*flavonas: nepetina, pectolarigenina, hispidulina, apigenina, 40,6,7-trihidroxi-5-metoxiflavona, tevetiaflavona y acetina.

### 3.2. Micotoxinas y bayas de goji (GBE)

Los tres carotenoides principales bioaccesibles en bayas de goji son LUT, ZEAX y zeaxantina de palmitato (ZDP). El estudio *in vitro* de estos carotenoides, así como de extractos digeridos de bayas de goji (GBE) en células Caco-2 diferenciadas mediante placas trans-well con insertos, simulando la barrera gastrointestinal, reveló que el paso de los carotenoides a través de la membrana, era de un 40% (desde el compartimiento apical al basal) (durante 4 h) (Juan et al., 2022) (Tabla 1). Esto pone de manifiesto que, aunque los BAC (LUT, ZEAX y ZDP) en las bayas de goji, son de difícil acceso debido a sus compartimentos naturales y comprometen su absorción, el proceso de digestión contribuye a facilitar su accesibilidad. La exposición de los carotenoides en células HepG2 también se ha estudiado y ha revelado una citoprotección con aumento de la viabilidad frente al tratamiento con BEA (Juan et al., 2022).

Por otra parte, el estudio de células SH-SY5Y con los carotenoides de bayas de goji (ZEAX y LUT) junto a la micotoxina BEA, produjo un efecto citoprotector de 16% y 24% para LUT y ZEAX, respectivamente; mientras que, en el estudio de pretratamiento, sólo la LUT mostró un efecto de citoprotección superior al 30%, mientras que para ZEAX fue inferior al 10% (Montesano et al., 2020). Estos valores están por encima de los valores recogidos en los ensayos de pretratamiento con GBE que mostraron una citoprotección, entre 3 y 20%, para concentraciones de BEA que oscilan entre 0,1 y 6,25  $\mu$ M para las mismas células (Montesano et al., 2020). En

células HepG2, la citoprotección de ZDP, presente en gran proporción en el GBE, frente a BEA, produjo el mayor aumento en las estrategias de pre-tratamiento (Juan et al., 2022). Además, se estudió el efecto que podían tener simultáneamente ambos carotenoides (LUT y ZEAX) en células Caco-2 (sin diferenciar) expuestas a BEA, resultando en efectos de citoprotección significativa > 30% frente a los valores de IC<sub>50</sub> de BEA obtenidos con exposición individual (IC<sub>50</sub> 12,5 y 14,5 mM) (Juan-García et al., 2019). El análisis de los efectos de interacción entre LUT, ZEAX y BEA mostraron la capacidad de estos compuestos en las mismas células Caco-2 para interactuar produciendo sinergismo (Juan-García et al., 2019) (Tabla 1).

Todos estos resultados reflejan que la metodología seguida en estos estudios da una buena idea de cómo llevar a cabo el estudio de BAC presentes en matrices alimentarias, así como de reproducir una barrera intestinal y la capacidad de protección frente a la presencia de micotoxinas en diferentes líneas celulares.

### 3.3. *Micotoxinas y subproductos de café*

El ácido clorogénico es el principal compuesto fenólico presente en los subproductos del café, seguido del ácido gálico y ácido salicílico. Al comparar los compuestos fenólicos entre subproductos del café, el ácido vanílico, protocatecúico, ácido sinápico, ácido clorogénico, gálico y salicílico estuvieron presentes en mayor concentración en el extracto del tegumento del café que en el subproducto de café gastado (Juan et al., 2020).

Según algunos estudios, el consumo de forma habitual de extracto de café y sus sub-productos, caracterizados por tener una concentración alta de polifenoles, es suficiente para disminuir el efecto de las micotoxinas y proteger frente a la viabilidad celular. Este hecho se extrae del estudio realizado en la línea celular de neuroblastoma humano SH-SY5Y según la concentración y contenido de polifenoles totales (TPC) presentes en estos extractos de café de Camerino (Marche-Umbria Reggio, Italia) (Juan et al., 2020) (Tabla 1). En otro estudio relacionado con los mismos sub-productos de café se vio que el pre-tratamiento de células SH-SY5Y con café gastado aumentó la viabilidad celular para  $\alpha$ -ZEL (entre el 10% y el 30%); sin embargo, para BEA se observó dicho aumento con el extracto de café obtenido del tegumento del tostado de los granos de café (entre 14 y 44%) (Juan-García et al., 2021c). Por otra parte, el tratamiento simultáneo reveló una mayor citoprotección para  $\alpha$ -ZEL (entre 44 % y 56 %) que para BEA (30%) (Juan-García et al., 2021c) (Tabla 1).

Con estos estudios se pone de manifiesto no solo que los sub-productos del café tienen compuestos naturales beneficiosos para la salud humana y frente a los efectos de las micotoxinas, sino que permiten implementar la Agenda 2030 en el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) #12 (Producción y Consumo Responsable) y ODS13 (Acción por el Clima) (OMS, 2019). No obstante, se necesitan más estudios ya que existe una falta de conocimiento del mecanismo de acción de las micotoxinas y ver cómo su efecto puede ser mitigado o descartado. Asimismo, los resultados utilizando más líneas celulares supondrían un valor añadido.

### 3.4. *Micotoxinas y extractos de planta *Fredericia chica**

Los estrógenos y fitoestrógenos pueden alcanzar el cerebro al igual que muchas micotoxinas como la ZEA o sus metabolitos, ya que son capaces de atravesar la barrera hematoencefálica (Gonkowski et al., 2015). Aunque los datos son limitados y el papel de las micotoxinas en las enfermedades neurodegenerativas aún no se ha estudiado completamente, un estudio reciente mostró que las micotoxinas alteran la expresión de genes dopaminérgicos en las células SH-SY5Y (Venkataramana et al., 2014). En el estudio de los efectos protectores del extracto hidroetanólico (HEFc) de las hojas de *F. chica* contra la citotoxicidad inducida por micotoxinas  $\alpha$ -ZEL y  $\beta$ -ZEL en células de neuroblastoma humano SH-SY5Y se vio que HEFc ejerce un efecto antiproliferativo sobre las células neuronales, sugiriendo que tiene propiedades proactivas sobre la proliferación celular inducida por los metabolitos de zearalenona (ZEA) ( $\alpha$ -ZEL,  $\beta$ -ZEL) (Álvarez-Ortega et al., 2021) (Tabla 1). La caracterización de HEFc mostró que algunos de los compuestos identificados tienen actividad

antiosteoporótico, antiinflamatoria, antiplaquetaria, anticonvulsiva y anticancerígena (Liu, et al, 2020; Zhang et al., 2020). Compuestos de flavona como nepetina, pectolinarigenina, apigenina, taxifolina, hispidulina, tevetiaflavona y acacetina presentes en el HEFc se ha identificado como agentes neuroprotectores potenciales por su capacidad para suprimir apoptosis neuronal, estrés oxidativo e inflamación al atenuar los niveles de malondialdehído, lactato deshidrogenasa, Bax, caspasa-3, TNF-, IL-1 e IL-6, y aumentando niveles de Bcl-2 y SOD (Chen et al., 2020; Wu and Liang 2019; Pang et al., 2018; Yao et al., 2017; Bu et al., 2019).

Los estudios en células SH-SY5Y con las micotoxinas  $\alpha$ -ZEL y  $\beta$ -ZEL a altas concentraciones revelaron un aumento en la muerte celular, alcanzando valores por debajo de la IC<sub>50</sub> a las 48 h de exposición (Álvarez-Ortega et al., 2021) (Tabla 1); además a las concentraciones de  $\alpha$ -ZEL de 17.9  $\mu$ M y de  $\beta$ -ZEL de 10.5  $\mu$ M también se alcanzaban valores IC<sub>50</sub> aunque otras líneas celulares son menos sensibles. En cuanto a la proliferación celular,  $\alpha$ -ZEL indujo un aumento de la proliferación celular en bajas concentraciones comparado con  $\beta$ -ZEL. Se sabe que la proliferación celular es un evento esencial en varios procesos fisiológicos, como la generación de tejido, pero también en varios eventos fisiopatológicos como en la aparición de cáncer (Pillay et al., 2002). En este último caso, la evidencia sugiere que los metabolitos de ZEA estimulan la proliferación celular y, por lo tanto, puede promover el cáncer en diferentes células (Zheng et al., 2018). Sin embargo, la presencia de compuestos con propiedades antioxidantes en el extracto de *Fredericia chica* supone nuevos enfoques para el tratamiento de los efectos asociados a las micotoxinas.

## 4 Conclusiones

Son muchos los eslabones que aún faltan para describir con detalle el mecanismo de acción de las micotoxinas y las mezclas de estas, así como el papel de compuestos bioactivos para mitigar y/o reducir su acción; sin embargo, los estudios que aquí se recogen son un ejemplo de los avances que se han hecho en los últimos años. No obstante, para que estos ejemplos puedan llegar a tener una acción y se pueda cerrar su ciclo, es necesario que se realicen más estudios que nos ayuden a conocer cuáles son las dosis de exposición o de ingesta de estos alimentos, de sus extractos o de productos enriquecidos con estos extractos. Sólo así y con el interés que hay por parte de diferentes organizaciones como es el caso de la OMS con los ODS descritos en su Agenda 2030, seremos capaces de tener el máximo beneficio de prevención bioactiva para la seguridad alimentaria y tener un manejo sostenible conforme con las regulaciones europeas para así plantearnos si se puede subsanar el sistema alimentario, que desperdicia el 40% de su producción, y que depende en gran medida de la prevención del desperdicio que hagamos de los alimentos.

Más allá de cooperar a lo largo de la cadena de valor del conocimiento y la producción de saber hacer y valorización o dentro del triángulo del conocimiento (investigación-educación-innovación), está en el interés estratégico de la UE de acercarse y cooperar también con otros países fuera de la UE y en otros continentes lo que pone aún más en valor la reutilización de residuos de alimentos.

## 5 Agradecimientos

Programa internacional d'innovació docent en emprenedoria universitària "UVEmprèn Aprèn- Projectes d'innovació educativa especialitzats en emprenedoria universitària en el marc del CAMPUS UVEMPRÈN 2022

## 6 Referencias bibliográficas

Agahi F., Álvarez-Ortega N., Font G., Juan-Garcia A., Juan C. (2020). Oxidative stress, glutathione, and gene expression as key indicators in SHSY5Y cells exposed to zearalenone metabolites and beauvericin. *Toxicol Letters* 334, 44–52.

Agahi F., Penalva-Olcina R., Font G., Juan-García A. (2022). Effects of Voghiera garlic extracts in neuronal human cell line against zearalenone's derivatives and beauvericin. *Food Chem Toxicol* 162, 112905.

Agahi, F.; Juan, C.; Font, G.; Ana Juan-García, A. (2020). In silico methods for metabolomic and toxicity prediction of zearalenone,  $\alpha$ -zearalenone and  $\beta$ -zearalenone. *Food Chem. Toxicol.* 146, 111818.

Álvarez-Ortega, N.; Caballero-Gallardo, K.; Juan, C.; Juan-García, A.; Olivero-Verbel, J. (2023) Cytoprotective, antiproliferative, and anti-oxidant potential of the hydroethanolic extract of *Fridericia chica* leaves on human cancer cell lines exposed to  $\alpha$ - and  $\beta$ -zearalenol. *Toxins*, 15, 36.

Álvarez-Ortega, N.; Caballero-Gallardo, K.; Taboada-Alquerque, M.; Franco, J.; Stashenko, E.E.; Juan, C.; Juan-García, A.; Olivero-Verbel, J. (2021). Protective effects of the hydroethanolic extract of *Fridericia chica* on undifferentiated human neuroblastoma cells exposed to  $\alpha$ -Zearalenol ( $\alpha$ -ZEL) and  $\beta$ -Zearalenol ( $\beta$ -ZEL). *Toxins*, 13, 748.

Barnung, R., Nøst, T., Ulven, S.M., Skeie, G., Olsen, K., (2018). Coffee consumption and whole-blood gene expression in the Norwegian women and cancer post-genome cohort. *Nutrients* 10, 1047.

Bertoldi, D., Cossignani, L., Blasi, F., Perini, M., Barbero, A., Pianezze, S., et al. (2019). Characterisation and geographical traceability of Italian goji berries. *Food Chem*, 275, 585–593.

Blasi, F., Montesano, D., Simonetti, M. S., & Cossignani, L. (2017). A simple and rapid extraction method to evaluate the fatty acid composition and nutritional value of goji berry lipid. *Food Anal Meth.*, 10, 970–979.

Brandolini, V., Tedeschi, P., Cereti, E., Maietti, A., Barile, D., Coisson, J.D., Mazzotta, D., Arlorio, M., Martelli, A., (2005). Chemical and genomic combined approach applied to the characterization and identification of Italian *Allium sativum* L. *J. Agric. Food Chem.* 53, 678–683.

Bu, J.; Shi, S.; Wang, H.Q.; Niu, X.S.; Zhao, Z.F.; Wu, W.D.; Zhu, Y. (2019) Acacetin protects against cerebral ischemia-reperfusion injury via the NLRP3 signaling pathway. *Neural Regen. Res.* 14, 605.

Cano-Marquina, A., Tarín, J.J., Cano, A., 2013. The impact of coffee on health. *Maturitas* 75, 7–21.

Castillo, B.O.D.; Jiménez, Y.M.; Nieves, M.F.F.; Peláez, J.A.M. (2019) Composición química de aceites esenciales de hojas de *Fridericia florida* DC. y *Fridericia chica* (Bonpl.). *Rev. Fac. Cienc. Bás.* 15, 63–70.

Chen, X.; Yao, Z.; Peng, X.; Wu, L.; Wu, H.; Ou, Y.; Lai, J. (2020) Eupafolin alleviates cerebral ischemia/reperfusion injury in rats via blocking the TLR4/NF- $\kappa$ B signaling pathway. *Mol. Med. Rep.*, 22, 5135–5144.

Cornelis, M.C., (2019). The impact of caffeine and coffee on human health. *Nutrients. Food Chem.* 60, 7384–7391.

Cortez de Sá, J.; Almeida-Souza, F.; Mondêgo-Oliveira, R.; Oliveira Idos, S.; Lamarck, L.; Magalhães Ide, F.; Atai-des-Lima, A.F.; Ferreira Hda, S.; Abreu-Silva, A.L. (2015) Leishmanicidal, cytotoxicity and wound healing potential of *Arrabidaea chica* Verlot. *BMC Complement. Altern. Med.*, 16, 1–11.

Cossignani, L., Blasi, F., Simonetti, M. S., & Montesano, D. (2018). Fatty Acids and Phytosterols to Discriminate Geographic Origin of *Lycium barbarum* Berry. *Food Anal Meth*, 11(4), 1180–1188.

do Amaral, R.R.; Santos, A.A.; Saravia, A.; Botas, G.; Cruz, R.A.; Fernandes, C.P.; Rocha, L.; Boylan, F. (2012) Biological activities of *Arrabidaea chica* (Bonpl.) B. Verl. leaves. *Lat. Am. J. Pharm.* 31, 451–455.

do Amaral, R.R.; Santos, A.A.; Saravia, A.; Botas, G.; Cruz, R.A.; Fernandes, C.P.; Rocha, L.; Boylan, F. (2012) Biological activities of *Arrabidaea chica* (Bonpl.) B. Verl. leaves. *Lat. Am. J. Pharm.* 31, 451–455.

Gonkowski, S.; Obremski, K.; Calka, J. (2015) The influence of low doses of zearalenone on distribution of selected active substances in nerve fibers within the circular muscle layer of porcine ileum. *J. Mol. Neurosci.* 56, 878–886.

Haller, S., Montandon, M.L., Rodriguez, C., Herrmann, F.R., Giannakopoulos, P., (2018). Impact of coffee, wine, and chocolate consumption on cognitive outcome and MRI parameters in old age. *Nutrients* 10, 1391.

Huang, L.; Huang, K.; Ning, H. (2018) Autophagy induction by hispidulin provides protection against sevoflurane-induced neuronal apoptosis in aged rats. *Biomed Pharm.* 98, 460–468.

Inbaraj, B. S., Lu, H., Hung, C. F., Wu, W. B., Lin, C. L., & Chena, B. H. (2008). Determination of carotenoids and their esters in fruits of *Lycium barbarum* Linnaeus by HPLC–DAD–APCI–MS. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 47, 812–818.

Jorge, M.P.; Madjarof, C.; Ruiz, A.L.T.G.; Fernandes, A.T.; Rodrigues, R.A.F.; de Oliveira Sousa, I.M.; Foglio, M.A.; de Carvalho, J.E. (2008) Evaluation of wound healing properties of *Arrabidaea chica* Verlot extract. *J. Ethnopharmacol.* 118, 361–366.

Juan C., de Simone G., Sagratini G., Caprioli G., Mañes J., Juan-García A. (2020). Reducing the effect of beauvericin on neuroblastoma SH-SY5Y cell line by natural products. *Toxicol* 188, 164–171.

Juan C., Montesano D., Mañes J., Juan-García A. (2022). Carotenoids present in goji berries *Lycium barbarum* L. are suitable to protect against mycotoxins effects: An in vitro study of bioavailability. *J of Func Foods* 92, 105049

Juan-García A., Agahi F., Drakonaki M., Tedeschi P., Font G., Juan C. (2021a). Cytoprotection assessment against mycotoxins on HepG2 cells by extracts from *Allium sativum* L. *Food Chem Toxicol* 151, 112129.

Juan-García A., Caprioli G., Sagratini G., Mañes J., Juan C. (2021b). Coffee silverskin and spent coffee suitable as neuroprotectors against cell death by beauvericin and  $\alpha$ -zearalenol: evaluating strategies of treatment. *Toxins*, 13, 132.

Juan-García, A., Montesano, D., Mañes, J., & Juan, C. (2019). Cytoprotective effects of carotenoid-rich extract from *Lycium barbarum* L. on the beauvericin-induced cytotoxicity on Caco-2 cells. *Food Chem Toxicol*, 133, Article 110798

Juan-García, A.; Juan, C.; Bind, M.A.; Engert, F. (2021c) Study of locomotion response and development in zebrafish (*Danio rerio*) embryos and larvae exposed to enniatin A, enniatin B, and beauvericin. *Sci. Total Environ.* 777, 146075.

Karioti, A., Bergonzi, M. C., Vincieri, F. F., & Bilia, A. R. (2014). Validated method for the analysis of goji berry, a rich source of zeaxanthin dipalmitate. *J. Agric. Food Chem*, 62, 12529–12535

- Kim, J., Lee, J., Oh, J.H., Chang, H.J., Sohn, D.K., Kwon, O., Shin, A., Kim, J., (2019). Dietary Lutein Plus Zeaxanthin Intake and DICER1 rs3742330 A > G Polymorphism Relative to Colorectal Cancer Risk. *Sci Rep*, 4, 9(1), 3406.
- Kuang, A., Erlund, I., Herder, C., Westerhuis, J.A., Tuomilehto, J., Cornelis, M.C., (2018). Lipidomic response to coffee consumption. *Nutrients* 10, 1851.
- Lima, J.C.; de Oliveira, R.G.; Silva, V.C.; de Sousa Jr, P.T.; Violante, I.M.; Macho, A.; Martins, D.T.d.O. (2020) Anti-inflammatory activity of 40, 6, 7-trihydroxy-5-methoxyflavone from *Fridericia chica* (Bonpl.) LG Lohmann. *Nat. Prod. Res.* 34, 726–730.
- Liu, K.; Zhao, F.; Yan, J.; Xia, Z.; Jiang, D.; Ma, P. (2020) Hispidulin: A promising flavonoid with diverse anti-cancer properties. *Life Sci.* 259, 118395.
- Michel, A.F.; Melo, M.M.; Campos, P.P.; Oliveira, M.S.; Oliveira, F.A.; Cassali, G.D.; Ferraz, V.P.; Cota, B.B.; Andrade, S.P.; Souza-Fagundes, E.M. (2015) Evaluation of anti-inflammatory, antiangiogenic and antiproliferative activities of *Arrabidaea chica* crude extracts. *J. Ethnopharmacol.* 165, 29–38.
- Monteiro, F.D.S.; Costa, J.R.D.S.; Martins, L.J.A.; Rocha, C.Q.; Borges, A.C.R.; Borges, M.O.D.R. (2020) Hydroalcoholic extract of leaves of *Arrabidaea brachypoda* (DC.) Bureau present antispasmodic activity mediated through calcium influx blockage. *Rev. Ciênc. Farm. Básica Apl.*, 41, 1–13.
- Montesano, D., Cossignani, L., Giua, L., Urbani, E., Simonetti, M. S., Blasi, F. (2016) A simple HPLC-ELSD method for sugar analysis in goji berry. *J Chem.* Article ID 6271808.
- Montesano, D., Juan-García, A., Mañes, J., & Juan, C. (2020). Chemoprotective effect of carotenoids from *Lycium barbarum* L. on SH-SY5Y neuroblastoma cells treated with beauvericin. *Food Chem Toxicol*, 141(111414).
- Montesano, D., Rocchetti, G., Cossignani, L., Lucini, L., Simonetti, M. S., & Blasi, F. (2018b). Italian *Lycium barbarum* L. berry: Chemical characterization and nutraceutical value. *Nat Prod Commun*, 13(9), 1151–1156.
- OMS, Organización Mundial de la Salud (2019). Disponible en: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals> (Consultado el 6 de junio de 2023)
- Pang, Q.; Zhao, Y.; Chen, X.; Zhao, K.; Zhai, Q.; Tu, F. (2018) Apigenin protects the brain against ischemia/reperfusion injury via caveolin-1/VEGF in vitro and in vivo. *Oxid. Med. Cell Longev.* 2018, 7017204.
- Pillay, D.; Chuturgoon, A.A.; Nevines, E.; Manickum, T.; Deppe, W.; Dutton, M.F. (2002) The quantitative analysis of zearalenone and its derivatives in plasma of patients with breast and cervical cancer. *Clin. Chem. Lab. Med.* 40, 946–951.
- Quesada, I., Paola, M., Torres-Palazzolo, C., Camargo, A., Ferder, L., Manucha, W., Castro, C., (2020). Effect of garlic's active constituents in inflammation, obesity and cardiovascular disease. *Curr. Hypertens. Rep.* 22, 6. <https://doi.org/10.1007/s11906-019-1009-9>.
- Siraichi, J.T.; Felipe, D.F.; Brambilla, L.Z.; Gatto, M.J.; Terra, V.A.; Cecchini, A.L.; Cortez, L.E.; Rodrigues-Filho, E.; Cortez, D.A. (2013b) Antioxidant capacity of the leaf extract obtained from *Arrabidaea chica* cultivated in Southern Brazil. *PLoS ONE* 8, e72733.
- Siraichi, J.T.; Pedrochi, F.; Natali, M.R.; Ueda-Nakamura, T.; Filho, B.P.; Bento, A.C.; Baesso, M.L.; Nakamura, C.V. (2013a) Ultraviolet (UVB and UVA) photoprotector activity and percutaneous penetration of extracts obtained from *Arrabidaea chica*. *Appl. Spectrosc.*, 67, 1179–1184.

- Tedeschi, P., Leis, M., Pezzi, M., Civolani, S., Maietti, A., Brandolini, V. (2011). Insecticidal activity and fungitoxicity of plant extracts and components of horseradish (*Armoracia rusticana*) and garlic (*Allium sativum*). *J. Environ. Sci. Health B* 46, 486–490.
- Tedeschi, P., Maietti, A., Boggian, M., Vecchiati, G., Brandolini, V. (2007). Fungitoxicity of lyophilized and spray-dried garlic extracts. *J. Environ. Sci. Health B* 42, 795–799.
- Van Dijk, R., Ties, D., Kuijpers, D., van der Harst, P., Oudkerk, M. (2018). Effects of caffeine on myocardial blood flow: a systematic review. *Nutrients* 10, 1083.
- Venkataramana, M.; Chandra Nayaka, S.; Anand, T.; Rajesh, R.; Aiyaz, M.; Divakara, S.T.; Murali, H.S.; Prakash, H.S.; Lakshmana Rao, P.V. (2014) Zearalenone induced toxicity in SHSY-5Y cells: The role of oxidative stress evidenced by N-acetyl cysteine. *Food Chem. Toxicol.* 65, 335–342.
- Wang, C. C., Chang, S. C., Inbaraj, B. S., & Chen, B. H. (2010). Isolation of carotenoids, flavonoids, and polysaccharides from *Lycium barbarum* L. and evaluation of the antioxidant activity. *Food Chem.*, 120, 184–192.
- Wang, H.W.; Wang, J.Q.; Zheng, B.Q.; Li, S.L.; Zhang, Y.D.; Li, F.D.; Zheng, N. (2014) Cytotoxicity induced by ochratoxin A, zearalenone, and  $\alpha$ -zearalenol: Effects of individual and combined treatment. *Food Chem. Toxicol.* 71, 217–224.
- Wu, B.; Liang, J. (2019) Pectolinarigenin promotes functional recovery and inhibits apoptosis in rats following spinal cord injuries. *Exp. Ther. Med.* 17, 3877–3882.
- Yao, H.; Yuan, Z.; Wei, G.; Chen, C.; Duan, J.; Li, Y.; Liu, Y. (2017) Thevetiaflavone from *Wikstroemia indica* ameliorates PC12 cells injury induced by OGD/R via improving ROS-mediated mitochondrial dysfunction. *Mol. Med. Rep.* 16, 9197–9202.
- Yaya, I., Marcellin, F., Costa, M., Morlat, P., Protopopescu, C., Pialoux, G., Santos, M.E., Wittkop, L., Esterle, L., Gervais, A., (2018) Impact of alcohol and coffee intake on the risk of advanced liver fibrosis: a longitudinal analysis in hiv-hcv coinfectd patients (anrs hepavih co-13 cohort). *Nutrients* 10, 705
- Yu, C.I.; Cheng, C.I.; Kang, Y.F.; Chang, P.C.; Lin, I.P.; Kuo, Y.H.; Jhou, A.J.; Lin, M.Y.; Chen, C.Y.; Lee, C.H. (2020) Hispidulin inhibits neuroinflammation in lipopolysaccharide-activated BV2 microglia and attenuates the activation of Akt, NF- $\kappa$ B, and STAT3 pathway. *Neurotox Res.* 38, 163–174.
- Zhang, Z.; Zhao, Q.; Liu, T.; Zhao, H.; Wang, R.; Li, H.; Sun, H. (2020) Effect of Vicenin-2 on ovariectomy-induced osteoporosis in rats. *Biomed Pharm.* 129, 110474.
- Zheng, W.; Wang, B.; Li, X.; Wang, T.; Zou, H.; Gu, J.; Yuan, Y.; Liu, X.; Bai, J.; Bian, J.; et al. (2018) Zearalenone promotes cell proliferation or causes cell death? *Toxins* 10, 184.



# Extracción mediante fluidos supercríticos de nutrientes y compuestos bioactivos en coproductos agroalimentarios

Juan Manuel Castagnini<sup>1</sup>, Francisco J. Martí-Quijal<sup>2</sup>, Manuel Salgado-Ramos<sup>4</sup>,  
Francisco J. Barba Orellana<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Grupo de investigación en Tecnologías innovadoras para una alimentación sostenible (ALISOST), Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Ciencia de los Alimentos, Toxicología y Medicina Forense, Facultad de Farmacia, Universitat de València, Avda. Vicent Andrés Estellés, 46100, Burjassot, València, España, [juan.castagnini@uv.es](mailto:juan.castagnini@uv.es)  OrcidID: 0000-0002-3659-3640, [francisco.j.marti@uv.es](mailto:francisco.j.marti@uv.es)  OrcidID: 0000-0001-9034-5325, <sup>3</sup> [francisco.barba@uv.es](mailto:francisco.barba@uv.es)  OrcidID: 0000-0002-5630-3989 <sup>4</sup> Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de Química Inorgánica, Orgánica y Bioquímica, Facultad de Ciencias y Tecnologías Químicas, Avenida Camilo José Cela nº10, 13005 Ciudad Real, España [manuel.salgado@uclm.es](mailto:manuel.salgado@uclm.es)  0000-0001-5775-6974

**Como citar:** J.M. Castagnini, F.J. Martí-Quijal, M. Salgado-Ramos, F.J. Barba, 2023. Extracción mediante fluidos supercríticos de nutrientes y compuestos bioactivos en coproductos agroalimentarios. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

## Abstract

As global energy and food demands escalate, there is a pressing need to mitigate environmental impact. One viable solution lies in the conversion of agricultural waste and side-streams generated by the agro-food industry into high quality ingredients. The mounting environmental concerns have prompted researchers and companies to devise policies and innovative solutions to tackle these issues head-on. Industrial symbiosis emerges as a promising approach to foster sustainability through closed production cycles, where residues from one industry become valuable raw materials for another. Agri-food residues, possessing significant economic potential, can be revalorized to create additional assets, effectively reducing waste volume and enhancing overall economic efficiency. One interesting technology that has emerged is the supercritical fluid extraction. This technology can be used with two objectives, obtain extracts rich in bioactive compounds and recover solids rich in protein or fibers.

**Keywords (máx 5):** Supercritical Fluid Extraction, Revalorization, side-streams, Circular economy.

## Resumen

A medida que aumentan las demandas mundiales de energía y alimentos, existe una necesidad apremiante de mitigar el impacto ambiental. Una solución viable radica en la conversión de residuos agrícolas y subproductos generados por la industria agroalimentaria en ingredientes de alta calidad. Las crecientes preocupaciones ambientales han llevado a investigadores y empresas a idear políticas y soluciones innovadoras para abordar estos problemas de frente. La simbiosis industrial surge como un enfoque prometedor para fomentar la sostenibilidad a través de ciclos de producción cerrados, donde los residuos de una industria se convierten en materias primas valiosas para otra. Los residuos agroalimentarios, que poseen un importante potencial económico, pueden revalorizarse para crear activos adicionales, reduciendo efectivamente el volumen de residuos y mejorando la eficiencia económica general. Una tecnología interesante que ha surgido es la extracción con fluidos supercríticos. Esta tecnología se puede utilizar con dos objetivos, obtener extractos ricos en compuestos bioactivos y recuperar sólidos ricos en proteínas o fibras.

**Palabras clave:** Extracción con fluidos supercríticos, Revalorización, subproductos, economía circular.

\*Proyecto financiado por el MCIN con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y la Generalitat Valenciana

## 1 Introducción

El rápido aumento de la población mundial ejerce una presión sin precedentes sobre la demanda de productos y energía, lo que se traduce en mayores necesidades de materias primas. Actualmente, el modelo de economía lineal es el escenario predominante a nivel mundial. Se basa en "producir, usar y desechar" y la gran mayoría de los desechos se eliminan en vertederos o incineradores, mientras que solo una pequeña proporción se recicla (alrededor del 12%). Un marco alternativo se basa en la llamada economía circular, un sistema en el que se minimiza el consumo de materiales y la generación de residuos, al mismo tiempo que se reciclan y reutilizan los residuos para producir nuevos materiales. De esta forma, el concepto de convertir los residuos en un recurso es especialmente interesante en términos de sostenibilidad (Scarlat et al., 2019).

La simbiosis industrial (Figura 1) tiene como objetivo mejorar la sostenibilidad cerrando los ciclos de producción, donde los flujos de desechos de una planta se convierten en insumos para otra planta, mejorando los beneficios ambientales y económicos a través de la reutilización eficiente de los recursos (Gonela & Zhang, 2014). Los desechos de la industria agrícola y alimentaria tienen una plétora de fitoquímicos con interés comercial que se pueden recuperar para disminuir la generación de desechos y mejorar la viabilidad económica del proceso principal, mediante la producción de flujos secundarios de compuestos de valor agregado. La recuperación de estos fitoquímicos también genera desechos, que luego pueden utilizarse como materia prima en otras industrias de conversión como por ejemplo la de biocombustibles y biofertilizantes.

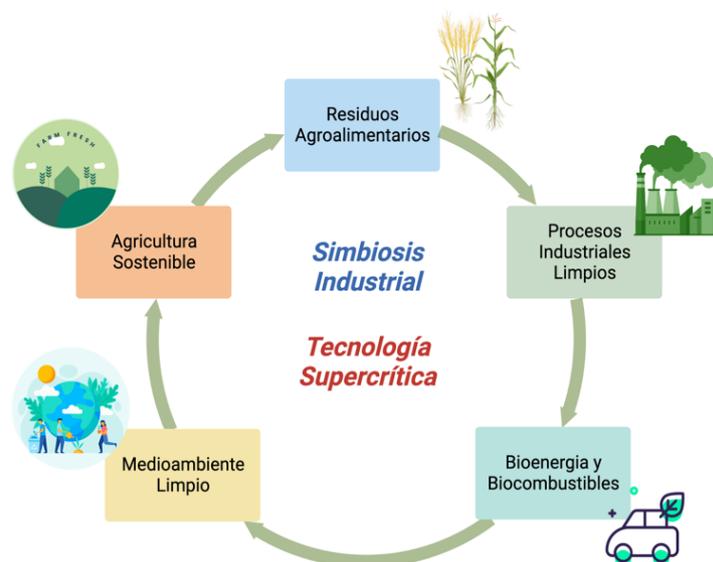


Figura 1. Simbiosis industrial asistida mediante la tecnología supercrítica

Las industrias agroalimentarias generan grandes cantidades de residuos de procesamiento. Por ejemplo, las cáscaras, semillas, hojas y tallos se destacan entre los desechos más comunes generados en el procesamiento de frutas y verduras [2,3]. Algunas aplicaciones bien establecidas de estos desechos incluyen su uso como fertilizantes del suelo o alimento para animales; actualmente, también se utilizan como biomasa para producir energía o combustibles. Sin embargo, estos subproductos de son notablemente ricos en una amplia gama de componentes bioactivos de alto valor agregado, como los compuestos polifenólicos (Rifna et al., 2023).

Los compuestos fenólicos son captadores de radicales libres, que son productos nocivos del metabolismo aeróbico que provocan estrés oxidativo en el organismo.

Múltiples estudios *in vitro*, *in vivo* y epidemiológicos han demostrado que los polifenoles son de gran interés en la profilaxis y el tratamiento de enfermedades cardiovasculares y neurológicas, cáncer y trastornos relacionados con el envejecimiento, principalmente debido a su notable actividad antioxidante (Yahfoufi et al., 2018).

Los procesos utilizados para la valorización de los flujos de residuos deben, en la medida de lo posible, aliviar la adición de la huella ambiental a los procesos existentes (Clark & Pfaltzgraff, 2012). Las tecnologías verdes sostenibles a menudo implican el uso de procesos de extracción de solventes benignos que se basan en solventes GRAS (generalmente reconocidos como seguros). Los disolventes GRAS más utilizados son: agua, etanol, CO<sub>2</sub> y combinaciones de estos. Para mejorar el poder de solvatación y la reactividad de estos solventes, se han aplicado diferentes combinaciones de presión y temperatura, incluyendo el uso de fluidos presurizados (Rostagno et al., 2015).

La recuperación de fitoquímicos de los desechos de alimentos a menudo implica la extracción de compuestos termosensibles. Este hecho, combinado con la restricción del uso de solventes GRAS, conduce al desarrollo de modernas técnicas de extracción que preservan las propiedades funcionales de los compuestos, pero que son ambientalmente benignas. Algunas de las técnicas de extracción emergentes y novedosas incluyen la extracción con fluidos supercríticos y líquidos presurizados, la extracción asistida por ultrasonidos, microondas y enzimas.

## **2 Objetivos**

El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de la tecnología de fluidos supercríticos para revalorizar subproductos de chufa, insectos, microalgas y boniatos, recuperando compuestos antioxidantes, proteínas y ácidos grasos para aumentar la circularidad de las diferentes cadenas de valor y producir ingredientes bioactivos que puedan ser utilizados en la formulación de alimentos, nutracéuticos y cosméticos. Este objetivo está alineado con los siguientes ODS, 2: Hambre cero; 3: Salud y Bienestar; 12 Producción y Consumos Responsables; y 13: Acción por el clima.

## **3 Metodología**

### **3.1. Materias primas**

Distintas materias primas han sido utilizadas para la extracción con fluidos supercríticos, entre ellas, insectos, microalgas, subproductos de la chufa provenientes de la elaboración de horchata y pieles de boniatos.

### **3.2. Extracción con fluidos supercríticos**

El grupo ALISOST de la Facultad de Farmacia (Universidad de Valencia, Valencia, España) cuenta con un sistema de extracción supercrítica (JASCO, Tokio, Japón) compuesto por una bomba principal isocrática de CO<sub>2</sub> (PU-4387), con un rango de flujo de 5 a 40 mL/min, presión máxima de 50 MPa; un recirculador frigorífico (JULABO FL 1201) con rango de temperatura de -20-40 °C; una bomba modificadora orgánica isocrática (PU-4086, HPLC), con un rango de flujo de 0.001 a 10 ml/min y una presión máxima de trabajo de 70 MPa; un sistema termostático peltier y transferencia de temperatura por flujo de aire; un regulador de presión (BP-4340) y un vaso de extracción supercrítica de 25 mL (803559-25ML).

### **3.3. Caracterización de los extractos**

Los extractos se caracterizan en función del rendimiento de extracción de lípidos, la capacidad antioxidante mediante los métodos del TEAC y ORAC y el contenido en fenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu.

## 4 Resultados

En la tabla 1 se presentan las condiciones de extracción y los principales resultados de extracción para cada una de las distintas matrices.

**Tabla 1:** Condiciones de extracción y resultados principales para la extracción de chufa, insectos, microalgas y boniatos.

<b>Matriz</b>	<b>Condiciones de extracción</b>	<b>Resultado</b>	<b>Cita</b>
Chufa	Presión: 10-40 MPa Temp.:40°C Tiempo: 120 min	Mayor recuperación de aceite a mayor presión (7.36g de aceite/g de subproductos de la horchata). Mayor recuperación de tocoferoles a menor presión (12.4 mg/100 g de aceite). Mayor recuperación de compuestos fenólicos a mayor presión (579.6 mg GAE/100 g de aceite). Mayor capacidad antioxidante a mayor presión (64.35 mM Trolox).	(Roselló-Soto et al., 2019)
Insectos	Presión: 32.5 MPa Temp.: 55°C Tiempo: 75 min	Rendimiento de extracción de lípidos de 11.9% para <i>A. domesticus</i> y 22.1% para <i>T. molitor</i> . Recuperación de proteínas del 33.7% para <i>A. domesticus</i> y 36.4% para <i>T. molitor</i>	(Laroche et al., 2019)
Boniatos	Presión: 25 MPa Temp.: 50°C Tiempo: 150 min Solvente: CO <sub>2</sub> :Et(OH) 90:10 Flujo: 10 mL/min	Compuestos fenólicos: 2.21mg GAE/g de piel. Capacidad Antioxidante: 6.7µmol Trolox/g de piel. Minerales: 81.1µg K/g de piel, 20.9 µg Ca/g de piel, 2.8µg Zn/g de piel.	(Castagnini & Barba, 2022)

## 5 Conclusiones

En general, la producción de alimentos mediante SFE es un enfoque de procesamiento en crecimiento que ha atraído la atención de los investigadores y la industria de los alimentos debido a su potencial para mejorar la calidad de los productos y reducir el uso de solventes orgánicos y otros productos químicos tóxicos.

Algunos de los productos alimentarios que se producen actualmente mediante SFE incluyen aceites, extractos de plantas, aromas y sabores, así como productos descafeinados como el café y el té. A medida que la tecnología evoluciona y se optimiza para aplicaciones alimentarias adicionales, es posible que veamos un aumento en la producción de alimentos producidos con la tecnología de extracción con fluidos supercríticos.

## 6 Agradecimientos

Juan Manuel Castagnini es beneficiario de la ayuda (ZA21-028) para la recalificación del sistema universitario español del Ministerio de Universidades del Gobierno de España, modalidad “Maria Zambrano”, financiada por la Unión Europea, NextGeneration EU a través del proyecto “ Extracción de compuestos bioactivos de matrices alimentarias mediante tecnologías innovadoras y sostenibles (EXTRABIO)”. Manuel Salgado-Ramos desea agradecer al programa de postdoctorado de la Universidad de Castilla-La Mancha, por la rehabilitación del Sistema Universitario Español del Ministerio de Universidades del Gobierno de España, modalidad “Margarita Salas - Complementaria” (MS2022) financiado por la Unión Europea, Next Generation EU. Este estudio también 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 )) y contó con el apoyo de MCIN con financiación de la Unión Europea NextGeneration EU (PRTR-C17.I1) y de la Generalitat Valenciana.

## 7 Referencias bibliográficas

Castagnini, J. M., & Barba, F. J. (2022). Evaluation of microstructure and green extraction methodologies for recovering polyphenols from sweet potato peel. *Polyphenols Conference*.

Clark, J. H., & Pfaltzgraff, L. (2012). Industrial symbiosis using green chemistry. *Technical Proceedings of the 2012 NSTI Nanotechnology Conference and Expo, NSTI-Nanotech*, 706–707.

Gonela, V., & Zhang, J. (2014). Design of the optimal industrial symbiosis system to improve bioethanol production. *Journal of Cleaner Production*, 64, 513–534. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.059>

Laroche, Perreault, Marciniak, Gravel, Chamberland, & Doyen. (2019). Comparison of Conventional and Sustainable Lipid Extraction Methods for the Production of Oil and Protein Isolate from Edible Insect Meal. *Foods*, 8(11), 572. <https://doi.org/10.3390/foods8110572>

Rifna, E. J., Misra, N. N., & Dwivedi, M. (2023). Recent advances in extraction technologies for recovery of bioactive compounds derived from fruit and vegetable waste peels: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(6), 719–752. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1952923>

Roselló-Soto, E., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Dominguez, R., Pateiro, M., Mañes, J., & Moltó, J. C. (2019). Evaluating the impact of supercritical-CO<sub>2</sub> pressure on the recovery and quality of oil from “horchata” by-products: Fatty acid profile,  $\alpha$ -tocopherol, phenolic compounds, and lipid oxidation parameters. *Food Research International*, 120, 888–894. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.054>

Rostagno, M. A., Prado, J. M., Mudhoo, A., Santos, D. T., Forster-Carneiro, T., & Meireles, M. A. A. (2015). Subcritical and supercritical technology for the production of second generation bioethanol. *Critical Reviews in Biotechnology*, 35(3), 302–312. <https://doi.org/10.3109/07388551.2013.843155>

Scarlat, N., Fahl, F., Lugato, E., Monforti-Ferrario, F., & Dallemand, J. F. (2019). Integrated and spatially explicit assessment of sustainable crop residues potential in Europe. *Biomass and Bioenergy*, 122, 257–269. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.01.021>

Yahfoufi, N., Alsadi, N., Jambi, M., & Matar, C. (2018). The Immunomodulatory and Anti-Inflammatory Role of Polyphenols. *Nutrients*, 10(11), 1618. <https://doi.org/10.3390/nu10111618>

## Revalorización de subproductos derivados de la producción de horchata de chufa

Paula Llorens Castelló<sup>1</sup>, Ana Juan-García<sup>2</sup>, Juan Carlos Moltó Cortés<sup>3</sup>, Cristina Juan García<sup>4</sup>

Nutrition, Food Science and Toxicology Department, Universitat de València <sup>1</sup>[paula.llorens@uv.es](mailto:paula.llorens@uv.es) OrcidId:0009-0001-3073-3809 <sup>2</sup>[ana.juan@uv.es](mailto:ana.juan@uv.es) OrcidId:0000-0002-5988-0490 <sup>3</sup>[j.c.molto.cortés@uv.es](mailto:j.c.molto.cortés@uv.es) OrcidId:0000-0002-0459-5334 <sup>4</sup>[cristina.juan@uv.es](mailto:cristina.juan@uv.es) OrcidId:0000-0002-8923-3219

**Como citar:** P. Llorens, A. Juan-García, J.C. Moltó, C. Juan. 2023. Revalorización de subproductos derivados de la producción de horchata de chufa. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

### Abstract

*The food industry generates significant quantities of organic by-products, that often contain nutrients and bioactive compounds not properly utilised. The reuse of these by-products can generate environmental, economic and social benefits, promoting a transition towards a more sustainable model of production and consumption. The tiger nut milk industry is a successful example of how the reuse of by-products can contribute to the circular economy. Tiger nuts are a traditional sweet and edible tuber in the Valencian Community mainly used to produce horchata. Furthermore, tiger nuts are considered to promote health, as it helps to reduce cholesterol, among other effects. The reuse of solid tiger nut milk by-products can promote innovation and development of sustainable technologies in the food industry. Different studies have been carried out to assess tiger nut pulp as an ingredient for products such as bread, demonstrating the potential of by-product reuse in the creation of new products and business opportunities. In addition, tiger nut solid and liquid by-product contain bioactive compounds that can be recovered and used for the elaboration of functional foods.*

**Keywords:** Tiger nut, tiger nut milk, by-products, revalorisation

### Resumen

*La industria alimentaria produce una cantidad significativa de subproductos orgánicos, los cuales suelen contener nutrientes y compuestos bioactivos que no se aprovechan de manera adecuada. La reutilización de estos subproductos puede generar beneficios ambientales, económicos y sociales, lo que promueve una transición hacia un modelo más sostenible de producción y consumo. La industria horchatera es un ejemplo de cómo la reutilización de subproductos puede contribuir a la economía circular. La chufa es un tubérculo dulce y comestible tradicional en la Comunidad Valenciana usado principalmente para la elaboración de horchata. El consumo de chufa tiene efectos positivos en la salud, ya que ayuda a reducir el colesterol, entre otros. La reutilización de los subproductos sólidos, como la pulpa, puede promover la innovación y el desarrollo de tecnologías más sostenibles en la industria alimentaria. Se han realizado diferentes estudios para evaluar la pulpa de chufa como ingrediente en el pan, lo que demuestra su potencial en la creación de nuevos productos y oportunidades de negocio. Además, los subproductos contienen compuestos bioactivos que se pueden emplear para producir alimentos funcionales.*

**Palabras clave:** Chufa, horchata, subproductos, revalorización

## 1 Introducción

### 1.1. La necesidad de revalorizar subproductos en la industria alimentaria

En la industria alimentaria se producen cada año mayores cantidades de subproductos orgánicos, debido al crecimiento de la población mundial y a la necesidad de satisfacer las necesidades de la demanda mundial de alimentos (Schieber *et al.*, 2001). Se estima que son alrededor de 800.000 toneladas/año de material vegetal fresco sin tener en cuenta las pérdidas y el desperdicio durante el procesado de los alimentos (Gowe, 2015).

Algunos de estos subproductos son una fuente valiosa de compuestos bioactivos y nutrientes que, a menudo, no son aprovechados adecuadamente. La revalorización de subproductos de la industria alimentaria, a través de su recuperación y utilización, puede generar beneficios ambientales, económicos y sociales, y promover la transición hacia un modelo más sostenible y circular de producción y consumo.

La revalorización de los subproductos de la industria alimentaria está estrechamente relacionada con la economía circular, un modelo económico que busca reducir la generación de residuos y aprovechar al máximo los recursos disponibles. La economía circular se basa en la idea de que los productos y los materiales deben ser diseñados para tener una vida útil más larga y ser reutilizados, reparados o reciclados al final de su vida útil, en lugar de desecharlos.

En el contexto de la industria alimentaria, la economía circular implica el diseño de sistemas de producción y consumo que minimicen el desperdicio y maximicen la reutilización de los subproductos. En lugar de ver los subproductos como residuos, la economía circular los considera como recursos valiosos que pueden ser utilizados para generar valor y reducir la dependencia de los recursos naturales. En este sentido, la industria de la horchata puede ser un buen ejemplo de cómo la reutilización de subproductos puede contribuir a la economía circular. La producción de horchata genera diferentes subproductos, sólidos y líquidos, que pueden ser utilizados en la elaboración de otros productos alimentarios, en la producción de films biodegradables, biocombustibles y otros productos de alto valor añadido.

Además, hay una creciente preocupación por llevar una alimentación saludable, por lo que en el mercado han aparecido nuevos productos llamados alimentos funcionales, que producen beneficios adicionales a los que ofrece el alimento en sí. Algunos subproductos contienen compuestos bioactivos que se pueden extraer y emplear para producir alimentos funcionales, siendo los más estudiados los productos lácteos, cereales para el desayuno, o alimento que aporten fibra, antioxidantes o que ayuden a disminuir el colesterol.

En conclusión, la revalorización de subproductos de la industria alimentaria es esencial para avanzar hacia un modelo más sostenible y circular de producción y consumo. La industria de la horchata, como muchos otros sectores alimentarios, tiene la oportunidad de aprovechar los beneficios de la reutilización de subproductos para crear valor añadido. Además, la reutilización de subproductos puede promover la innovación y el desarrollo de tecnologías más sostenibles en la industria alimentaria.

### 1.2 La horchata de chufa

La chufa (*Cyperus esculentus L.*) es un tubérculo comestible y dulce tradicional en la Comunidad Valenciana. Contiene una gran cantidad de hidratos de carbono ( $\geq 36\%$ ), entre los que predomina el almidón, lípidos ( $\geq 25\%$ ) y proteínas ( $\geq 6,5\%$ ), lo que lo convierte en un alimento de alto contenido energético (400 kcal/100 g de producto) (CRDO 2018), aunque existen ligeras diferencias dependiendo de la zona de cultivo, variedad, período de recolección, almacenaje, etc.

El consumo de chufa se considera apto para madres gestantes, niños, adolescentes, intolerantes a la lactosa, celíacos y veganos y es beneficioso para la salud, ya que ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares y circulatorias, como

la trombosis, al estimular la circulación sanguínea. Por su contenido en hidratos de carbono complejos, posee propiedades antidiarreicas. En la piel de la chufa se encuentran presente elevadas cantidades de suberina, un probiótico que favorece el crecimiento de la microbiota beneficiosa fermentativa. Además, también puede reducir el riesgo de cáncer de colon (CRDO 2018). Estas propiedades saludables hacen de la chufa un alimento recomendable para incluir en la dieta. La chufa es utilizada tanto para la producción de piensos para animales como para la alimentación humana (Adejuyitan, 2011). No obstante, su uso principal en España, particularmente en la Comunidad Valenciana, es para la elaboración de la popular bebida de horchata de chufa.

La horchata de chufa, conocida simplemente como horchata es una bebida nutritiva que se consume normalmente en verano, con un aspecto similar a la leche, elaborada mecánicamente a partir de chufa madura, sana y limpia. Las chufas se rehidratan, muelen y se extraen con agua potable, y en ocasiones se les añade azúcar o mezclas de azúcares. La bebida resultante tiene un sabor, aroma y color característicos de la chufa, y contiene un mínimo de almidón, grasa y azúcares, según lo especificado en la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración y Venta de Horchata de Chufa (R. D. 1338/1988).

La industria horchatera es de gran relevancia económica en España, con una producción anual de chufa valorada en 3,3 millones de euros (CRDO, 2012). La ORDEN 17/2010 de 18 de mayo, de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, de la Comunidad Valenciana, contiene el texto donde se aprueba el reglamento de la Denominación de Origen Protegida Chufa de Valencia y su Consejo Regulador. La "Chufa de Valencia" se cultiva en dieciocho municipios de la comarca valenciana de *L'Horta Nord*, con una producción anual de unos 5,3 millones de kg de chufa seca, de los cuales el 90% están amparados por la Denominación de Origen y con una superficie cultivada de 6190 hanegadas en el año 2020/2021 (CRDO, 2021).

### **1.3 Subproductos generados en la elaboración de la horchata**

La chufa tiene diferentes aplicaciones: se puede consumir directamente habiendo hidratado los tubérculos previamente, como agente aromatizante en helados o bien como materia prima para producir otros productos como harina para masas dulces como galletas y otros productos de panadería (Coşkuner *et al.*, 2002) o producción de aceite de chufa como aliño o para frituras (Mohdaly, 2019). Pero su principal aplicación sigue siendo la producción de horchata (Mosquera *et al.*, 1996), inicialmente de forma artesanal y posteriormente de forma industrial. La horchata producida a nivel industrial ha incrementado exponencialmente en los últimos años, llegando a suponer en el 2017 del orden del 80 al 85% del total de la horchata elaborada (Pascual & Pascual-Seva, 2017).

La elaboración de la horchata se compone de un conjunto de operaciones básicas que incluyen el remojo de la chufa durante aproximadamente 8 horas, la molienda, el prensado de la pasta resultante y la mezcla con azúcar en una proporción determinada (por lo general, entre 100 y 120 gramos por litro) (Corrales *et al.*, 2011). El proceso comienza con la limpieza de las chufas con un germicida que posteriormente se elimina con otro lavado. A continuación, las chufas se dejan en remojo durante ocho a doce horas renovando el agua periódicamente. A continuación, se trituran en un molino mientras se introduce simultáneamente un flujo constante de agua (aproximadamente 3 L/kg chufa). La masa de chufa triturada se deja macerar en agua durante un período de tiempo que varía según el tiempo que hayan permanecido previamente en remojo. El prensado produce el primer extracto, que se tamiza. El residuo del tamiz y del prensado se mezcla con aproximadamente dos litros de agua por kilogramo de chufa, se prensa y tamiza de nuevo para obtener el extracto final uniéndose al anterior. Finalmente, se agrega la cantidad deseada de azúcar y se tamiza de nuevo. Este proceso industrial produce una cantidad significativa de residuos, como el agua utilizada en los lavados y el residuo sólido final conocido como torta o pasta/pulpa de chufa, que consta de alrededor del 60% de la materia prima original y agua retenida (CRDO, 2012). La producción anual de horchata en la industria alcanza los 38 millones de litros, lo que representa un valor de mercado al

por menor de aproximadamente 48,7 millones de euros (Mercasa, 2021).

La creciente necesidad de conseguir una agricultura más sostenible y aumentar la eficiencia en la producción de alimentos, ha llevado a la búsqueda de la revalorización de los subproductos que se generan, en general, en los procesos industriales de alimentos (Tan *et al.*, 2007).

## **2 Objetivos**

El objetivo de la presente revisión bibliográfica es recopilar y analizar información relevante y actualizada con el fin de identificar el estado actual del conocimiento científico en relación a la reutilización de los subproductos de chufa, lo que permitirá conocer las diferentes estrategias propuestas para la revalorización de los subproductos y su potencial como ingredientes en la reformulación de alimentos ya sea para la obtención de alimentos funcionales, mejorar la composición nutricional y/o los aspectos tecnológicos.

## **3 Desarrollo Metodológico**

Para esta revisión bibliográfica se trató de responder a la pregunta: ¿Cuáles son los subproductos de chufa obtenidos de la producción de horchata y cuáles son sus posibles aplicaciones? Para la búsqueda, se ha empleado la base de datos Google Scholar. Los términos que se emplearon para la búsqueda de información sobre la revalorización de subproductos líquidos fueron: "tiger nut milk" "liquid coproduct" OR "liquid co-product" OR "liquid by-product"), obteniéndose 17 resultados. Y para el subproducto sólido se emplearon los términos: "tiger nut" "cyperus esculentus" ("fiber" OR "fibre") "by-product", obteniéndose 57 resultados. Los criterios de inclusión fueron: artículos publicados entre los años 2009 y 2022, escritos en inglés o en otros idiomas relevantes para el tema de estudio, que aborden la revalorización de los subproductos de la chufa. Los criterios de exclusión fueron: artículos que no están relacionados con la revalorización de los subproductos de la chufa, duplicados o que presenten datos redundantes con otros estudios ya incluidos. Posteriormente, se realizó una revisión manual de las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados con el fin de incluir otros estudios potencialmente válidos para la revisión. La búsqueda literaria identificó un total de 74 artículos, de los cuales se seleccionaron 15 para su inclusión en la revisión bibliográfica. Se incluyó también legislación específica y trabajos de fin de grado. Los resultados proporcionaron una visión general de la evidencia disponible y permitieron una evaluación crítica de la literatura científica existente.

## **4 Resultados y Discusión**

La importancia de los estudios revisados en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en su Agenda 2030, los cuales son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad para todos. En concreto, estos estudios contribuirían al cumplimiento, de manera más o menos directa, a los siguientes ODS: En primer lugar, al número 2 "Hambre cero", ya que se reduce la cantidad de alimentos que se desechan y mediante el aprovechamiento de los subproductos de la industria alimentaria puede contribuir a aumentar la disponibilidad y accesibilidad de alimentos nutritivos y sostenibles para la población, además de generar otros alimentos, que contribuyen al ODS número 3 "Salud y bienestar", pues son alimentos funcionales enriquecidos con fibra o con compuestos bioactivos que pueden mejorar la salud y el bienestar de la población. La reutilización de subproductos de la industria alimentaria puede generar oportunidades de empleo y fomentar el crecimiento económico sostenible y, especialmente, fomentar el crecimiento económico local, especialmente en zonas rurales, lo que contribuiría al cumplimiento del ODS número 8: "Trabajo decente y crecimiento económico". Por otro lado, el ODS número 12, puede contribuir a la

transición hacia un modelo de producción y consumo responsable y sostenible, que es uno de los principales objetivos del ODS 12. Y finalmente, el ODS número 13, ya que la revalorización de estos productos puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la huella de carbono de la industria alimentaria ya que puede evitar la necesidad de producir nuevos alimentos o productos a partir de recursos adicionales, lo que es esencial para lograr el ODS 13 de Acción por el clima.

A lo largo del proceso industrial de la bebida de horchata se produce una cantidad significativa de residuos, como el agua utilizada en los lavados y el residuo sólido final conocido como torta o pasta/pulpa de chufa. La revalorización de productos provenientes de la industria horchatera está directamente relacionada con el emprendimiento y la innovación en el sector agroalimentario. El emprendimiento en el sector agroalimentario se refiere a la creación y gestión de nuevas empresas o negocios que ofrecen productos o servicios innovadores relacionados con la producción, procesamiento, distribución o comercialización de alimentos. La innovación en el sector agroalimentario implica la introducción de nuevos productos, procesos o modelos de negocio que permiten mejorar la eficiencia en la producción, reducir los costos, mejorar la calidad de los productos, aumentar la seguridad alimentaria, reducir los impactos ambientales, entre otros beneficios.

En este sentido, tanto de los productos sólidos como líquidos que se generan, se pueden reutilizar siendo una práctica innovadora del sector agroalimentario para desarrollar nuevos productos o servicios.

#### **4.1 Subproductos sólidos**

Los subproductos sólidos conocidos como torta o pasta/pulpa de chufa producidos durante el prensado pueden ser reutilizados en lugar de desecharse y pueden llegar a suponer el 60% del material vegetal inicial (5,3 millones de kg de chufa seca en 2016) cuya gestión es problemática tanto para los productores como a nivel económico y ambiental. Su contenido en nutrientes y en sustancias bioactivas o compuestos funcionales hace estos subproductos susceptibles de ser considerados material de interés para la reformulación o enriquecimiento de algunos alimentos. Este residuo está compuesto por sólidos insolubles de la chufa, y son una fuente de fibra, principalmente fibra dietética insoluble (Sánchez-Zapata *et al.*, 2012a; Roselló-Soto *et al.*, 2018). En comparación con otras fuentes de fibras dietéticas, la fibra del subproducto de la horchata tiene una mayor capacidad de retención de agua y de aceite. Además, tiene mayor capacidad de estabilizar emulsiones (Sánchez-Zapata *et al.*, 2009). Se ha demostrado que los alimentos ricos en fibra son beneficiosos ya que son capaces de prevenir el cáncer de colon, estreñimiento, obesidad y otras enfermedades cardiovasculares (Viuda-Martos *et al.*, 2010).

En la actualidad, los residuos de la industria horchatera se emplean como alimento para animales, cebo para peces o para hacer compost (Sánchez-Zapata *et al.*, 2009). Debido a su alto contenido en fibra, algunos investigadores han estudiado su incorporación a la formulación de nuevos productos. Como resultado, Muñoz (2013) y Alava y col. (2019) realizaron estudios sobre la incorporación de fibra del subproducto de la fabricación de horchata en chips de trigo y productos cárnicos, respectivamente, aumentando de esta forma su nivel nutricional. Por otro lado, Lucas (2018) investigó el impacto de la utilización de este subproducto en la producción de pan, lo que llevó a una sustitución parcial exitosa de la harina de trigo por harina de residuo de chufa. Además, Lucas (2017) investigó también esta sustitución parcial de harina en productos diferentes como bases de pizzas pre-horneadas y congeladas por el subproducto sólido de la chufa, y concluyó que estas eran aceptables si iban acompañadas de una salsa con un elevado contenido graso como la nata. Los subproductos pueden utilizarse como ingredientes en productos de panadería para enriquecerlos en fibra. Verdú y col. (2022) realizaron sustituciones de harina de trigo por harina de subproducto de chufa en diferentes porcentajes y observaron una reducción en el desarrollo de la masa durante la fermentación y, por lo tanto, una reducción del volumen específico, pero la humedad final del producto no varió. Durante el almacenamiento del pan observaron que la adición del subproducto ha proporcionado una mayor capacidad de retención de la humedad. Por lo que respecta

al sector cárnico, Sánchez-Zapata y col. (2010) evaluaron la composición química, fisicoquímica, características de cocción y propiedades sensoriales de la utilización de niveles crecientes (5%, 10% y 15%) de fibra de chufa del subproducto, en la formulación de hamburguesas de cerdo. Como resultado, obtuvieron hamburguesas con un mayor nutricional debido a la fibra y mejores características de cocción. Además, cambios negativos que se produjeron en el color y textura se vieron disminuidos con las modificaciones producidas en el proceso de cocción. Sánchez-Zapata y col. (2013a) también evaluaron la adición de fibra del subproducto sólido de la chufa en la calidad e inocuidad durante el proceso de curado del chorizo de cerdo y observaron una disminución de la grasa sin que el desarrollo del proceso de curado se viera afectado. Sin embargo, mejoró el rendimiento del proceso y sus propiedades fisicoquímicas sin una alteración de la inocuidad del alimento.

Otras aplicaciones se han centrado en films biodegradables a partir de almidón termoplástico que incorporan residuo de chufa (Santacreu, 2021), en alimentación animal como sustitución parcial del maíz en dietas de *Clarias Gariepinus* (Gambo & Da'u, 2014) y como compostaje (Carbonell *et al.*, 2015).

Los residuos de chufa también se han considerado una fuente valiosa de compuestos bioactivos, antioxidantes y ácidos grasos. Por lo tanto, es necesario conocer cuáles son los compuestos bioactivos que pueden recuperarse de la pasta de chufa y estudiar sus potenciales usos en la industria alimentaria.

## 4.2 Subproductos líquidos

Por otro lado, se encuentran los residuos líquidos, que están constituidos por los residuos líquidos del lavado del tubérculo (CRDO, 2012). Se generan grandes cantidades de residuos líquidos ya que se emplea una gran cantidad de agua durante la producción de horchata. Este subproducto líquido contiene sustancias que necesitan ser eliminadas o depuradas para poder ser desechado correctamente. Pero, por otro lado, contiene compuestos disueltos provenientes de la chufa que son potencialmente beneficiosos. Por lo que existe un interés económico en su reutilización y en disminuir el consumo de agua de esta industria y, por lo tanto, el impacto ambiental que supone.

Este residuo líquido es una potencial fuente de antioxidantes naturales procedentes de la chufa. Una manera de reducir los residuos líquidos es reutilizarla, una vez tratada. Además, como contiene compuestos potencialmente beneficiosos, ya sea fisiológica y tecnológicamente, puede ser revalorizado y empleado para extraer estos compuestos e integrarlos como ingredientes para producir alimentos funcionales. Por ejemplo, se pueden usar para sustituir el agua en un producto cárnico como en paté de hígado de cerdo cocido y así conseguir el mismo producto con mayor contenido de hierro hemo y un bajo grado de formación de metamioglobina, lo que le confiere buenas propiedades sensoriales (Sánchez-Zapata *et al.*, 2013b). Sánchez-Zapata y col. (2012b) estudiaron los efectos de la sustitución del agua añadida a las hamburguesas de cerdo por el subproducto líquido de la elaboración de horchata, y observaron que la oxidación lipídica se veía disminuida por la presencia de polifenoles en el subproducto que podrían inhibir la formación de radicales libres. Las características sensoriales y de cocción mejoraron.

Sánchez-Zapata *et al.* (2013c) propusieron los subproductos líquidos de la horchata como fuente de carbono para el crecimiento de bacterias probióticas (*Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium*). Observaron el elevado potencial para el crecimiento de estos microorganismos y la estabilidad del subproducto líquido como sustrato fermentable.

Sin embargo, la reutilización de los subproductos de la chufa puede requerir inversiones significativas en tecnología y equipos de procesamiento, además de la optimización de los procesos de extracción, lo que puede limitar el acceso de pequeñas y medianas empresas a estas oportunidades. Además, la demanda de productos derivados de la chufa puede ser limitada, lo que afecta el potencial de rentabilidad de estas iniciativas.

## 5 Conclusiones

La chufa es un cultivo tradicional en la Comunidad Valenciana, cuyo uso principal es la producción de horchata. La chufa y la horchata son ricas en nutrientes y su consumo se asocia con beneficios para la salud. Durante la producción de horchata, se generan subproductos sólidos y líquidos.

La revisión bibliográfica proporcionó una síntesis detallada de la literatura científica disponible sobre la revalorización de los subproductos de la chufa obtenida a partir de la producción de horchata. Los resultados de la revisión bibliográfica mostraron que los subproductos de la chufa tienen un alto valor nutricional y comercial, y que se pueden utilizar en la elaboración de diferentes productos alimentarios.

La reutilización de los subproductos sólidos de la chufa ofrece oportunidades para su valorización en alimentos, debido a su contenido en fibra y compuestos bioactivos. La incorporación de fibra del subproducto de chufa en productos de panadería y cárnicos es prometedora en la reformulación de alimentos mejora la textura, el valor nutricional y las propiedades de cocción. Los subproductos líquidos de la chufa contienen compuestos disueltos potencialmente beneficiosos que pueden ser reutilizados, una vez tratados, en la producción de alimentos funcionales, reduciendo los desechos y el consumo de agua en la industria. Pueden emplearse como sustituto del agua en productos cárnicos, lo que mejora el contenido de hierro hemo y las propiedades sensoriales de los mismos.

La reutilización de subproductos de la producción de horchata puede contribuir a reducir el desperdicio de alimentos, mejorar la sostenibilidad y la eficiencia de la producción de esta bebida tradicional y generar nuevos productos sostenibles. El emprendimiento y la innovación en el sector agroalimentario pueden ser clave para aprovechar el potencial de la chufa y sus subproductos. Al reducir la generación de residuos, se pueden generar beneficios económicos, ambientales y sociales, permitiendo cerrar los ciclos de nutrientes y reducir la huella de carbono de la producción de horchata.

## 6 Agradecimientos

Este trabajo ha contado con el apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación de España PID2020-115871RB-100 y agradecer a la Universidad de València por la beca predoctoral “Atracció de Talent” 2022.

## 7 Referencias bibliográficas

Adejuyitan, J. A. (2011). Tigernut processing: its food uses and health benefits. *American Journal of Food Technology*, 6(3), 197-201.

Alava, C., Verdú, S., Barat, J.M. & Grau, R. (2019). Enrichment of chips with fibre from a tiger-nut (*Cyperus esculentus*) milk co-product at ‘source of fibre foods’ and ‘high fibre content foods’ levels: impact on processing, physico-chemical and sensory properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 54, 908–915.

Carbonell, A., Boronat, T., Fages, E., Gironés, S., Sanchez-Zapata, E., Perez-Alvarez, J. A., ... & Garcia-Sanoguera, D. (2015). Wet-laid technique with *Cyperus esculentus*: Development, manufacturing and characterization of a new composite. *Materials & Design*, 86, 887-893.

Corrales, M., de Souza, P. M., Stahl, M. R., & Fernández, A. (2012). Effects of the decontamination of a fresh tiger nuts' milk beverage (horchata) with short wave ultraviolet treatments (UV-C) on quality attributes. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 13, 163-168.

Coşkuner, Y., Ercan, R., Karababa, E., & Nazlıcan, A. N. (2002). Physical and chemical properties of chufa (*Cyperus esculentus* L) tubers grown in the Çukurova region of Turkey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(6), 625-631.

CRDO (Consejo Regulador de la Denominación de Origen Chufa de Valencia). (2012). Chufa de Valencia. Consejo Regulador de la D.O. Chufa de Valencia. Horchata de Chufa de Valencia. <http://www.chufadevalencia.org/>

CRDO (Consejo Regulador de la Denominación de Origen Chufa de Valencia). (2018). Chufa de Valencia. Consejo Regulador de la D.O. Chufa de Valencia. Horchata de Chufa de Valencia. <http://www.chufadevalencia.org/>

CRDO (Consejo Regulador de la Denominación de Origen Chufa de Valencia) (2021). Datos históricos de superficie dedicada al cultivo de la chufa en la comarca de l'Horta Nord. [www.chufadevalencia.org](http://www.chufadevalencia.org)

Gambo, A., & Da'u, A. (2014). Tiger Nut (*Cyperus Esculentus*): Composition, Products, Uses and Health Benefits - A Review. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 7(1), 56–56.

Gowe, C. (2015). Review on potential use of fruit and vegetables by-products as a valuable source of natural food additives. *Food Science and Quality Management*, 45(5), 47-61.

Lucas, A. (2018). Efecto de la incorporación del subproducto de la elaboración de horchata al procesado de pan. Trabajo fin de grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universitat Politècnica de València, pp. 26

Lucas, C. (2017). Estudio del efecto de la incorporación del subproducto de la elaboración de horchata sobre la calidad de bases de pizza prehechas y congeladas. Trabajo fin de grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universitat Politècnica de València, pp. 24.

Mercasa, (2021). Alimentación en España. Producción, industria, distribución y consumo. 24ª edición. 2021/2022. Ed: Mercasa – distribución y consumo mercasa. Presidente: José Ramón Sempere Vera. Editorial Mic D.L. M-35704-2012 ISBN: 84-695-6171-5 pp186.

Mohdaly, A. A. R. A. A. (2019). Tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) oil. *Fruit oils: Chemistry and functionality*, 243-269.

Mosquera, L. A., Sims, C. A., Bates, R. P., & O'keefe, S. F. (1996). Flavor and stability of "horchata de chufas". *Journal of food science*, 61(4), 856-861.

Muñoz, C. (2013). Utilización de los subproductos de la horchata de chufa en la industria cárnica. Trabajo fin de grado en Ingeniería Técnica Industrial. Universidad Politècnica de Cartagena, pp. 47.

Pascual España, B., & Pascual-Seva, N. (2017). Chufa. *Cultivos hortícolas al aire libre*, 85-110.

Real Decreto 1338/1988, de 28 de octubre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración y Venta de Horchata de Chufa.

Roselló-Soto, E., Poojary, M. M., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Mañes, J., & Moltó, J. C. (2018). Tiger nut and its by-products valorization: From extraction of oil and valuable compounds to development of new healthy products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45, 306-312.

Santacreu Molero, N. (2021). Revalorización del residuo de horchata para desarrollar films biodegradables a base de almidón. Trabajo fin de grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universitat Politècnica de València.

Sánchez-Zapata, E., Fuentes-Zaragoza, E., Fernandez-Lopez, J., Sendra, E., Sayas, E., Navarro, C., & Pérez-Álvarez, J. A. (2009). Preparation of dietary fiber powder from tiger nut (*Cyperus esculentus*) milk ("Horchata") byproducts and its physicochemical properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(17), 7719-7725.

Sánchez-Zapata, E., Muñoz, C. M., Fuentes, E., Fernández-López, J., Sendra, E., Sayas, E., ... & Pérez-Alvarez, J. A. (2010). Effect of tiger nut fibre on quality characteristics of pork burger. *Meat science*, 85(1), 70-76.

Sánchez-Zapata, E., Fernández-López, J., & Angel Pérez-Alvarez, J. (2012a). Tiger nut (*Cyperus esculentus*) commercialization: health aspects, composition, properties, and food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(4), 366-377.

Sánchez-Zapata, E., Fernández-López, J., & Angel Pérez-Alvarez, J. (2012b). Effects of tiger nut (*Cyperus esculentus*) milk liquid co-products on the quality of pork burgers. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(10), 2198-2204.

Sánchez-Zapata, E., Zunino, V., Pérez-Alvarez, J. A., & Fernández-López, J. (2013a). Effect of tiger nut fibre addition on the quality and safety of a dry-cured pork sausage ("Chorizo") during the dry-curing process. *Meat science*, 95(3), 562-568.

Sánchez-Zapata, E., Sayas-Barberá, E., Pérez-Alvarez, J. A., & Fernández-López, J. (2013b). The effect of replacing water with tiger nut milk (*Horchata*) liquid coproduct on the physicochemical properties and oxidation (haemopigments and lipids) of a cooked pork liver meat product. *Food Technology and Biotechnology*, 51(3), 422-428.

Sánchez-Zapata, E., Fernández-López, J., Pérez-Alvarez, J. A., Soares, J., Sousa, S., Gomes, A. M., & Pintado, M. M. (2013c). In vitro evaluation of "horchata" co-products as carbon source for probiotic bacteria growth. *Food and Bioproducts Processing*, 91(3), 279-286

Schieber, A., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds—Recent developments. *Trends in Food Science and Technology*, 12(11), 401-413.

Tan, Y. A., Sambanthamurthi, R., Sundram, K., & Wahid, M. B. (2007). Valorisation of palm by-products as functional components. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(4), 380-393.

Verdú, S., Barat, J. M., Alava, C., & Grau, R. (2017). Effect of tiger-nut (*Cyperus esculentus*) milk co-product on the surface and diffusional properties of a wheat-based matrix. *Food chemistry*, 224, 69-77.

Verdú, S., Alava, C., Barat, J. M., Carrascosa, C., & Grau, R. (2023). Impact of the tiger-nut milk co-product on fibre-enriched bread processing and storage: crumb structure-moisture-texture relationships. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(3), 1078-1088.

Viuda-Martos, M., López-Marcos, M. C., Fernández-López, J., Sendra, E., López-Vargas, J. H., & Pérez-Álvarez, J. A. (2010). Role of fiber in cardiovascular diseases: A review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(2), 240-258.

# Métodos de predicción de toxicidad en Seguridad Alimentaria

Josefa Tolosa Chelós<sup>1</sup>, Mónica Fernández Franzón<sup>2</sup>, Emilia Ferrer García<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universitat de València, [josefa.tolosa@uv.es](mailto:josefa.tolosa@uv.es)  OrcidId: 0000-0003-2260-5257 <sup>2</sup> Universitat de València, [monica.fernandez@uv.es](mailto:monica.fernandez@uv.es)  OrcidId: 0000-0001-6733-9648 <sup>3</sup> Universitat de València, [emilia.ferrer@uv.es](mailto:emilia.ferrer@uv.es)  OrcidId: 0000-0002-5198-2521

**Como citar:** J. Tolosa, M. Fernández-Franzón, E. Ferrer. 2023. Métodos de predicción de toxicidad en Seguridad Alimentaria. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

## Abstract

*Reinforcing safety "from the beginning to the end of the food chain" and providing an integrated and global response to ensure food safety has become an essential issue to ensure consumer confidence and guarantee the circulation of food products. The best way to address this challenge has been to base food legislation on risk analysis, and more specifically on risk assessment. Risk assessment consists of four fundamental steps, including hazard identification, toxicity characterization, exposure assessment, and risk characterization. To characterize the hazard, a qualitative and quantitative evaluation of the adverse effects caused by exposure to the substance to be evaluated is carried out. Traditionally, this has been done through experimental trials using animals. However, in recent years, alternative methods have become more relevant, such as in vitro and in silico tests, which can complement or, in some cases, even replace in vivo tests. This paper presents the sequence of steps necessary for the creation of QSAR (Quantitative Structure-Activity Relationship) computational models, which are in silico models widely used today in the evaluation of the toxicity of different chemical compounds.*

**Keywords:** QSAR, Food Safety, toxicity, risk assessment, in silico.

## Resumen

*Reforzar la seguridad «desde el principio hasta el final de la cadena alimentaria» y dar una respuesta integrada y global para asegurar la inocuidad de los alimentos se ha convertido en una cuestión imprescindible para asegurar la confianza de los consumidores y garantizar la circulación de los productos alimenticios. La mejor forma de abordar este reto ha sido basar la legislación alimentaria en el análisis del riesgo, y más concretamente en la evaluación del riesgo. La evaluación del riesgo se compone de cuatro etapas fundamentales, entre ellas la identificación del peligro, la caracterización de la toxicidad, la evaluación de la exposición y la caracterización del riesgo. Para caracterizar el peligro se lleva a cabo una evaluación cualitativa y cuantitativa de los efectos adversos ocasionados por la exposición a la sustancia a evaluar. Tradicionalmente, esto se ha realizado mediante ensayos de experimentación con animales. Sin embargo, en los últimos años han adquirido mayor relevancia los métodos alternativos, como los ensayos in vitro e in silico, que permiten complementar o, incluso en algunos casos sustituir, a los ensayos in vivo. En este trabajo se presenta la secuencia de pasos necesaria para la creación de modelos computacionales QSAR (Quantitative Structure-Activity Relationship), los cuales son modelos in silico ampliamente empleados hoy en día en la evaluación de la toxicidad de distintos compuestos químicos.*

**Palabras clave:** QSAR, Seguridad Alimentaria, toxicidad, evaluación del riesgo, in silico.

## 1 Introducción

De acuerdo con la definición de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), "existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimentarias y sus preferencias en cuanto a los alimentos, a fin de llevar una vida activa y sana".

De esta manera, se asume que existe seguridad alimentaria si se dan cuatro condiciones:

- Una oferta y disponibilidad de alimentos adecuadas.
- La estabilidad de la oferta sin fluctuaciones ni escasez en función de la estación o del año.
- El acceso a los alimentos o la capacidad para adquirirlos.
- Buena calidad e inocuidad de los alimentos.

En el entorno de los países de la Unión Europea (UE) la consecución de las tres primeras condiciones está generalizada, por lo que se podría decir que existe seguridad alimentaria cuando los alimentos están en buenas condiciones higiénicas y son inocuos para la salud.

Así, la Seguridad Alimentaria presenta una acepción adicional que es la de inocuidad de los alimentos. Se define la inocuidad alimentaria como la garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se elaboren y/o consuman de acuerdo con el uso previsto. El concepto de inocuidad alimentaria implica la prevención de la aparición de diferentes peligros en los alimentos, los cuales pueden clasificarse en tres categorías según si son peligros físicos, químicos o biológicos.

La inocuidad alimentaria es una preocupación mundial que afecta a la Salud Pública y al comercio internacional, la cual se ve influida por diferentes factores. Cabe destacar que dichos factores deben ser controlados para lograr la Seguridad Alimentaria y cumplir así con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con la misma, como son los ODS nº 2, 3, 12 y 17 (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>).

El modelo adoptado por la UE para tratar la Seguridad Alimentaria supone el control de toda la cadena, desde la granja o el campo hasta la mesa. "De la granja a la mesa" resume el trayecto que recorren los alimentos. En uno de los extremos de la cadena están los productores de materia prima, y en el otro están los ciudadanos que adquieren y consumen esos alimentos, es decir, los consumidores. Actualmente, en los países de la UE los alimentos son más seguros y hay más medidas de control e inspección que nunca para garantizar la seguridad alimentaria de un producto, desde que su materia prima se cultiva, cría o extrae, hasta que el producto es adquirido por el consumidor. Todos los eslabones de la cadena alimentaria tienen un papel y una responsabilidad para la consecución de la Seguridad Alimentaria.

De entre los factores citados anteriormente, las características de la cadena alimentaria, y más concretamente su complejidad, hace que el mantenimiento de la Seguridad e inocuidad Alimentaria en cada eslabón suponga un reto para la industria alimentaria. Entre estos retos destacan la incorporación de medidas higiénicas a lo largo de toda la cadena alimentaria, reforzar las normas establecidas por el *Codex* con un enfoque basado en el análisis del riesgo, tratar todos los peligros, no únicamente los de origen biológico (producidos principalmente por bacterias) y responder a nuevos enfoques en la evaluación de estos riesgos y peligros emergentes. Para lograr el mantenimiento de la Seguridad Alimentaria se realiza un análisis del riesgo que supone la exposición a determinados contaminantes a través de la dieta.

El análisis del riesgo permite proteger la salud mediante medidas eficaces y proporcionadas. Para ello, el método debe estar basado en los datos científicos disponibles y efectuarse de una manera independiente, objetiva y transparente. La evaluación del riesgo es la primera de las etapas en el análisis del riesgo. Se trata de un proceso sistemático y científico que evalúa la probabilidad de que ocurra un riesgo. Consiste en estudiar la información relativa a un posible peligro presente en

el alimento desde el punto de vista de su toxicidad y nivel de exposición, para emitir un informe crítico respecto al nivel de aceptación que se puede consentir sin que conlleve riesgos directos o indirectos para la salud del consumidor (FAO, 1992; Reglamento (CE) N° 178/2002).. Es un proceso con fundamento científico formado por cuatro etapas: identificación del peligro, caracterización del peligro, determinación o evaluación de la exposición y caracterización del riesgo (Vilanova y Cameán, 2012).

La identificación del peligro es el primer paso de la evaluación de riesgos. El objetivo de esta etapa es identificar los peligros para la salud que pueden presentarse en el alimento, bien por estar presente de origen (como por ejemplo residuos de plaguicidas o metales pesados, presencia de microorganismos patógenos, etc), por incorporarse al alimento durante la manipulación mediante una contaminación (*Listeria monocytogenes*) o por las características del proceso de elaboración (por ejemplo, la formación de acrilamida).

La caracterización del peligro es una etapa que pretende proporcionar una descripción de la gravedad y duración de los efectos adversos tras la ingestión del alimento que pueden derivar de la presencia del peligro en el alimento. La caracterización del peligro debe incluir la descripción de la gravedad y la evaluación de la relación dosis-respuesta. También debe tener en cuenta el proceso de enfermedad.

La determinación de la exposición consiste en calcular la cantidad de sustancia química o agente patógeno presente en el alimento y la posibilidad de que éstos se encuentren en el momento del consumo. Es decir, este apartado pretende determinar qué niveles de exposición al peligro existen o podrían ocurrir a través de la ingestión. La evaluación debe incluir el cálculo de la magnitud de la exposición humana, para ello se realiza una evaluación cualitativa o cuantitativa de:

- La ingestión probable del agente a través del alimento en cuestión y de otros alimentos que pudieran contenerlo.
- La exposición derivada de otras fuentes por las que también penetra la sustancia en el organismo: ocupacional, tabaco, cosméticos, contaminación ambiental, etc.

Por último, la caracterización del riesgo pretende integrar los resultados de todas las etapas anteriores, es decir, los resultados de la identificación del peligro, su caracterización y de la evaluación de la exposición. El resultado general será una estimación de la probabilidad de aparición de los efectos adversos del tóxico en la población objeto del estudio, incluyendo las incertidumbres de todas las estimaciones anteriores. El riesgo depende tanto de la toxicidad de la sustancia como de la probabilidad de que el individuo entre en contacto con él.

Como se ha comentado, para caracterizar el peligro se lleva a cabo una evaluación cualitativa y cuantitativa de los efectos adversos ocasionados por la exposición a la sustancia a evaluar. Tradicionalmente, esto se ha realizado mediante ensayos de experimentación con animales (in vivo). Sin embargo, en los últimos años han adquirido mayor relevancia los métodos alternativos, como los ensayos *in vitro* e *in silico*, que permiten complementar o, incluso en algunos casos sustituir, a los ensayos *in vivo* (Ambure et al., 2020).

Desde la industria agroalimentaria se puede contribuir en gran medida a la consecución de un alto nivel de Seguridad Alimentaria a través de la evaluación de la toxicidad de diferentes compuestos y sustancias químicas que pueden estar presentes en los alimentos, bien de manera natural (contaminantes) o por el procesado o tratamiento de los alimentos (tóxicos derivados del procesado). Con esta finalidad se emplean hoy en día diferentes técnicas complementarias que permiten predecir los efectos adversos causados por los contaminantes alimentarios. Dichas técnicas se agrupan dentro de los métodos alternativos *in silico*, los cuales hacen referencia a distintos procedimientos computacionales y estadísticos, los cuales permiten reducir el empleo de ensayos con animales (Ambure et al., 2020).

Gracias a la evolución de las técnicas computacionales, disponemos de potentes herramientas para la gestión de datos y el desarrollo de cálculos matemáticos complejos. En este contexto de avance surge la quimioinformática, uno de los campos más relevantes dentro de los métodos alternativos, como la combinación de métodos computacionales para transformar datos en información y

la información en conocimiento (Gozalbes et al., 2014).

Gracias a la quimioinformática, podemos recopilar, clasificar y ordenar grandes cantidades de datos obtenidos experimentalmente. Estos datos se analizan para encontrar características diferenciadoras, a partir de las cuales se determinan patrones de comportamiento de los compuestos, que se recogen en modelos matemáticos. Los modelos quimioinformáticos de relación estructura-actividad (o SAR, *Structure-Activity Relationship*) empezaron siendo fórmulas matemáticas, pero, gracias al avance de las técnicas informáticas, han alcanzado grandes niveles de complejidad y exactitud, incluyendo el uso de la inteligencia artificial con técnicas de aprendizaje artificial y/o profundo (*machine learning*, *deep learning*) (Ambure et al., 2021). De hecho, son características comunes a los diferentes ámbitos de la bioinformática su gran escala (el uso de *big data* o gran cantidad de datos sobre compuestos y su actividad) y su objetivo doble de, por un lado, comprender las relaciones entre la estructura y la actividad de los compuestos y, por otro, predecirla en compuestos cuya bioactividad u otras propiedades son desconocidas.

Estos modelos producen predicciones en muy diversos ámbitos, desde las propiedades fisicoquímicas, de interacciones con otros compuestos o macromoléculas (proteínas, ARN, ADN...), de bioactividad, de propiedades ADME (absorción, distribución, metabolismo y excreción de los compuestos), de toxicidad humana o ambiental (ecotoxicidad) (Gozalbes y Julián-Ortiz, 2018; Tolosa et al., 2018), e incluso de eficacia en el tratamiento de una enfermedad de interés. El rendimiento de estos modelos se evalúa y mejora mediante nuevos experimentos, que comparan los datos reales con las predicciones y se utilizan para perfeccionarlas, en un proceso conocido como aprendizaje inducido.

Los métodos más empleados en la actualidad son los modelos QSAR (Quantitative Structure-Activity Relationship), los cuales se generan usando métodos estadísticos o métodos de aprendizaje automático que utilizan la correlación entre los descriptores moleculares y la propiedad biológica o química estudiada, como se verá más adelante. Entre los métodos más utilizados en los modelos QSAR están la regresión lineal múltiple (MLR), el algoritmo de  $k$  vecinos más próximos (*k-nearest neighbours*), las máquinas de vectores de soporte (*support vector machines*), redes neuronales, etc. Estos métodos nos permiten realizar tanto predicciones cualitativas como cuantitativas.

## 2 Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es describir los pasos a seguir para la construcción de modelos computacionales QSAR que permitan evaluar los diferentes tipos de efectos tóxicos causados por de los diferentes contaminantes presentes en alimentos. Esta información puede ser utilizada posteriormente en la industria y en el ámbito regulatorio, proporcionando datos más precisos y permitiendo así establecer medidas fiables de seguridad para los consumidores, al tiempo que permite reducir el empleo de ensayos *in vivo*.

## 3 Desarrollo de la innovación y metodología

En este proyecto se plantea el desarrollo y validación de una serie de modelos computacionales QSAR para la predicción de efectos tóxicos producidos por contaminantes alimentarios. Esto permitirá el desarrollo de modelos computacionales que permitan establecer la toxicidad de diferentes compuestos y sus metabolitos con diferentes estructuras químicas y diversas propiedades.

Para el desarrollo de estas herramientas, se propone el empleo de tecnologías computacionales de vanguardia, como la quimioinformática, la cual ha demostrado previamente sus ventajas para economizar tiempo y recursos, así como su facilidad de aplicación a grandes bases de datos de compuestos químicos para la selección de los mejores candidatos y el bajo coste necesario para su desarrollo.

La principal innovación de este proyecto es la identificación fiable y robusta de aquellos compuestos seguros y no seguros en términos de toxicidad para los seres

humanos a través del desarrollo y la aplicación de los modelos creados. Esto se desarrollará a través de tres enfoques innovadores:

1. Aplicación de algoritmos predictivos basados en los mecanismos de acción demostrados por los que se producen las reacciones adversas en la producción de toxicidad de diferentes compuestos.
2. El desarrollo y empleo de modelos QSAR para determinar cuáles son los llamados “Eventos de Iniciación Molecular” por los que se generan los efectos adversos.
3. Un enfoque pragmático para seleccionar ensayos predictivos mediante la comparación de la capacidad de diferentes ensayos para discriminar entre “pares tóxicos” y “no tóxicos” de compuestos relacionados (enfoque de “pares combinados”).

El empleo de los modelos computacionales permite la predicción de la toxicidad causada por diversos contaminantes alimentarios, como, por ejemplo, las micotoxinas, de manera eficaz y la comprensión de los mecanismos de acción de la producción de los efectos tóxicos, siendo promovido su empleo por Organizaciones como ECHA (Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas) y EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria). Esta combinación es una característica innovadora clave de esta propuesta, especialmente para llevar a cabo la evaluación del riesgo con fines regulatorios.

Además, la evaluación de los riesgos químicos mediante estas técnicas quimiinformáticas con fines regulatorios es una característica innovadora clave de esta propuesta.

Para la construcción de los modelos QSAR desarrollados se han seguido los pasos y etapas descritos a continuación:

### **3.1 Generación de una base de datos experimentales**

En primer lugar, se recopila el mayor número de datos experimentales para el parámetro que se pretende determinar (por ejemplo, mutagenicidad, carcinogenicidad, genotoxicidad, etc). En este punto es muy importante definir claramente el parámetro que se pretende evaluar y seleccionar correctamente el ensayo realizado para determinar dicho parámetro. En segundo lugar, es de vital importancia seleccionar adecuadamente los datos de entrada que formarán parte de la base de datos, ya que estos datos se emplearán para generar el modelo de predicción, por lo que si son dudosos la capacidad de predicción del modelo generado se verá reducida.

### **3.2 Cálculo de descriptores**

El desarrollo de los modelos QSAR requiere la caracterización previa de las moléculas cuyas propiedades se conocen mediante descriptores numéricos. Es decir, la estructura química de los compuestos se transforma en unos ‘descriptores’ o parámetros que asocian valores numéricos a cada compuesto en función de diferentes características de su estructura. Así, los modelos QSAR se basan en el cálculo de descriptores moleculares, los cuales permiten cuantificar propiedades calculadas a partir de la estructura de las moléculas, de ahí la relación estructura-actividad que le da nombre. Estos descriptores pueden ser de distintos tipos, desde fisicoquímicos (por ejemplo, número de átomos de cada elemento que posee la molécula), topológicas (relación uni- o bidimensional entre diferentes átomos de la molécula), estructurales (relación tridimensional), etc. De esta manera, cada molécula puede ser caracterizada por cientos o incluso miles de descriptores.

### **3.3 Clasificación de los compuestos en grupos de entrenamiento y validación**

Con todos los datos disponibles, se separan los datos en dos grupos. El grupo de entrenamiento es con el que se genera el modelo, mientras que el grupo de validación servirá para comprobar la fiabilidad del modelo. Dependiendo del tamaño

de la base de datos, es decir, del número de compuestos incluidos en ésta, el porcentaje de división puede oscilar entre 75-80% para el conjunto de datos empleados para la generación del modelo (entrenamiento) y 25-20% para el conjunto de datos empleados para comprobar la capacidad de predicción del modelo (validación). Dicha separación de los datos se realiza de manera aleatoria.

### 3.4 Selección de descriptores

De los cientos (incluso miles) de descriptores que se calculan para cada molécula, se seleccionan aquellos que mejor representen la propiedad de estudio para el grupo de entrenamiento. Para ello se usan métodos estadísticos como, por ejemplo, el análisis discriminante.

### 3.5 Generación del modelo

Se crea el modelo sobre el conjunto de entrenamiento, utilizando diferentes técnicas para generar un modelo predictivo. El número de algoritmos y técnicas estadísticas útiles para llevar a cabo el modelado QSAR es muy amplio y su selección depende de la naturaleza del conjunto de datos con los que se trabaja y del tipo de predicción que se desea obtener. De esta manera, podemos generar un modelo cualitativo o cuantitativo.

Métodos cualitativos: permiten obtener clasificaciones binarias, -tipo "activo/inactivo". Técnica representativa: Análisis Lineal Discriminante (LDA).

Métodos cuantitativos: permiten una cuantificación del parámetro que se pretende predecir. Técnica representativa: Regresión Lineal Múltiple (MLR).

### 3.6 Validación del modelo

El grupo de validación, el cual contiene el 20-25% de los datos recopilados inicialmente, se utiliza para determinar la fiabilidad del modelo. Como se ha visto anteriormente, el grupo de validación está compuesto por resultados experimentales para los que se conoce el valor real de la propiedad en cuestión, y, así, podremos compararlo con el valor predicho por nuestro modelo, comprobando la precisión, sensibilidad y especificidad del modelo generado. Los resultados se representan comúnmente en la conocida como matriz de confusión, en la cual se observan los datos experimentales y los datos predichos por el modelo generado (Figura 1). La exactitud indica la capacidad de predicción general del modelo, mientras que la especificidad indica la capacidad del modelo de predecir como negativas aquellas moléculas cuyo valor experimental es negativo (por ejemplo, no mutágenas) y la sensibilidad indica la capacidad del modelo de predecir como positivas aquellas moléculas que realmente lo son (por ejemplo, mutágenas). Una vez desarrollado y validado el modelo QSAR, éste puede emplearse como herramienta de predicción de la propiedad/actividad de nuevas moléculas con estructuras químicas conocidas pero cuya actividad desconocemos.

Valores experimentales	Predicciones QSAR		
	No mutágeno	Mutágeno	
No mutágeno	9	3	75% (Especificidad)
Mutágeno	1	11	92% (Sensibilidad)
Total (%)	90 (% pred NEG)	79 (% pred POS)	83% (Exactitud)

**Figura 1.** Matriz de confusión donde se muestran los valores experimentales y predichos por el modelo generado.

## 4 Resultados

Siguiendo los pasos descritos anteriormente en la sección de Metodología se ha llevado a cabo la creación de 3 modelos QSAR de predicción de toxicidad. Los parámetros seleccionados han sido mutagenicidad, genotoxicidad y carcinogenicidad y como compuestos se han seleccionado las micotoxinas, ya que son contaminantes cuya presencia es relativamente frecuente en alimentos. Aunque se conoce un amplio número de micotoxinas, solo unas pocas se encuentran legisladas, debido a la escasez de datos sobre la toxicidad de muchas otras micotoxinas. Por ello, el empleo de estos modelos de predicción permitirá predecir los efectos mutágenos, genotóxicos y carcinógenos de un amplio número de micotoxinas para las que no se conocen dichos efectos. Estos resultados se encuentran pendientes de publicación en una revista indexada en JCR (Journal Citation Reports) y con un alto índice de impacto.

## 5 Conclusiones

Los modelos computacionales QSAR han mostrado ser una herramienta muy útil como técnica complementaria o de cribado en la predicción de la toxicidad de diversos compuestos químicos.

Se han desarrollado varios modelos capaces de clasificar correctamente más del 80% de los compuestos incluidos tanto en el conjunto de entrenamiento como en el de validación (75% - 25% respectivamente). Los modelos generados son aceptables desde un punto de vista regulatorio, suponiendo así una herramienta valiosa para evaluar la mutagenicidad, genotoxicidad y carcinogenicidad de micotoxinas no reguladas y priorizar las micotoxinas con fines regulatorios. Así, se pretende integrar estos modelos en una herramienta *in silico*, diseñada específicamente para la predicción de la toxicidad de micotoxinas.

## 6 Agradecimientos

Este Proyecto ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (PID2020-115871RB-I00 y Torres Quevedo MicotoXilico PTQ2020-011477) y por la Conselleria d'Innovació, Universitats, Ciència i Societat Digital (AEST/2021/077).

## 7 Referencias bibliográficas

Ambure, P., Ballesteros, A., Huertas, F., Camilleri, P., Barigye, S. J., & Gozalbes, R. (2020). Development of generalized QSAR models for predicting cytotoxicity and genotoxicity of metal oxides nanoparticles. *International Journal of Quantitative Structure-Property Relationships*, 5(4), 83-100.

Ambure, P., Barigye, S. J., & Gozalbes, R. (2021). Machine Learning Approaches in Computational Toxicology Studies. *Chemometrics and Cheminformatics in Aquatic Toxicology*, 125-155.

Gozalbes, R., de Julián-Ortiz, J. V., & Fito-López, C. (2014). Métodos computacionales en toxicología predictiva: aplicación a la reducción de ensayos con animales en el contexto de la legislación comunitaria REACH. *Revista de Toxicología*, 31(2), 157-167.

Gozalbes, R., & de Julián-Ortiz, J. V. (2018). Applications of chemoinformatics in predictive toxicology for regulatory purposes, especially in the context of the EU REACH legislation. *International Journal of Quantitative Structure-Property Relationships (IJQSPR)*, 3(1), 1-24.

Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. (1992). *Codex alimentarius*. Food & Agriculture Org.

Reglamento (CE) n.º 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002,

por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, (31), 1-24.

Tolosa, J., Goya-Jorge, E., Gozalbes, R., & Ortiz, J. V. D. J. (2018). Herramientas computacionales para la evaluación de la ecotoxicidad de biocidas. *Revista de Toxicología*, 35(1).

Vilanova, E., & Cameán, A. M. (2012). Evaluación de los riesgos. En *Toxicología Alimentaria* pp. 124-139. Ediciones Díaz de Santos.

# Alternativa asequible para pequeños comercios que permite la monitorización de variables que afectan a la maduración de las frutas

Carmen Martínez-Alonso, Felipe Franco Campos, Yelko Rodríguez-Carrasco<sup>1</sup>,  
María-José Ruíz Leal<sup>2</sup>

Laboratorio de química de los alimentos y toxicología, Facultad de Farmacia, Universitat de València, <sup>1</sup>[yelko.rodriguez-carrasco@uv.es](mailto:yelko.rodriguez-carrasco@uv.es)  OrcidId: 0000-0002-6421-218X <sup>2</sup>[m.jose.ruiz@uv.es](mailto:m.jose.ruiz@uv.es)  OrcidId:0000-0003-4174-6688

**Como citar:** C. Martínez-Alonso, F. Franco, Y. Rodríguez-Carrasco, M-J. Ruíz. Alternativa asequible para pequeños comercios que permite la monitorización de variables que afectan a la maduración de las frutas. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

## Abstract

*Due to the progressive accumulation of greenhouse gases in the atmosphere, progressive variations in temperature and humidity have been observed throughout the world in recent years. This is important since these parameters together with ethylene gas are crucial factors in the ripening and deterioration of fruits. Large supermarket chains use refrigeration as the optimal measure to control all these variables, whose limitation with other local businesses is the high cost of implementing them. The foregoing generates that in these small local businesses, the fruits are kept at ambient temperature during the summer and winter seasons. Different ethylene gas sensors and filters are an economical and fast alternative to alert the store owner that the conditions in which they keep their products are not optimal when they suffer variations and thus, they can take corrective measures to protect these products from its rapid maturation and contamination with mycotoxigenic fungi, which can proliferate under certain storage conditions.*

**Keywords:** Fruits, sensors, maturation, contamination

## Resumen

*Debido a la progresiva acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, durante los últimos años se han observado variaciones progresivas de temperatura y humedad en todo el mundo. Estos parámetros, junto al gas etileno, son cruciales en la maduración y deterioro de frutas. Las grandes cadenas de supermercados utilizan la refrigeración como medida óptima para controlar estas variables, cuyo factor limitante es el alto costo de estos aparatos. Esto, causa que en los pequeños comercios locales se mantengan las frutas a temperatura ambiente durante épocas de verano e invierno. Por ello, el uso de sensores y filtros de gas de etileno son una alternativa económica y rápida para alertar al propietario del pequeño comercio de que las condiciones en las que mantiene sus productos no son las óptimas y así, pueda tomar medidas correctivas para proteger estos productos de su rápida maduración y contaminación con hongos micotoxigénicos, los cuales pueden proliferar en ciertas condiciones de almacenaje.*

**Palabras clave:** Frutas, sensores, maduración, contaminación

## 1 Introducción

El clima del planeta ha sufrido un período de cambios significativos desde mediados del siglo XX, como lo demuestra el aumento de la temperatura global del aire y los océanos (IPPC, 2021). Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera debidas principalmente a la quema de combustibles fósiles han provocado un aumento de la temperatura media de la superficie terrestre en aproximadamente 1.18°C desde finales del siglo XIX. Tanto el incremento de la temperatura como de la humedad ambiental repercuten junto al gas etileno en la conservación de las frutas.

La temperatura es un factor crítico en la maduración y preservación de las frutas acelerando directamente las reacciones bioquímicas que ocurren durante este proceso. El etileno (conocido como “hormona de la maduración”) es producido por muchas frutas de forma natural y provoca en ellas una maduración temprana y un rápido deterioro con pérdida de su textura y sabor (Koshita, 2015). Por otro lado, la humedad puede influir en el proceso de maduración de la fruta debido a que afecta directamente el intercambio gaseoso que genera en éstas entre el oxígeno y CO<sub>2</sub> (Lee et al. 2019). Altos niveles de humedad dificultan este intercambio gaseoso manteniendo durante más tiempo el etileno en el interior de la fruta y acelerando consecuentemente su maduración. Por otra parte, la alta humedad y la temperatura generan de forma directa un aumento en la aparición de bacterias y hongos micotoxigénicos capaces de proliferar en estas condiciones, como por ejemplo las especies de *Aspergillus* y *Penicillium*, productoras de micotoxinas que presentan un riesgo importante para la salud pública (Wu et al. 2014).

El principal método utilizado para proteger a las frutas durante el almacenamiento es la refrigeración, la cual minimiza los procesos fisiológicos como respiración, transpiración y producción de etileno, alargando la vida útil postcosecha de las mismas. Los supermercados desempeñan un papel crucial en la cadena de suministro de alimentos, y la correcta manipulación y almacenamiento de éstas permite, además, mantener su frescura y correcto valor nutricional, beneficiando tanto a los productores como a los consumidores debido que al almacenar durante más tiempo las frutas, se reducen las pérdidas económicas y minimiza el desperdicio de alimentos.

Si bien los supermercados de grandes cadenas tienen sus estándares mínimos de calidad para poder mantener la mayor vida útil posible de la fruta implementar todos los sistemas mencionados ocasionan grandes beneficios económicos. No obstante, los pequeños comercios, los cuales no disponen de los recursos económicos para utilizar estos sistemas, prefieren un modelo económico de venta donde la calidad de los productos sea óptima, aunque la durabilidad de los alimentos sea menor y mayor el desperdicio alimentario.

El desperdicio de alimentos es un problema global que ocurre a lo largo de la cadena alimentaria, desde la producción primaria hasta el consumo. El exceso de desperdicios es señal de un funcionamiento ineficiente de los sistemas alimentarios y de una falta de concienciación social. Los resultados del estudio de La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) sobre pérdidas económicas por desperdicio de alimentos en el mundo indican que en torno del 30% de la producción alimentaria se pierde o desperdicia. En 2021, el desperdicio total se situó en 1.258,88 millones de kg a la semana en los hogares españoles según datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) (MAPA, 2023). A fin de minimizar esta problemática, la FAO trabaja con gobiernos, organizaciones internacionales, el sector privado y la sociedad civil para concienciar sobre los problemas que el desperdicio de alimentos genera e implementar medidas para abordarlos. Para fomentar la concienciación frente a este problema, se declaró el 29 de septiembre como el Día internacional contra el desperdicio de alimentos. Por su parte, la UE y los Estados miembros se han comprometido a alcanzar la Meta 12.3 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados en septiembre de 2015. Este objetivo se basa en reducir a la mitad el desperdicio de alimentos per cápita para 2030

y reducir la pérdida general de alimentos a lo largo de la cadena alimentaria. Para lograrlo, la Comisión Europea creó en 2016 una plataforma dedicada a prevenir la pérdida y el desperdicio de alimentos en la que se involucra a múltiples partes interesadas. A nivel nacional, el MAPA lanzó en 2013 la Estrategia “Más alimento, menos desperdicio”, una iniciativa para, además de limitar la pérdida y el desperdicio de alimentos poner en auge la valorización de los alimentos desechados. De igual modo, con la Estrategia de “Economía Circular – España 2030” se pretende reducir la generación de residuos de alimentos en toda la cadena alimentaria. Recientemente, el Consejo de Ministros aprobó el proyecto de Ley de Prevención de las Pérdidas y el Desperdicio Alimentario, que se espera entre en vigor durante el primer semestre de 2023. Esta normativa, es la primera que se regula en España sobre la materia y establece una jerarquía de prioridades, facilita las donaciones de alimentos, ayuda a satisfacer las necesidades alimentarias de los más vulnerables y apoya una producción y un consumo más sostenible. Además de sensibilizar, capacitar y movilizar a todos los actores de la cadena alimentaria en relación con una adecuada gestión e información alimentaria.

En línea con lo anteriormente expuesto y sensibilizados con las consecuencias que genera la pérdida y el desperdicio alimentario, se propone la creación de nuevas tecnologías o medidas que ayuden a disminuir estas cifras y a prolongar la duración de las frutas manteniendo su correcta inocuidad.

## **2 Objetivo**

El objetivo general de este proyecto es la implementación de sensores de temperatura y humedad, conectados a una interfaz informática que monitoriza las variaciones de estos parámetros, los cuales junto a los filtros de etileno permitirán un adecuado control de la maduración e inocuidad de las frutas.

## **3 Metodología**

El producto propuesto destaca por su bajo coste, y está pensado como una solución alternativa para que pequeños comercios puedan tener un sistema de alerta, y así tomar medidas correctivas para aumentar la vida útil de los alimentos, evitando así la generación de desperdicios alimentarios. Para llevar a cabo esta idea innovadora se necesitan los aparatos que se muestran a continuación:

### **3.1 Sensores de temperatura y humedad**

Para monitorizar las condiciones de temperatura y humedad en las que se encuentran diferentes frutas/verduras en estos pequeños comercios, se agruparán las frutas en función de las condiciones óptimas de almacenamiento que éstas tengan y se dejarán diferentes sensores acoplados a placas microcontroladoras y comunicados con una interfaz (aplicación móvil). Se asignan condiciones máximas y mínimas para cada sensor y cada vez que uno de estos parámetros alcance dicho umbral se alertará directamente al móvil del trabajador o propietario del comercio para que así pueda aplicar medidas correctivas y mantener sus productos en las mejores condiciones posibles. Es importante destacar que estos sensores son una alternativa muy económica en comparación con otros sistemas utilizados en grandes cadenas de supermercado y son totalmente reciclables, pudiendo reutilizarse sus diferentes componentes.

### **3.2 Filtros de etileno**

Con el objetivo de evitar la excesiva maduración de frutas y el desperdicio alimentario en estos pequeños locales se instalarán filtros de etileno. Estos son hechos con granulado de arcilla especialmente tratada y procesada para tener propiedades absorbentes de gas etileno. Estos, presentan una alta compatibilidad con la agricultura ecológica dado que no dejan ningún tipo de residuo en las frutas y son 100% reciclables.

La utilización e implementación de los filtros es sencilla, económica y muy efectiva.

### **3.3 Sistema de alerta**

Todos los sensores utilizados se conectarán mediante una red Wi-Fi a una interfaz informática (aplicación móvil) que generará alertas cada vez que uno de estos detecte un valor de temperatura o humedad inferior o superior al rango definido previamente, así como cuando las arcillas hayan alcanzado su máximo de absorción/retención de etileno (en base a lo estipulado por la FAO). Para lo anterior se agruparán las frutas en base a sus diferentes rangos y se utilizará un filtro particular por diferentes grupos. En la interfaz móvil se podrá tener registro y estadísticas en tiempo real de las fluctuaciones de los parámetros registrados y así, el propietario del comercio podrá tener una idea general de las variaciones de esta por semanas, meses y temporada.

## **4 Adecuación de la estrategia propuesta a ODS y sostenibilidad**

La idea de innovación en seguridad agroalimentaria se encuentra estrechamente unida a la consecución de ciertos ODS 2030 para lograr un futuro mejor y más sostenible para todos. En primer lugar, esta idea se relaciona con el objetivo n°2 “Hambre cero” donde se intenta poner fin al hambre y asegurar el igual acceso a todas las personas a una alimentación sana, nutritiva y suficiente, manteniendo alimentos importantes de la pirámide de alimentación saludable en óptimo estado. Por otro lado, la idea está enmarcada, también, en alcanzar el objetivo n°3 “Salud y bienestar de la población” que garantiza una vida sana y promueve el bienestar en todas las edades. Por último, también abarca al objetivo n°12 “Producción y consumo responsable”, el cual trata de garantizar con la aplicación de un sistema sencillo una producción sostenible. En cuanto a la sostenibilidad, el producto final que se propone se caracteriza por ser económico (30-40€), de instalación fácil, no se requiere un nivel informático avanzado para los usuarios y proporciona un efecto directo tanto en las personas que adquieren nuestro producto como en la población consumidora de frutas en estos mercados locales. Por otra parte, en este proyecto se utilizarán materiales reciclables y con una vida útil muy prolongada que beneficia directamente al medio ambiente.

## **5 Conclusiones**

La implementación de sensores de temperatura y humedad, así como de filtros de etileno en los pequeños comercios locales de frutas que no cuentan con el capital suficiente para disponer de grandes refrigeradores sería una idea innovadora agroalimentaria excelente. Con ella, estos pequeños comercios podrían proteger todas sus frutas de la maduración prematura o deterioro y disminuir pérdidas y residuos alimentarios.

## **6 Referencias bibliográficas**

IPCC Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Revisado el 05 de Mayo 2023). Disponible en: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM\\_final.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf)

Koshita, Y. (2015). Effect of Temperature on Fruit Color Development. In: Kanayama, Y., Kochetov, A. (eds) *Abiotic Stress Biology in Horticultural Plants*. Springer, Tokyo. [https://doi.org/10.1007/978-4-431-55251-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-4-431-55251-2_4)

Lee, J., Mattheis, J. P., Rudell, D. R. (2019). High Storage Humidity Affects Fruit Quality Attributes and Incidence of Fruit Cracking in Cold-stored ‘Royal Gala’ Apples, *HortScience horts*, 54(1), 149-154. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13406-18>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2021): Informe del desperdicio alimentario en España 2021. (Revisado el 06 de Mayo 2023). Disponible en [https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/desperdicio/07052022\\_desperdicio\\_alimentario\\_2021\\_v2\\_tcm30-626538.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/desperdicio/07052022_desperdicio_alimentario_2021_v2_tcm30-626538.pdf).

Wu, F., Groopman, J.D., Pestka, J.J. (2014). Public health impacts of foodborne mycotoxins. *Annu Rev Food Sci Technol.* 5, 351-72. doi: 10.1146/annurev-food-030713-092431. Epub 2014 Jan 9. PMID: 24422587.



## Impacto de los pulsos eléctricos y el procesamiento a altas presiones en la mitigación de micotoxinas \*

Noelia Pallarés Barrachina<sup>1</sup>, Albert Sebastià Duque<sup>2</sup>, Mara Calleja-Gómez<sup>3</sup>, Juan Manuel Castagnini<sup>4</sup>, Emilia Ferrer García<sup>5</sup>, Francisco J. Barba Orellana<sup>6</sup>, Houda Berrada Ramdani<sup>7</sup>

Universitat de València, <sup>1</sup>[noelia.pallares@uv.es](mailto:noelia.pallares@uv.es) OrcidId 0000-0001-8018-3959, <sup>2</sup>[albert.sebastia@uv.es](mailto:albert.sebastia@uv.es) OrcidId: 0000-0002-0497-5871, <sup>3</sup>[macago4@alumni.uv.es](mailto:macago4@alumni.uv.es) OrcidId: 0000-0003-1444-9995, <sup>4</sup>[juan.castagnini@uv.es](mailto:juan.castagnini@uv.es) OrcidId: 0000-0002-3659-3640, <sup>5</sup>[Emilia.ferrer@uv.es](mailto:Emilia.ferrer@uv.es) OrcidId: 0000-0002-5198-2521, <sup>6</sup>[francisco.barba@uv.es](mailto:francisco.barba@uv.es) OrcidId: 0000-0002-5630-3989, <sup>7</sup>[Houda.berrada@uv.es](mailto:Houda.berrada@uv.es) OrcidId: 0000-0001-7302-5282

**Como citar:** N. Pallarés, A. Sebastià, M. Calleja-Gómez, J.M. Castagnini, E. Ferrer, F.J. Barba, H. Berrada. 2023 Impact of Pulsed Electric Fields and High-Pressure Processing on mycotoxins mitigation En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

### Abstract

Nowadays consumers are seeking food security along with excellent nutritional and sensory food properties on their food purchase. The food industry, in this sense, is carrying out the implementation of sustainable technologies able to reduce contaminants like mycotoxins in highly consumed food such as cereals, dried fruits, spices, coffee, fruits and their by-products.

Pulsed electric field (PEF) technology applies electrical treatments of different electric field strength for short periods of time to food placed between two electrodes in static batches to enhance pore formation and increase permeability of biological membranes while High hydrostatic pressure (HPP) units consist of a horizontal HP vessel that generate external pressure that will be transmitted uniformly and instantaneously throughout the selected food matrix.

HPP and PEF technologies are explored as a green innovative food processing alternative for food processing for aflatoxins and enniatins reduction in several fruit juice-based beverages keeping the nutritive properties of the products. Mycotoxins were then extracted by dispersive liquid-liquid microextraction (DLLME) and determined by HPLC-MS/MS-IT. The effect of the explored techniques has also been compared with a conventional treatment performed at 90 °C during 21 s and resulted more effective than thermal treatment. Both HPP and PEF techniques showed measurable impact on mycotoxins levels with reduction percentages up to 80% being an effective tool to incorporate to food industry in order to reach mycotoxins reduction.

**Keywords:** Mitigation; mycotoxins; PEF; HPP.

### Resumen

Hoy en día los consumidores exigen que los alimentos cumplan con los criterios de seguridad alimentaria además de tener excelentes propiedades nutricionales y sensoriales. La industria alimentaria, en este sentido, trata de optimizar y aplicar tecnologías capaces de reducir contaminantes como las micotoxinas en alimentos de alto consumo como cereales, frutos secos, especias, café, frutas y sus derivados.

La tecnología basada en los campos eléctricos de alta intensidad (PEF) aplica tratamientos eléctricos de diferente intensidad durante cortos periodos de tiempo a los alimentos colocados entre dos electrodos para mejorar la formación de poros y aumentar la permeabilidad de las membranas biológicas, mientras que los equipos de altas presiones hidrostática (HPP) generan una presión que se transmite de manera uniforme e instantánea a lo largo de la matriz alimentaria.

Las tecnologías PEF y HPP se exploran en este trabajo como posible alternativa innovadora y sostenible para la reducción de aflatoxinas y eniatinas en zumos a base de fruta manteniendo sus propiedades nutritivas. Después del tratamiento, las micotoxinas se extraen de las muestras mediante microextracción líquido-líquido dispersiva (DLLME) y se determinan mediante HPLC-MS/MS-IT siguiendo un método optimizado por nuestro equipo previamente. Tanto las técnicas HPP como PEF mostraron un impacto medible en los niveles de micotoxinas con porcentajes de reducción de hasta el 80 %. El efecto obtenido resultó más eficaz que el tratamiento térmico convencional realizado a 90 °C durante 21 s., siendo una herramienta eficaz para incorporar a la industria alimentaria con el fin de alcanzar la reducción de micotoxinas.

**Palabras clave:** Mitigación, micotoxinas, HPP, PEF

---

\*Proyecto financiado por PID2020-115871RB-100, AICO/2021/037 e IDIFEDER/2018/046

## 1 Introducción

El consumo de zumos a base de frutas está de moda hoy en día, para cumplir con las metas de cinco raciones diarias de frutas y verduras. Los zumos de frutas son consumidos principalmente por niños y personas que buscan dietas de mayor calidad por su frescura y bajo aporte calórico. La mayoría de los efectos beneficiosos de las verduras y frutas se atribuyen al alto contenido de vitaminas, minerales y compuestos fenólicos.

Los zumos se han contemplado durante años como una opción muy sana, pero su elevado contenido en azúcar pone entre dicho esta opción en los últimos años (Mandappa et al., 2018). Además, la pasteurización utilizada como método estándar para extender la vida útil de los zumos puede reducir, y en algunos casos causar la pérdida de vitaminas y compuestos aromáticos (Picart-Palmade et al., 2019).

Por lo tanto, las técnicas de procesamiento no térmicas han surgido en la industria alimentaria como una alternativa sostenible para superar las limitaciones del tratamiento tradicional con el objetivo de mantener el alto valor nutricional de los alimentos procesados con el mínimo cambio posible en la textura (Knorr et al., 2011).

La aplicación de los campos eléctricos de alta intensidad (PEF) para inactivar microorganismos, esporas y enzimas se ha popularizado gradualmente para alimentos líquidos. Así mismo, el producto alimenticio, ya sea líquido o sólido, se expone a un campo eléctrico que provoca la formación de poros y el aumento de la permeabilidad de la membrana celular.

El procesamiento por PEF se logra aplicando repetidamente pulsos con un campo eléctrico cuya fuerza se puede modular, a la matriz alimentaria situada entre dos electrodos. El tratamiento consiste en fuerza de campo eléctrico entre 15-100 kv/cm durante escasos segundos (Gabrić et al., 2018). Hay una variedad de sistemas PEF disponibles según el uso previsto. El sistema normalmente incluye un modulador de pulso y una o más cámaras de tratamiento. La cámara de tratamiento se puede dividir en continua y estática.

Para alimentos líquidos y semisólidos, se usa un procesamiento continuo, las opciones típicas son el tratamiento coaxial, colineal y continuo que se usan para alimentos bombeables como los zumos.

Por otro lado, la cámara de tratamiento estático está cerrada y contiene electrodos de placas paralelas. Que tiene la ventaja de un diseño simple y una distribución uniforme del campo eléctrico. La cámara de tratamiento estático es más adecuada para procesar alimentos sólidos (Knorr et al., 2011; Misra et al., 2018).

En cuanto a los equipos de altas presiones hidrostática (HPP) se rigen por el

principio de le chatelier. La presión se transmite uniformemente a través del sistema alimentario. La presión aplicada oscila entre 100 y 600 MPa, utilizando temperaturas entre 4 y 20 grados y periodos de tratamiento entre segundos y minutos (Muntean et al., 2016; Picart-Palmade et al., 2019). Actualmente estamos colaborando con un equipo de la empresa Hiperbaric, ubicada en Burgos, capaz de producir una presión máxima de trabajo de 600 MPa.

Se suele emplear agua como medio de transferencia de presión que registra unos aumentos de temperatura en las muestras durante el proceso de presurización debido al calor adiabático de aproximadamente  $3\text{ }^{\circ}\text{C} = 100\text{ MPa}$ , lo que lleva a las muestras a temperaturas de  $42+2\text{ }^{\circ}\text{C}$  en las condiciones operativas. El tratamiento HPP se aplica para la conservación industrial de zumos desde 1994. Así mismo, España es líder en la oferta de zumos y batidos frescos del mercado (Barba et al., 2015).

Las micotoxinas son contaminantes naturales tóxicos de alimentos y piensos producidos por varios hongos de los géneros *Aspergillus*, *Alternaria*, *Fusarium* y *Penicillium*. La contaminación puede ocurrir durante la precosecha o en la postcosecha, procesamiento, empaque, distribución y almacenamiento. Las prácticas de fabricación pueden promover el crecimiento de hongos y, en consecuencia, el riesgo de producción de micotoxinas. En general, las micotoxinas son térmicamente estables durante el procesado de alimentos (Luo et al., 2018). En cuanto a las micotoxinas más relevantes en los alimentos, las aflatoxinas (AF) son producidos por especies de *Aspergillus*; ocratoxina A (OTA) por *Aspergillus* y *Penicillium*; tricotecenos, zearalenona (ZEA), fumonisinas (FBs) y las micotoxinas emergentes son producidas por especies de *Fusarium*; y finalmente las especies de *Alternaria* son responsables de altenueno (ALT), alternariol (AOH), alternariol metil éter (AME), altertoxina (ATX), y producción de ácido tenuazónico (TA) (Marin et al., 2013).

## **2 Objetivos**

El objetivo del presente trabajo es explorar el efecto de las tecnologías PEF y HPP en la reducción de micotoxinas en bebidas preparadas a base de zumo de frutas.

Estas tecnologías muestran un potencial prometedor para el desarrollo de aplicaciones alimentarias sostenibles, ya que mejoran la eficiencia de los procesos mediante una disminución significativa del consumo de energía y la producción de residuos, y promueven un uso racional de los recursos naturales, tales como el agua. Así, el uso de estas tecnologías permite lograr los objetivos de desarrollo sostenible relacionados con la sostenibilidad industrial, como el ODS 9 relacionado con la infraestructura, el ODS 12 relacionado con la producción y el consumo sostenibles, y el ODS 7 a través del uso de energía limpia y asequible. Además, las tecnologías PEF y HPP permiten la extracción de componentes bioactivos de interés nutricional de diferentes matrices alimentarias y mejoran la seguridad alimentaria mediante la inactivación de enzimas o la atenuación de micotoxinas, lo cual está relacionado con el ODS 3 "Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades" y el ODS 2 "Hambre cero". Además, un enfoque sostenible a nivel industrial permite la conservación de los ecosistemas marinos y terrestres a través de la acción sobre el cambio climático (ODS 13, 14, 15).

## **3 Desarrollo de la innovación o Metodología**

Las distintas bebidas a base de zumo de fruta, se prepararon en el laboratorio y se contaminaron individualmente con las micotoxinas (AFB1, AFB2, AFG1, AFG2, AOH, ENNA, ENNA1, ENNB y ENNB1) a una concentración de 100 ug/L.

### **3.1. Tratamiento HPP**

El tratamiento por HPP se llevó a cabo en un equipo Hiperbaric 55 (Burgos, España), capaz de producir una presión máxima de trabajo de 600 MPa. Este equipo estaba equipado con cámara de presión de 55 L llena de agua a temperatura entre 10

y 12 C, como medio de transferencia de presión. El tratamiento se llevó a cabo a una presión de 600 MPa durante 5 min.

### **3.2. Tratamiento PEF**

El tratamiento mediante PEF se llevó a cabo en un equipo Elea cellcrack III (Instituto Alemán de Tecnologías de Alimentos (DIL)) (Quakenbrück, Alemania) con 10 cm de espacio entre electrodos. Las condiciones de tratamiento consistieron en un voltaje fijado en 30 kV, lo que resultó en una intensidad de campo de 3 kV/cm y una energía específica de 500 kJ/kg.

### **3.3. Extracción DLLME**

Las micotoxinas se extrajeron de las muestras tratadas y los controles no tratados mediante la microextracción líquido-líquido dispersiva (DLLME) (Pallarés et al., 2019). Para ello se empleó en un primer paso, la mezcla de disolventes dispersante/extractante (950 µL de AcN/620 µL de EtOAc). Tras centrifugar y recuperar la fase orgánica, en un segundo paso, se añadió la mezcla de 950 µL de MeOH/620 µL de CHCl<sub>3</sub> al residuo restante. Después de agitar y centrifugar nuevamente, la fase orgánica ubicada en el fondo del tubo se separó y colocó con la fase orgánica recuperada anteriormente. Ambas fases se evaporaron y se reconstituyeron en un vial empleando 1 mL de formiato de amonio (MeOH/ACN) 20 mM (50/50 v/v).

### **3.4. Determinación HPLC-MS/MS**

La determinación de micotoxinas se llevó a cabo mediante un cromatógrafo Agilent 1200 (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EE. UU.) equipado con un espectrómetro de masas 3200 QTRAP® (Applied Biosystems, AB Sciex, Foster City, CA, EE. UU.) con ionización por electrospray Turbo Ion Spray (ESI). El análisis se realizó utilizando una columna Gemini-NX C18 (Phenomenex, 150 mm × 4,6 mm, tamaño de partícula 5 µm). El flujo se fijó en 0,25 mL/min, el volumen de inyección en 20 µL y la temperatura del horno en 40 °C.

Las fases móviles empleadas consisten en, fase móvil A: agua 5 mM formiato de amonio, 0,1% ácido fórmico y fase móvil B: metanol 5 mM formiato de amonio, 0,1% ácido fórmico. El gradiente comenzó con una proporción de 0% para la fase móvil B; en 10 min aumentó al 100 %, luego disminuyó al 80 % en 5 min y finalmente disminuyó al 70 % en 2 min. En los siguientes 6 min se limpió la columna y se reajustaron las condiciones iniciales, finalmente se equilibró durante 7 min.

El Turbo Ion Spray operó en modo de ionización positiva (ESI+). Se utilizó nitrógeno como nebulizador y gas de colisión. Para el análisis, se fijaron los siguientes parámetros: voltaje de pulverización de iones 5500 V; cortina de gas 20 unidades arbitrarias; GS1 y GS2, 344738 y 344738 Pa, respectivamente; temperatura de la sonda (TEM) 450 °C.

La metodología para la determinación de micotoxinas se optimizó en términos de recuperaciones, repetibilidad (precisión intradiaria), reproducibilidad (precisión interdiaria), efecto matriz, linealidad, límites de detección (LOD) y límites de cuantificación (LOQ) en un trabajo previo (Pallarés et al., 2019). Los parámetros obtenidos estuvieron de acuerdo con lo establecido la Decisión de la Comisión (CE, 2002).

## **4 Resultados**

Los resultados obtenidos con HPP revelaron porcentajes de reducción de hasta un 24% para AFB1 y un 37% para AOH. Comparando entre diferentes modelos de zumo, se observaron diferencias significativas para el contenido de AFB1 en zumo de naranja/leche vs zumo de fresa/leche después del tratamiento HPP. Además, el tratamiento HPP resultó más eficaz que el tratamiento térmico, siendo una herramienta

eficaz para incorporar a la industria alimentaria para la mitigación de micotoxinas.

En otro estudio llevado a cabo para investigar el efecto de HPP en la reducción de Enniatinas (ENNs) en zumos de uva, naranja, fresa y en las combinaciones de estos zumos con leche se observaron reducciones variables para tras el tratamiento HPP, que variaron desde 11 hasta 75%. Las mayores reducciones se consiguieron para ENNA.

Respecto al efecto del tratamiento PEF en aflatoxinas (AFs) en zumo de uva y smoothies, se observaron porcentajes de reducción de hasta 74% para AFB2 y 84% para AFG1, mayores reducciones de las observadas para AFB1 y AFG2. Cabe destacar que las reducciones observadas para AFB1 fueron similares a las obtenidas mediante el tratamiento de HPP.

Respecto al efecto del tratamiento PEF en la mitigación de ENNs en muestras de smoothies y zumos se han visto reducciones que variaron desde un 43 a uno 70%, siendo mayores las reducciones observadas en smoothies, posiblemente debido a que se trata de una matriz alimentaria más compleja.

## **5 Conclusiones**

Los tratamientos HPP y PEF contribuyeron a reducciones significativas de aflatoxinas y micotoxinas emergentes en muestras de zumo y smoothies alcanzando hasta el 80% en los casos más óptimos.

Tanto los tratamientos con HPP como con PEF permitieron en un tiempo de aplicación corto reducciones iguales o mayores a las obtenidas con el procesamiento térmico tradicional, siendo técnicas más respetuosas con el medio ambiente y manteniendo algunas ventajas organolépticas y nutricionales en los alimentos.

## **6 Agradecimientos**

Este trabajo ha contado con el apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación de España PID2020-115871RB-100; Conselleria de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital. Generalitat Valenciana AICO/2021/037. Los autores también agradecen a la Generalitat Valenciana por la financiación (IDIFEDER/2018/046 – Procesos innovadores de extracción y conservación: pulsos eléctricos y fluidos supercríticos) a través de European Fondos FEDER de la Unión (Fondo Europeo de Desarrollo Regional).

## **7 Referencias bibliográficas**

Barba, F. J., Terefe, N. S., Buckow, R., Knorr, D., & Orlie, V. (2015). New opportunities and perspectives of high pressure treatment to improve health and safety attributes of foods. A review. *Food Research International*, 77, 725-742.

European Commission. Decision 2002/657/EC of 12 August 2002, implementing Council Directive 96/23/EC concerning the performance of analytical methods and the interpretation of results. *OJEU L 2002*, 221, 8-36.

Gabrić, D., Barba, F., Roohinejad, S., Gharibzahedi, S. M. T., Radojčin, M., Putnik, P., & Bursać Kovačević, D. (2018). Pulsed electric fields as an alternative to thermal processing for preservation of nutritive and physicochemical properties of beverages: A review. *Journal of Food Process Engineering*, 41(1), e12638.

Knorr, D., Froehling, A., Jaeger, H., Reineke, K., Schlueter, O., & Schoessler, K. (2011). Emerging technologies in food processing. *Annual review of food science and technology*, 2, 203-235.

Luo, Y., Liu, X., & Li, J. (2018). Updating techniques on controlling mycotoxins-A review. *Food control*, 89, 123-132.

Mandappa, I.M.; Basavaraj, K.; Manonmani, H.K (2018). *Analysis of Mycotoxins in Fruit Juices. In Fruit Juices*; Academic Press: Wageningen, The Netherlands, pp. 763-777.

Marin, S., Ramos, A. J., Cano-Sancho, G., & Sanchis, V. (2013). Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food and chemical toxicology*, 60, 218-237.

Misra, N. N., Martynenko, A., Chemat, F., Paniwnyk, L., Barba, F. J., & Jambrak, A. R. (2018). Thermodynamics, transport phenomena, and electrochemistry of external field-assisted nonthermal food technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(11), 1832-1863.

Muntean, M. V., Marian, O., Barbieru, V., Cătunescu, G. M., Ranta, O., Drocas, I., & Terhes, S. (2016). High pressure processing in food industry—characteristics and applications. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10, 377-383.

Pallarés, N., Carballo, D., Ferrer, E., Fernández-Franzón, M., & Berrada, H. (2019). Mycotoxin dietary exposure assessment through fruit juices consumption in children and adult population. *Toxins*, 11(12), 684.

Picart-Palmade, L., Cunault, C., Chevalier-Lucia, D., Belleville, M. P., & Marchesseau, S. (2019). Potentialities and limits of some non-thermal technologies to improve sustainability of food processing. *Frontiers in nutrition*, 5, 130.



## Potenciación del efecto citoprotector de antioxidantes en hidrolizados proteicos y colágeno de pescado

Mercedes Taroncher Ruíz<sup>1</sup>, Yelko Rodríguez-Carrasco<sup>1</sup>, Francisco J Barba Orellana<sup>1</sup>, María-José Ruíz Leal<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de química de los alimentos y toxicología, Facultad de Farmacia, Universitat de València, [mercedes.taroncher@uv.es](mailto:mercedes.taroncher@uv.es) OrcidId: 0000-0002-8752-0951 [yelko.rodriguez-carrasco@uv.es](mailto:yelko.rodriguez-carrasco@uv.es) OrcidId: 0000-0002-6421-218X [m.jose.ruiz@uv.es](mailto:m.jose.ruiz@uv.es) OrcidId: 0000-0003-4174-6688 [francisco.barba@uv.es](mailto:francisco.barba@uv.es) OrcidId: 0000-0002-5630-3989

**Como citar:** Taroncher M., Rodríguez-Carrasco Y., Barba F.J., Ruiz M-J. A. Potenciación del efecto citoprotector de antioxidantes en hidrolizados proteicos y colágeno de pescado. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

### Abstract

*The fishing industries produce a huge amount of fish waste, generating environmental problems. To solve this problem, a new technique may be applied for extract high added-value compounds that have beneficial properties for human health and use them to obtain new food products. The objectives of this study were to determine the effect of bioaccessible fractions of fish protein hydrolysates and collagen on Caco-2 cell proliferation in vitro, as well as to determine the influence of some dietary antioxidants on cell proliferation. The results of the bioaccessible fraction samples showed cytotoxic effects on Caco-2 cell proliferation depending on the selected concentrations. However, the pre-treatment of the cells with vitamin C, vitamin E, quercetin and resveratrol increased cell proliferation after addition of the bioaccessible fractions of the fish protein hydrolysates compared to the bioaccessible fractions without pre-treatment. In conclusion, the consumption of fish by-product hydrolysates has a cytoprotective effect in the presence of antioxidants, and it is also an interesting strategy to achieve some of the goals of 2030, since, on the other hand, it is an environmentally responsible practice due to the reuse of food product waste and the reduction of waste generated by food industries.*

**Keywords:** fish by-products, cell proliferation, antioxidants, Caco-2 cells.

### Resumen

*Las industrias de pescado producen gran cantidad de residuos, generando problemas económicos. Para solucionar este problema, se puede aplicar una nueva técnica para extraer los compuestos de alto valor añadido que tienen propiedades beneficiosas para la salud humana y utilizarlos para obtener nuevos productos alimentarios. Los objetivos de este estudio fueron determinar el efecto de las fracciones bioaccesibles de hidrolizados proteicos de pescado y colágeno en la proliferación de células Caco-2 in vitro, así como determinar la influencia de algunos antioxidantes de la dieta sobre dicha proliferación celular. Los resultados mostraron efectos citotóxicos de las fracciones bioaccesibles sobre la proliferación de las células Caco-2 dependiendo de las concentraciones utilizadas. Sin embargo, el pretratamiento de las células con vitamina C, vitamina E, quercetina y resveratrol, aumentó la proliferación celular tras la adición de las fracciones bioaccesibles de los hidrolizados proteicos de pescado, en comparación con las fracciones bioaccesibles sin pretratamiento. En conclusión, la utilización de los hidrolizados de subproductos de pescado presenta efecto citoprotector en presencia de antioxidantes, y por otra parte es una estrategia interesante para cumplir algunos de los ODS 2030, ya que, por una parte, es una práctica ambientalmente responsable debido a la reutilización del desperdicio de productos alimentarios y reducción*

de residuos generados por industrias alimentarias.

**Palabras clave:** subproductos de pescado, proliferación celular, antioxidantes, células Caco-2.

---

\*Proyecto financiado por AQUABIOPROFIT (790956)

## 1 Introducción

Las industrias de pescado se han multiplicado en todo el mundo desde 1980. Pero, en Europa, solo el 50% de la biomasa del pescado forma parte de la dieta. Restos como las cabezas de pescado, piel, vísceras y espinas, se consideran subproductos no comestibles y son descartados, a pesar de que tienen un alto contenido en proteínas, ácidos grasos omega-3, minerales, vitaminas y otros nutrientes (Heffernan et al., 2021; Suleria et al., 2016). Por eso, el proyecto AQUABIOPROFIT, tiene como objetivo crear suplementos nutricionales de alto valor nutritivo a partir de estos subproductos. Suplementos proteicos con propiedades que contribuyan a mejorar la forma física, el metabolismo, etc, por tanto, enfocados sobre todo para deportistas. Los subproductos de pescado se han convertido en una nueva oportunidad de mercado que además contribuye a cumplir algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la agenda 2030, ya que es una práctica ambientalmente responsable, sostenible y fomenta uso eficiente de los recursos y reducción de residuos generados por la industria pesquera.

Por otra parte, muchos estudios han demostrado que dietas ricas en frutas y verduras tienen un efecto citoprotector, ya que muchos antioxidantes pueden actuar eliminando radicales libres (Zingales et al., 2021). La vitamina C es un eficaz eliminador de radicales hidroxilo y un potente antioxidante (Kim et al., 2019). La vitamina E elimina radicales de oxígeno y alquilo, además de tener efecto antioxidante y antiinflamatorio (Ahmadi et al., 2022). La quercetina (QUE) es un polifenol presente en los vegetales (Devore et al., 2013). Y el resveratrol (RSV) es un estilbeno abundante en las uvas y productos derivados, como el vino y el zumo de uva. Ambos, han demostrado tener propiedades antiinflamatorias, antidiabéticas y neuroprotectoras en modelos *in vitro* e *in vivo*, las cuales se han atribuido a su capacidad antioxidante y quelante (Mandel et al., 2006). En el proyecto AQUABIOPROFIT se plantea la estrategia de potenciar este efecto beneficioso de estos antioxidantes adicionándolos a los subproductos de pescado, para por una parte reducir los residuos de pescado generados, y por otra, contribuir a mejorar el valor nutricional con los suplementos generados. Todo ello considerando que los productos obtenidos son baratos, fáciles de conseguir y seguros.

## 2 Objetivos

Los objetivos de este trabajo fueron: (i) evaluar los posibles efectos citotóxicos de las fracciones bioaccesibles de los hidrolizados proteicos y de colágeno de pescado y (ii) determinar el papel de los antioxidantes vitamina C, vitamina E, QUE y RSV, sobre la modificación del efecto citotóxico de las fracciones bioaccesibles de los hidrolizados proteicos y de colágeno de pescado en células Caco-2.

## 3 Metodología

### 3.1 Muestras

El instituto de investigación NOFIMA suministró 4 subproductos: un hidrolizado proteico de salmón con adición de vitamina C y D3 (A), un hidrolizado proteico de salmón y bacaladilla con adición de vitamina C y D3 (B), un hidrolizado proteico de salmón y bacaladilla con adición de vitamina C y D3 (C) y colágeno de piel de lenguado (D) con el fin de evaluar sus efectos sobre la línea celular Caco-2.

### 3.2 Cultivos celulares

Las células Caco-2 se cultivan en medio DMEM suplementado con 10% FBS, 1% HEPES, 1% AANE, 0,2% fungizona, 100 U/mL penicilina y 100 mg/mL estreptomycin. Las condiciones de incubación son pH 7,4, 5% CO<sub>2</sub> a 37°C y 95% de humedad. El medio se cambia cada 2-3 días.

### 3.3 Digestión *in vitro*

Para obtener la fracción bioaccesible, se aplica el método estandarizado INFOGEST. El fluido salival simulado (SSF), fluido gástrico simulado (SGF), fluido intestinal simulado (SIF) y las fracciones enzimática fueron preparados según Minekus et al. (Minekus et al., 2014). Brevemente, se mezclan 2,5 mL de cada hidrolizado o colágeno con 2 mL de SSF, 12,5 µL de CaCl<sub>2</sub> 0,3M y agua desionizada hasta un volumen final de 5 mL, y se agita durante 2 minutos. Posteriormente, para simular la fase gástrica, se añaden 3,75 mL de SGF con 0,8 mL de solución de pepsina (25.000 U/mL) y 2,5 µL de CaCl<sub>2</sub> 0,3M. A continuación, se ajustó el pH a 3 y se añadió agua desionizada hasta un volumen final de 10 mL. Esta mezcla gástrica se incubó durante 2 h. a continuación se añadió 5,5 mL de SIF, que contiene pancreatina (10 U de actividad de tripsina/mL), sales biliares (10 mmol/L) y 20 µL de CaCl<sub>2</sub> 0,3M. El pH fue ajustado a 7 y se añadió agua destilada hasta un volumen final de 20 mL, y se incubó durante 2h. Para las fases salival, gástrica e intestinal, la agitación se realizó a 95 rpm y 37 °C. Al final del proceso digestivo *in vitro*, para obtener la fracción bioaccesible, las muestras se enfrían en un baño de hielo y se centrifugan a 3100 g y 4 °C durante 60 minutos.

### 3.4 Ensayo de citotoxicidad *in vitro*

El efecto citotóxico de las muestras se determinaron en células Caco-2 mediante el ensayo MTT. El ensayo MTT determina la viabilidad de las células a través de la reducción del MTT en células metabólicamente activas, a través de una reacción dependiente de la mitocondria. Este ensayo se realizó según Ruiz et al. (Ruiz et al., 2006). Brevemente, las células Caco-2 se sembraron en placas de cultivo de 96 pocillos a una densidad de 2x10<sup>4</sup> células/pocillo. Una vez que las células alcanzaron el 80% de confluencia, el medio de cultivo se sustituyó por medio fresco que contenía diluciones seriadas de la fracción bioaccesible de los productos 1, 2 y 3 o de colágeno. El rango de concentraciones de las fracciones bioaccesibles fue 1:2 (0,5 mg/mL), 1:4 (0,25 mg/mL), 1:10 (0,10 mg/mL) y 1:20 (0,05 mg/mL). Las fracciones bioaccesibles se expusieron a las células Caco-2 durante 24 horas. Tras este tiempo, se retiró el medio y se añadieron 200 µL de medio fresco y 50 µL/pocillo de MTT. Las placas se incubaron en oscuridad 3 h. A continuación, se retiró la solución de MTT y se añadieron 200 µL de DMSO, seguidos de 25 µL de tampón de Sorensen-glicina. Las placas se agitaron suavemente durante 5 minutos para lograr una disolución completa. La absorbancia se midió a 540 nm utilizando un lector automático de placas ELISA (MultiSkanEX, Thermo Scientific, Waltham, MA, EE.UU.).

Paralelamente, se realizó un pretratamiento con antioxidantes en las células Caco-2 (vitamina C, vitamina E, QUE y RSV) durante 24 h. Las concentraciones seleccionadas fueron 200 µM y 400 µM para vitamina C, 10 µM y 25 µM para vitamina E y 5 µM y 10 µM para QUE y RSV. Las concentraciones ensayadas se seleccionaron en función de dos criterios: la ingesta nutricional de referencia de antioxidantes y las concentraciones seleccionadas en estudios anteriores. A continuación, se exponen las células pretratadas a la fracción bioaccesible de los hidrolizados de pescado y colágeno. Las concentraciones seleccionadas de fracciones bioaccesibles (0,10 y 0,25 mg/mL) se eligieron porque la viabilidad celular empezaba a disminuir a estas concentraciones en las células Caco-2 durante el ensayo MTT. Los resultados obtenidos en estos ensayos se compararon con los resultados de viabilidad celular obtenidos con la fracción bioaccesible de hidrolizados y colágeno sin pretratamiento con antioxidante.

Para el ensayo del MTT, la proliferación celular se expresó como porcentaje relativo al control (medio DMEM). Las determinaciones se realizaron en tres experimentos independientes con 4 réplicas para cada uno.

## 4 Resultados

Tras la adición de las diluciones de las fracciones bioaccesibles de los hidrolizados, se observaron efectos citotóxicos en casi todos los productos a 0,25 y 0,50 mg/mL de fracción bioaccesible (Tabla 1). La proliferación celular disminuyó un 100% para el producto A y el D, 38,62% para el producto B y 43,46% para el producto C. La disminución de viabilidad puede ser debido a muchos factores, hay que tener en cuenta que los peces de piscifactorías pueden estar expuestos a sustancias potencialmente tóxicas procedentes de los piensos, como metales o micotoxinas.

**Tabla 1.** Efecto de las fracciones bioaccesibles del producto A, B, C y D sobre la proliferación celular en células Caco-2 tras 24 h de exposición a concentraciones crecientes de 0,05 a 0,5 mg/mL mediante el ensayo MTT. Los valores se expresan en porcentaje respecto al control (control = 100%) como media (n = 3).

Concentraciones (mg/mL)	Proliferación celular (%)			
	Producto A	Producto B	Producto C	Producto D
0*	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>
0,05	99,50 <sup>a</sup>	101,14 <sup>a</sup>	96,41 <sup>a</sup>	101,51 <sup>a</sup>
0,10	96,71 <sup>a</sup>	107,67 <sup>a</sup>	96,44 <sup>a</sup>	91,26 <sup>a</sup>
0,25	-1,32 <sup>b</sup>	98,86 <sup>a</sup>	82,65 <sup>b</sup>	15,95 <sup>b</sup>
0,50	-2,29 <sup>b</sup>	61,38 <sup>b</sup>	56,5 <sup>c</sup>	-0,99 <sup>c</sup>

\* Control; Valores en la misma columna con letras superíndices diferentes son diferentes significativamente ( $p < 0,05$ ).

Tras el pretratamiento de la fracción bioaccesible de 0,2 mg/mL de producto B con 200 y 400  $\mu$ M vitamina C, se produjo un aumento de la proliferación celular del 24,92% y 30,88%, respectivamente, en comparación con su control sin pretratamiento. En cuanto al colágeno, tras el pretratamiento de la fracción bioaccesible de 0,1 mg/mL con 200  $\mu$ M vitamina C, se produjo un aumento de la proliferación celular del 9,46%, en comparación con su control sin pretratamiento (Tabla 2).

**Tabla 2.** Efecto protector de la vitamina C a 200 y 400  $\mu$ M sobre las fracciones bioaccesibles (0,1 y 0,2 mg/mL) del producto A, B, C y D sobre la proliferación celular en células Caco-2 tras 24 h de exposición mediante el ensayo MTT. Los valores se expresan como media (n = 3).

	Proliferación celular (%)			
	Producto A	Producto B	Producto C	Producto D
<i>Células no pretratadas</i>				
Control	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>ab</sup>	100 <sup>a</sup>
0,10 mg/mL	96,71 <sup>a</sup>	107,67 <sup>ab</sup>	96,44 <sup>a</sup>	91,26 <sup>bc</sup>
0,25 mg/mL	-1,32 <sup>b</sup>	98,86 <sup>ab</sup>	82,65 <sup>b</sup>	15,95 <sup>d</sup>
Vitamina C (200 $\mu$ M)	108,82 <sup>c</sup>	108,82 <sup>ab</sup>	108,82 <sup>c</sup>	108,82 <sup>c</sup>
Vitamina C (400 $\mu$ M)	83,38 <sup>d</sup>	83,38 <sup>c</sup>	83,38 <sup>b</sup>	83,38 <sup>c</sup>
<i>Células pretratadas</i>				
0,10 mg/mL + 200 $\mu$ M vitamina C	44,98 <sup>e</sup>	110,24 <sup>b</sup>	70,84 <sup>d</sup>	99,89 <sup>ab</sup>
0,25 mg/mL + 200 $\mu$ M vitamina C	-0,09 <sup>b</sup>	123,49 <sup>d</sup>	71,08 <sup>d</sup>	16,14 <sup>d</sup>
0,10 mg/mL + 400 $\mu$ M vitamina C	66,46 <sup>f</sup>	102,72 <sup>ab</sup>	79,59 <sup>dc</sup>	83,04 <sup>c</sup>
0,25 mg/mL + 400 $\mu$ M vitamina C	-2,5 <sup>b</sup>	129,39 <sup>d</sup>	74,51 <sup>db</sup>	13,82 <sup>d</sup>

Valores en la misma columna con letras superíndices diferentes son diferentes significativamente ( $p < 0,05$ ).

En cuanto al pretratamiento con vitamina E, tras el pretratamiento con 10 y 25  $\mu\text{M}$  vitamina E a 0,1 mg/mL de la fracción bioaccesible del producto A, se observó un aumento de la proliferación celular de 16,65% y 23,89%, comparado con la fracción bioaccesible sin pretratamiento. Y, en la fracción bioaccesible de 0,1 mg/mL de colágeno tras el pretratamiento con 10  $\mu\text{M}$  de vitamina E, se observó un aumento de la proliferación celular de 12,35% respecto a su control.

**Tabla 3.** Efecto protector de la vitamina E a 10 y 25  $\mu\text{M}$  sobre las fracciones bioaccesibles (0,1 y 0,2 mg/mL) del producto A, B, C y D sobre la proliferación celular en células Caco-2 tras 24 h de exposición mediante el ensayo MTT. Los valores se expresan como media ( $n = 3$ ).

	Proliferación celular (%)			
	Producto A	Producto B	Producto C	Producto D
<i>Células no pretratadas</i>				
Control	100 <sup>a</sup>	100 <sup>abc</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>ab</sup>
0,10 mg/mL	96,71 <sup>a</sup>	107,67 <sup>a</sup>	96,44 <sup>a</sup>	91,26 <sup>a</sup>
0,25 mg/mL	-1,32 <sup>b</sup>	98,86 <sup>abc</sup>	82,65 <sup>b</sup>	15,95 <sup>b</sup>
Vitamina E (10 $\mu\text{M}$ )	71,95 <sup>c</sup>	71,95 <sup>d</sup>	71,95 <sup>c</sup>	71,95 <sup>c</sup>
Vitamina E (25 $\mu\text{M}$ )	78,82 <sup>c</sup>	78,82 <sup>d</sup>	78,82 <sup>bc</sup>	78,82 <sup>c</sup>
<i>Células pretratadas</i>				
0,10 mg/mL + 10 $\mu\text{M}$ vitamina E	112,81 <sup>d</sup>	91,41 <sup>b</sup>	95,79 <sup>a</sup>	102,53 <sup>b</sup>
0,25 mg/mL + 10 $\mu\text{M}$ vitamina E	-1,44 <sup>b</sup>	105,80 <sup>ac</sup>	77,06 <sup>bc</sup>	12,03 <sup>b</sup>
0,10 mg/mL + 25 $\mu\text{M}$ vitamina E	119,81 <sup>d</sup>	98,32 <sup>abc</sup>	93,36 <sup>a</sup>	99,55 <sup>ab</sup>
0,25 mg/mL + 25 $\mu\text{M}$ vitamina E	0,14 <sup>b</sup>	96,62 <sup>bc</sup>	77,49 <sup>bc</sup>	12,92 <sup>b</sup>

Valores en la misma columna con letras superíndices diferentes son diferentes significativamente ( $p < 0,05$ ).

En cuanto al pretratamiento con QUE, el producto B incrementó la proliferación celular hasta 66,37% en 0,1 mg/mL de fracción bioaccesible con 10  $\mu\text{M}$  de QUE respecto su fracción bioaccesible sin pretratar.

**Tabla 4.** Efecto protector de la QUE a 5 y 10  $\mu\text{M}$  sobre las fracciones bioaccesibles (0,1 y 0,2 mg/mL) del producto A, B, C y D sobre la proliferación celular en células Caco-2 tras 24 h de exposición mediante el ensayo MTT. Los valores se expresan como media ( $n = 3$ ).

	Proliferación celular (%)			
	Producto A	Producto B	Producto C	Producto D
<i>Células no pretratadas</i>				
Control	100 <sup>a</sup>	100 <sup>ab</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>ab</sup>
0,10 mg/mL	96,71 <sup>ab</sup>	107,67 <sup>a</sup>	96,44 <sup>a</sup>	91,26 <sup>b</sup>
0,25 mg/mL	-1,32 <sup>c</sup>	98,86 <sup>abc</sup>	82,65 <sup>b</sup>	15,95 <sup>c</sup>
QUE (5 $\mu\text{M}$ )	80,58 <sup>d</sup>	80,58 <sup>cd</sup>	80,58 <sup>b</sup>	80,58 <sup>d</sup>
QUE (10 $\mu\text{M}$ )	105,52 <sup>a</sup>	105,52 <sup>a</sup>	105,52 <sup>a</sup>	105,52 <sup>c</sup>
<i>Células pretratadas</i>				
0,10 mg/mL + 5 $\mu\text{M}$ QUE	89,19 <sup>bd</sup>	72,96 <sup>de</sup>	80,48 <sup>b</sup>	94,12 <sup>ab</sup>
0,25 mg/mL + 5 $\mu\text{M}$ QUE	-0,01 <sup>c</sup>	83,03 <sup>bcde</sup>	67,81 <sup>c</sup>	16,42 <sup>c</sup>
0,10 mg/mL + 10 $\mu\text{M}$ QUE	82,79 <sup>d</sup>	179,13 <sup>f</sup>	52,42 <sup>d</sup>	85,68 <sup>bd</sup>
0,25 mg/mL + 10 $\mu\text{M}$ QUE	-0,49 <sup>c</sup>	61,09 <sup>e</sup>	54,85 <sup>d</sup>	9,43 <sup>c</sup>

Valores en la misma columna con letras superíndices diferentes son diferentes significativamente ( $p < 0,05$ ).

Y, por último, tras el pretratamiento con RSV, se observó un aumento de la proliferación celular de 21,38% en 0,1 mg/mL de fracción bioaccesible del producto A, pretratada con 10  $\mu\text{M}$  de RSV, en comparación con su control. Y, con el colágeno, se observó un aumento de la proliferación celular del 20,27% sobre 0,1 mg/mL de fracción

bioaccesible con 5  $\mu$ M de RSV, en comparación con su control. Y un aumento del 91,50% y 122,10% sobre 0,2 mg/mL de fracción bioaccesible de colágeno con 5 y 10  $\mu$ M de RSV, respectivamente, en comparación con la fracción bioaccesible sin pretratamiento.

**Tabla 5.** Efecto protector del RSV a 10 y 25  $\mu$ M sobre las fracciones bioaccesibles (0,1 y 0,2 mg/mL) del producto A, B, C y D sobre la proliferación celular en células Caco-2 tras 24 h de exposición mediante el ensayo MTT. Los valores se expresan como media ( $n = 3$ ).

	Proliferación celular (%)			
	Producto A	Producto B	Producto C	Producto D
<i>Células no pretratadas</i>				
Control	100 <sup>a</sup>	100 <sup>ab</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>
0,10 mg/mL	96,71 <sup>a</sup>	107,67 <sup>ab</sup>	96,44 <sup>ab</sup>	91,26 <sup>b</sup>
0,25 mg/mL	-1,32 <sup>b</sup>	98,86 <sup>acd</sup>	82,65 <sup>bc</sup>	15,95 <sup>c</sup>
RSV (5 $\mu$ M)	116,49 <sup>c</sup>	116,49 <sup>acd</sup>	116,49 <sup>ab</sup>	116,49 <sup>d</sup>
RSV (10 $\mu$ M)	97,59 <sup>a</sup>	97,59 <sup>ab</sup>	97,59 <sup>c</sup>	97,59 <sup>e</sup>
<i>Células pretratadas</i>				
0,10 mg/mL + 5 $\mu$ M RSV	96,87 <sup>a</sup>	120,27 <sup>b</sup>	95,96 <sup>ab</sup>	109,75 <sup>c</sup>
0,25 mg/mL + 5 $\mu$ M RSV	-6,25 <sup>b</sup>	84,39 <sup>cd</sup>	77,31 <sup>c</sup>	30,54 <sup>f</sup>
0,10 mg/mL + 10 $\mu$ M RSV	117,38 <sup>c</sup>	82,77 <sup>d</sup>	101,29 <sup>a</sup>	81,72 <sup>g</sup>
0,25 mg/mL + 10 $\mu$ M RSV	-3,91 <sup>b</sup>	95,23 <sup>acd</sup>	93,55 <sup>ab</sup>	35,42 <sup>f</sup>

Valores en la misma columna con letras superíndices diferentes son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

## 5 Conclusiones

El producto A, hidrolizado proteico de salmón, aumentó la proliferación de las células Caco-2 tras la adición de vitamina E y RSV. El producto B, hidrolizado proteico de salmón y caballa, aumentó la proliferación celular tras añadir vitamina C y QUE. El colágeno de piel de lenguado aumentó la proliferación celular tras la adición de las vitaminas C y E y el RSV. Por ello, de entre los compuestos estudiados, las vitaminas C y E y el RSV, se consideran más adecuados para adicionar como antioxidantes a los hidrolizados y colágeno de pescado.

## 6 Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto AQUABIOPROFIT (790956). M. Taroncher agradece la beca FPI (PRE2021-096941) del Ministerio de Ciencia e innovación. Los autores agradecen a Katerina Kousoulaki (NOFIMA, Noruega) y a su equipo por proveer los hidrolizados proteicos de pescado y el colágeno para llevar a cabo los experimentos.

## 7 Referencias bibliográficas

- Ahmadi, M., Hedayatizadeh-Omran, A., Alizadeh-Navaei, R., Saeedi, M., Zaboli, E., Amjadi, O., Kelidari, H., & Besharat, Z. (2022). Effects of Vitamin E on Doxorubicin Cytotoxicity in Human Breast Cancer Cells in Vitro. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 23(1), 201–205.
- Devore, E. E., Kang, J. H., Stampfer, M. J., & Grodstein, F. (2013). The association of antioxidants and cognition in the Nurses' Health Study. *American Journal of Epidemiology*, 177(1), 33–41.
- Heffernan, S., Giblin, L., & O'Brien, N. (2021). Assessment of the biological activity of fish muscle protein hydrolysates using in vitro model systems. In *Food Chemistry* (Vol. 359). Elsevier Ltd.
- Kim, Y. Y., Kim, Y. J., Kim, H., Kang, B. C., Ku, S. Y., & Suh, C. S. (2019). Modulatory Effects of Single and Complex Vitamins on the In Vitro Growth of Murine Ovarian Follicles. *Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 16(3), 275–283.

Mandel, S., Amit, T., Reznichenko, L., Weinreb, O., & Youdim, M. B. H. (2006). Green tea catechins as brain-permeable, natural iron chelators-antioxidants for the treatment of neurodegenerative disorders. In *Molecular Nutrition and Food Research* (Vol. 50, Issue 2, pp. 229–234).

Minekus, M., Alming, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Carrière, F., Boutrou, R., Corredig, M., Dupont, D., Dufour, C., Egger, L., Golding, M., Karakaya, S., Kirkhus, B., Le Feunteun, S., Lesmes, U., MacIerzanka, A., MacKie, A., ... Brodkorb, A. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food-an international consensus. *Food and Function*, 5(6), 1113–1124.

Ruiz, M., Festila, L. E., & Fernández, M. (2006). Comparison of basal cytotoxicity of seven carbamates in CHO-K1 cells. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 88(2), 345–354.

Suleria, H. A. R., Gobe, G., Masci, P., & Osborne, S. A. (2016). Marine bioactive compounds and health promoting perspectives; innovation pathways for drug discovery. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 50, pp. 44–55). Elsevier Ltd.

Zingales, V., Sirerol-Piquer, M. S., Fernández-Franzón, M., & Ruiz, M. J. (2021). Role of quercetin on sterigmatocystin-induced oxidative stress-mediated toxicity. *Food and Chemical Toxicology*, 156.

## Efecto de las nuevas tecnologías sobre la capacidad antioxidante

Francisco Juan Martí Quijal<sup>1</sup>, Juan Manuel Castagnini<sup>2</sup>, Noelia Pallarés Barrachina<sup>3</sup>, Cristina Juan García<sup>4</sup>, María-José Ruíz Leal<sup>5</sup>, Francisco J. Barba Orellana<sup>6</sup>

Nutrition, Food Science and Toxicology Department, Faculty of Pharmacy, Universitat de València; <sup>1</sup>[francisco.j.marti@uv.es](mailto:francisco.j.marti@uv.es)  OrcidID: 0000-0001-9034-5325; <sup>2</sup>[juan.castagnini@uv.es](mailto:juan.castagnini@uv.es)  OrcidID: 0000-0002-3659-3640; <sup>3</sup>[noelia.pallares@uv.es](mailto:noelia.pallares@uv.es)  OrcidID: 0000-0001-8018-3959; <sup>4</sup>[cristina.juan@uv.es](mailto:cristina.juan@uv.es)  OrcidID: 0000-0002-8923-3219; <sup>5</sup>[m.jose.ruiz@uv.es](mailto:m.jose.ruiz@uv.es)  OrcidID: 0000-0003-4174-6688; <sup>6</sup>[francisco.barba@uv.es](mailto:francisco.barba@uv.es)  OrcidID: 0000-0002-5630-3989

**Como citar:** Martí-Quijal F.J., Castagnini J.M., Pallarés N., Juan C., Ruiz M.J., Barba F.J. 2023. Efecto de las nuevas tecnologías sobre la capacidad antioxidante. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. *Publicacions de la Universitat de València*. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

### Abstract

*The implementation of unconventional extraction technologies, such as electric pulses, pressurized liquid extraction, and microwave-assisted extraction, offers significant benefits in obtaining antioxidant compounds from agri-food by-products. These technologies enable more efficient and selective extraction, reduce the use of organic solvents, decrease processing times, and lower energy consumption. Moreover, they promote the valorization of agri-food waste and contribute to a more sustainable circular economy. These technologies align with several Sustainable Development Goals (SDGs), including responsible production and consumption, the promotion of a circular economy, and the improvement of food security, thus advancing towards a more sustainable approach in the production and utilization of bioactive compounds.*

**Keywords:** non-conventional technologies, antioxidant capacity, extraction, Sustainable Development Goals, agri-food by-products.

### Resumen

*La implementación de tecnologías no convencionales de extracción, como los pulsos eléctricos, la extracción con líquidos presurizados y la extracción con microondas, ofrece beneficios significativos en la obtención de compuestos antioxidantes a partir de subproductos agroalimentarios. Estas tecnologías permiten una extracción más eficiente y selectiva, reducen el uso de disolventes orgánicos, disminuyen los tiempos de procesamiento y reducen el consumo energético. Además, promueven la valorización de los desechos agroalimentarios y contribuyen a una economía circular más sostenible. Estas tecnologías se alinean con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible, como la producción y consumo responsables, la promoción de la economía circular y la mejora de la seguridad alimentaria, avanzando hacia un enfoque más sostenible en la producción de compuestos bioactivos.*

**Palabras clave:** tecnologías no convencionales, capacidad antioxidante, extracción, Objetivos de Desarrollo Sostenible, subproductos agroalimentarios.

\*Proyecto financiado por la Universitat València: RENOVA\_PID, UV-SFPIE\_PID-2076632.

## **1 Introducción**

La implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) ha adquirido una importancia creciente en el ámbito de la investigación y la industria alimentaria. Uno de los desafíos clave es la búsqueda de métodos sostenibles para la extracción de compuestos bioactivos valiosos, como los antioxidantes, a partir de subproductos agroalimentarios. En este sentido, se han explorado nuevas tecnologías de extracción, como los pulsos eléctricos, la extracción con líquidos presurizados y la extracción con microondas, que ofrecen beneficios significativos en comparación con los métodos convencionales.

Estas tecnologías innovadoras permiten una extracción más eficiente y selectiva de los compuestos antioxidantes, minimizando el uso de disolventes orgánicos, reduciendo los tiempos de procesamiento y disminuyendo el consumo energético. Por ejemplo, el uso de pulsos eléctricos ha demostrado ser altamente efectivo para mejorar la transferencia de masa y facilitar la extracción de los antioxidantes presentes en los subproductos agroalimentarios (Selvamuthukumaran & Shi, 2017).

Además, estas tecnologías sostenibles ofrecen ventajas ambientales al reducir la generación de residuos y minimizar el impacto negativo en los ecosistemas. Al utilizar subproductos agroalimentarios como materia prima, se contribuye a la valorización de estos desechos y se promueve una economía circular más sostenible.

En resumen, el uso de nuevas tecnologías de extracción, como los pulsos eléctricos, la extracción con líquidos presurizados y la extracción con microondas, para la obtención de compuestos antioxidantes a partir de subproductos agroalimentarios se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Estas tecnologías ofrecen beneficios significativos en términos de eficiencia, selectividad y sostenibilidad en comparación con las tecnologías convencionales, abriendo nuevas oportunidades para la industria alimentaria y promoviendo un enfoque más sostenible en la producción y utilización de compuestos bioactivos.

Estas tecnologías no convencionales de extracción ofrecen una serie de contribuciones significativas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), alineando la investigación en este campo con varios de estos objetivos clave.

En primer lugar, permiten una utilización más eficiente de los recursos, lo cual está alineado con el ODS 12: Producción y Consumo Responsables. Al reducir el uso de disolventes orgánicos y minimizar los tiempos de procesamiento, se logra una gestión más sostenible de los recursos naturales y se disminuye el impacto ambiental asociado a la extracción de compuestos antioxidantes.

Además, estas tecnologías promueven la reducción de la generación de residuos y la implementación de prácticas más sostenibles, en consonancia con el ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura. Al utilizar subproductos agroalimentarios como materia prima para la extracción de compuestos bioactivos, se fomenta la economía circular y se contribuye a la reducción de desperdicios, favoreciendo así una gestión más eficiente de los recursos y una menor huella ambiental.

Otro objetivo de desarrollo sostenible que se puede destacar es el ODS 2: Hambre Cero. Estas tecnologías permiten la recuperación de compuestos antioxidantes a partir de subproductos agroalimentarios, lo cual implica una mayor valorización de estos recursos y, potencialmente, una mejora en la seguridad alimentaria y la disponibilidad de nutrientes esenciales.

## **2 Objetivos**

El objetivo del presente trabajo es llevar a cabo una revisión de las tecnologías no convencionales de extracción, específicamente enfocadas en los pulsos eléctricos, la extracción con líquidos presurizados y la extracción con microondas. Estas tecnologías se emplean con el propósito de recuperar compuestos antioxidantes a partir de diversas matrices, como subproductos agroalimentarios o microalgas.

### 3 Desarrollo de la innovación o Metodología

#### 3.1 Ensayos de actividad antioxidante: TEAC y ORAC

El ensayo de Capacidad Antioxidante Equivalente a Trolox (TEAC por sus siglas en inglés) se basa en la capacidad de una muestra para neutralizar los radicales libres generados durante una reacción química específica. Este ensayo se utiliza ampliamente para evaluar la actividad antioxidante de diferentes compuestos y muestras biológicas. Para llevar a cabo el ensayo TEAC, primero se prepara una solución de radical ABTS<sup>+</sup> (ácido 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)), mediante la adición de un agente pro-oxidante fuerte, el K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, a una solución de reactivo ABTS neutro (verde claro), generando el radical ABTS<sup>+</sup> (verde oscuro). A continuación, se añade la muestra a evaluar y se mide la disminución en la absorbancia de los radicales libres a través del tiempo. Los resultados se interpolan en una recta patrón preparada a partir del compuesto Trolox, un compuesto antioxidante de referencia, por lo que la capacidad antioxidante se expresa como equivalentes de Trolox. Cuanto mayor sea la capacidad de la muestra para neutralizar los radicales libres, mayor será su actividad antioxidante según el ensayo TEAC. Este ensayo proporciona una medida cuantitativa y reproducible de la capacidad antioxidante de las muestras, lo que permite comparar diferentes compuestos (Miller & Rice-Evans, 1997; Schaich et al., 2015).

Por otro lado, el ensayo de Capacidad de Absorción de Radicales de Oxígeno (ORAC por sus siglas en inglés) se basa en la medición de la capacidad de una muestra para neutralizar los radicales libres generados durante una reacción de oxidación controlada. Este ensayo es ampliamente utilizado para evaluar la actividad antioxidante de compuestos y muestras biológicas. El procedimiento para llevar a cabo el ensayo ORAC implica la incubación de la muestra con un radical libre generador de oxidantes, como el AAPH (2,2'-azo-bis (2-amidino-propano) dihidrocloruro). A medida que se produce la reacción de oxidación, se mide la disminución de la fluorescencia de un sustrato fluorescente sensible a los radicales libres. La capacidad antioxidante de la muestra se determina comparando la disminución de la fluorescencia con la de un estándar de referencia, que al igual que en el caso del ensayo TEAC es el Trolox. Cuanto mayor sea la capacidad de la muestra para inhibir la oxidación y preservar la fluorescencia, mayor será su actividad antioxidante según el ensayo ORAC. Este ensayo proporciona información cuantitativa sobre la capacidad antioxidante de las muestras y permite comparar diferentes compuestos en términos de su capacidad para neutralizar los radicales libres y proteger contra el estrés oxidativo (Cao et al., 1993; Schaich et al., 2015).

Estos ensayos de capacidad antioxidante, como el TEAC y el ORAC, son herramientas valiosas en la investigación científica y la industria alimentaria. Permiten evaluar de manera precisa y cuantitativa la capacidad de diferentes compuestos y muestras para neutralizar los radicales libres y proteger frente al estrés oxidativo. Estos ensayos brindan información sobre la actividad antioxidante de ingredientes naturales, productos alimentarios y suplementos, lo que ayuda a identificar y seleccionar aquellos con mayor potencial para promover la salud y prevenir enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo. Además, estos ensayos contribuyen al desarrollo de nuevos productos antioxidantes y a la mejora de la calidad de los alimentos al contribuir a obtener información acerca de los ingredientes y procesos antioxidantes utilizados en su formulación.

#### 3.2 Extracción con Pulsos Eléctricos (PEF)

La extracción mediante la utilización de pulsos eléctricos, conocida como tecnología de pulsos eléctricos (PEF), se basa en la aplicación de breves pulsos de alto voltaje a una muestra líquida o semisólida. Estos pulsos eléctricos generan la formación de poros en las membranas celulares, lo que facilita la liberación de los compuestos de interés presentes en el interior de las células. Este proceso mejora la eficiencia de extracción al aumentar la permeabilidad de las células y reducir la resistencia de transferencia de masa (Gómez et al., 2019).

En el contexto de la extracción de compuestos antioxidantes, el uso de pulsos eléctricos puede contribuir a mejorar el rendimiento y la calidad de los extractos. Al generar poros en las membranas celulares, se logra una liberación más eficiente de los antioxidantes intracelulares, como los polifenoles, los carotenoides y las vitaminas. Esto permite obtener extractos más ricos en compuestos antioxidantes y con mayor actividad antioxidante. Además, la extracción mediante pulsos eléctricos es un proceso rápido y suave, que evita la degradación o pérdida de los compuestos sensibles al calor o a disolventes orgánicos utilizados en técnicas convencionales de extracción. Esto resulta en extractos de mayor calidad y potencialmente más beneficiosos para aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética (Putnik et al., 2018).

### **3.3 Extracción con Líquidos Presurizados (PLE)**

La extracción mediante el uso de líquidos presurizados (PLE), también conocida como extracción acelerada con disolventes (ASE), se basa en la aplicación de alta presión y temperatura a un disolvente líquido. Estas condiciones permiten mejorar la solubilidad y la capacidad de penetración del disolvente en la matriz de la muestra, lo que facilita la extracción eficiente de los compuestos antioxidantes (de la Fuente, Pallarés, Berrada, & Barba, 2021).

El proceso de PLE/ASE implica la carga de la muestra en una celda de extracción, donde se añade el disolvente apropiado y se somete a alta presión y temperatura. Bajo estas condiciones, el disolvente tiene una mayor capacidad de solubilización y puede penetrar rápidamente en la matriz de la muestra, extrayendo así los compuestos antioxidantes presentes (Wang, Morón-Ortiz, et al., 2023).

La PLE/ASE ofrece varias ventajas para la extracción de compuestos antioxidantes. En primer lugar, permite una extracción más rápida en comparación con las técnicas convencionales, lo que resulta en una mayor eficiencia y ahorro de tiempo. Además, al utilizar temperaturas moderadas, se minimiza la degradación de los compuestos termosensibles. Asimismo, la posibilidad de utilizar diferentes disolventes y ajustar las condiciones de presión y temperatura permite adaptar el proceso a diferentes tipos de muestras y compuestos de interés. Esto brinda una mayor flexibilidad y versatilidad en la extracción de compuestos antioxidantes de diversas fuentes, como alimentos, plantas medicinales o subproductos agroindustriales (Bursac Kovačević et al., 2018).

### **3.4 Extracción con Microondas**

La extracción asistida por microondas es una técnica que utiliza radiación electromagnética de alta frecuencia (microondas) para calentar y agitar el solvente en el que se realiza la extracción de compuestos antioxidantes.

El fundamento de esta técnica se basa en el calentamiento selectivo de la muestra mediante la absorción de la energía de las microondas por parte de las moléculas polares presentes en el solvente. Cuando las microondas interactúan con el solvente, generan un campo electromagnético que induce la rotación de las moléculas polares del solvente. Esta rotación rápida genera fricción y, a su vez, calor, lo que resulta en un calentamiento rápido y uniforme de la muestra. Además del calentamiento, las microondas también generan una agitación mecánica en la muestra, lo que facilita la extracción de los compuestos antioxidantes (Zin et al., 2020).

La extracción asistida por microondas ofrece varias ventajas para la extracción de compuestos antioxidantes. En primer lugar, el calentamiento rápido y uniforme mejora la eficiencia de la extracción al acelerar las tasas de transferencia de masa y difusión de los compuestos antioxidantes desde la matriz de la muestra al solvente. Esto resulta en tiempos de extracción más cortos y una mayor recuperación de los compuestos de interés (Chemat et al., 2020).

Además, la extracción asistida por microondas permite utilizar solventes de extracción más suaves y menos tóxicos, ya que el calentamiento rápido reduce la necesidad de utilizar altas temperaturas y largos tiempos de extracción. Esto es beneficioso tanto desde el punto de vista de la salud humana como del impacto

ambiental (Chemat et al., 2020).

Esta técnica presenta ventajas significativas en términos de tiempo, recuperación de compuestos y selección de solventes, lo que la convierte en una opción prometedora para mejorar la extracción de compuestos antioxidantes.

## 4 Resultados

A continuación, se realiza una revisión de los resultados obtenidos tras la aplicación de estas tecnologías de extracción no convencionales a subproductos de la industria agroalimentaria, centrándose en la recuperación de compuestos antioxidantes, concretamente, midiendo la variación de la actividad antioxidante por los dos métodos previamente descritos: TEAC y ORAC.

### 4.1 Extracción con PEF

Respecto a la extracción mediante PEF, podemos destacar el estudio de Wang, Zhou, et al. (2023), en el que aplicaban esta tecnología para recuperar compuestos bioactivos antioxidantes a partir de la microalga *Chlorella*, utilizando agua y DMSO 50% (v/v en agua) como disolventes. Los parámetros utilizados en el caso de la extracción con PEF fueron 3 kV/cm y 100 kJ/kg. En este caso, los autores observaron un claro aumento del valor de capacidad antioxidante medido mediante el ensayo TEAC tras realizar el tratamiento con PEF tanto para las muestras extraídas con agua como para las muestras extraídas con DMSO, en comparación a una extracción sin este tratamiento. Sin embargo, en el caso del ensayo ORAC, también se observó una mejora en los valores de capacidad antioxidante tras el tratamiento con PEF, aunque en este caso los mejores resultados se obtuvieron con el uso de DMSO, tanto la muestra tratada con PEF como la muestra control.

Por otro lado, Calleja-Gómez et al. (2022) aplicaron un pre-tratamiento con PEF a un campo eléctrico de 2,5 kV/cm y una energía específica de 50 kJ/kg para aumentar la recuperación de compuestos antioxidantes a partir de champiñón (*Agaricus bisporus*). En este caso se observó una clara mejoría en el valor de capacidad antioxidante obtenido mediante el ensayo ORAC, aunque no se obtuvieron diferencias significativas entre el tratamiento con PEF y la muestra control en el caso del ensayo TEAC.

Por último, Salgado-Ramos et al. (2022a) realizaron un pre-tratamiento con PEF para valorizar los subproductos de la almendra, mediante la extracción de compuestos antioxidantes. En este caso, estos autores también utilizaron un campo eléctrico de 3 kV/cm y una energía específica de 100 kJ/kg. Se observó un claro y significativo aumento en los valores de TEAC de la muestra pre-tratada con PEF respecto a una extracción control. Sin embargo, ocurrió lo contrario en el ensayo ORAC, ya que fueron significativamente superiores los valores obtenidos en la extracción control respecto a la extracción con PEF.

### 4.2 Extracción con PLE

En el caso de la extracción con PLE, son destacables los trabajos de de la Fuente et al. (de la Fuente, Pallarés, Berrada, & Barba, 2021; de la Fuente, Pallarés, Berrada, Barba, et al., 2021) sobre la extracción de péptidos y otros compuestos con actividad antioxidante a partir de subproductos de pescado (músculo, cabeza, vísceras, piel y cola), concretamente de salmón y de dorada, utilizando una presión de 1500 psi, una temperatura en el rango de 20-60 °C y un tiempo de extracción de entre 5 y 15 minutos. En estos estudios se observó que la técnica de PLE permitía aumentar notablemente la extracción de estos compuestos antioxidantes, viéndose reflejado en los resultados obtenidos tanto para TEAC como para ORAC. En el caso del salmón, se obtuvo un aumento significativo en el valor de TEAC en el caso de los extractos de cabeza, víscera y cola, mientras que todos los extractos aumentaron significativamente el valor de ORAC (de la Fuente, Pallarés, Berrada, & Barba, 2021). Por otro lado, para la dorada, todos los extractos estudiados mostraron un aumento significativo en su capacidad

antioxidante tanto en TEAC como en ORAC (de la Fuente, Pallarés, Berrada, Barba, et al., 2021).

Por otro lado, la tecnología de PLE también se ha aplicado a la extracción a partir de microalgas. Zhou et al. (2021) utilizaron las condiciones de 1500 psi, 40 °C, 10 min y agua a pH 4 en el proceso de extracción para recuperar compuestos bioactivos a partir de la microalga espirulina (*Arthrospira platensis*). Estos autores reportaron un aumento significativo en el valor de TEAC al utilizar PLE, aunque no hubo diferencias en los valores de ORAC entre el extracto de PLE y el extracto control, probablemente debido a la elevada variación obtenida en estos resultados.

Además, es importante remarcar la posibilidad de combinar estas dos tecnologías, PEF y PLE, con el fin de mejorar más aún el rendimiento en la extracción de compuestos antioxidantes y otros compuestos bioactivos. En este sentido, De Aguiar Saldanha Pinheiro et al. (2023) llevaron a cabo esta combinación para estudiar si tenía un efecto mayor que cada técnica por separado en la extracción de compuestos bioactivos a partir de residuos de gamba roja y langostino, comparando también el uso de etanol o DMSO como disolvente para la extracción. Los resultados obtenidos para los ensayos antioxidantes TEAC y ORAC revelaron que, en el caso del langostino, la combinación de PEF+PLE obtuvo siempre valores más altos respecto a los resultados obtenidos por cada técnica por separado, aunque en el caso del ensayo TEAC no se encontraron diferencias significativas entre PEF+PLE y PLE por sí solo. En cambio, para los subproductos de gamba roja, la técnica de PLE por sí sola ya consiguió un valor de actividad antioxidante similar al obtenido con la combinación PEF+PLE, a excepción de los resultados de TEAC utilizando DMSO como disolvente, donde de nuevo PEF+PLE obtuvo el valor más alto en comparación al resto de técnicas estudiadas.

Zhou et al. (2022) aplicaron la combinación PEF+PLE para la extracción de compuestos bioactivos a partir de la microalga espirulina. En este caso, tanto para ORAC como para TEAC los valores obtenidos por esta combinación fueron más altos que para cada técnica por separado, siendo el aumento mucho más pronunciado en el caso del ensayo ORAC.

### 4.3 Extracción con microondas

Por último, la extracción con microondas también se ha aplicado para la valorización de subproductos agrícolas. Salgado-Ramos et al. (2022b) llevaron a cabo un estudio en el que se aplicó la extracción asistida con microondas para la recuperación de compuestos antioxidantes de los subproductos de la almendra. Se aplicó un tratamiento a una temperatura de 100 °C, una potencia máxima de 200 W y durante un tiempo de 2 h. Los resultados obtenidos revelaron que el valor de TEAC aumentaba notablemente, doblando su valor, pero el valor de ORAC disminuía ligeramente respecto a la extracción control.

## 5 Conclusiones

En resumen, el uso de tecnologías no convencionales en la extracción de compuestos antioxidantes ofrece una solución prometedora en términos de aumento de la extracción y su impacto positivo en el medio ambiente. Estas técnicas eco-amigables reducen el uso de disolventes orgánicos y energía. Sin embargo, es fundamental tener un conocimiento profundo de la muestra y los compuestos para seleccionar la técnica más adecuada. La elección correcta marcará la diferencia en los resultados obtenidos. Al comprender las propiedades de la muestra y los compuestos, y considerar factores como la composición química y las propiedades físicas, se pueden aprovechar al máximo las ventajas de estas tecnologías. Al integrar la ciencia y la tecnología, podemos avanzar hacia procesos de extracción más eficientes, sostenibles y beneficiosos tanto para la salud humana como para el entorno natural.

Además, el uso de tecnologías no convencionales como los pulsos eléctricos, la extracción con líquidos presurizados y la extracción con microondas se alinea con diversos objetivos de desarrollo sostenible. Estas tecnologías promueven la producción y consumo responsables, fomentan la economía circular y mejoran la seguridad

alimentaria. Representan una oportunidad clave para avanzar hacia un enfoque más sostenible en la producción y utilización de compuestos bioactivos. Al contribuir al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y construir un futuro más sostenible, estas tecnologías desempeñan un papel importante en la búsqueda de soluciones beneficiosas para el medio ambiente y la sociedad en general.

## 6 Agradecimientos

Este trabajo ha contado con el apoyo del Vicerectorat d'Ocupació i Programes Formatius de la Universitat de València – a través del proyecto concedido en el marco de las “Ajudes per al Desenvolupament de Projectes d'Innovació Educativa per al curs 2022-2023” con nombre “Adaptación a clase presencial de la metodología de escape room “Sherlock-Salud”, utilizada para casos de estudio de Nutrición, Toxicología y Seguridad Alimentaria (AdaptaSherlockSalud)” (RENOVA\_PID, UV-SFPIE\_PID-2076632). Este estudio también 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 )) y contó con el apoyo de MCIN con financiación de la Unión Europea NextGeneration EU (PRTR-C17.I1) y de la Generalitat Valenciana.

## 7 Referencias bibliográficas

- Bursać Kovačević, D., Maras, M., Barba, F. J., Granato, D., Roohinejad, S., Mallikarjunan, K., Montesano, D., Lorenzo, J. M., & Putnik, P. (2018). Innovative technologies for the recovery of phytochemicals from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves: A review. *Food Chemistry*, 268, 513–521. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.091>
- Calleja-Gómez, M., Castagnini, J. M., Carbó, E., Ferrer, E., Berrada, H., & Barba, F. J. (2022). Evaluation of pulsed electric field-assisted extraction on the microstructure and recovery of nutrients and bioactive compounds from mushroom (*Agaricus bisporus*). *Separations* 9(10), 302. <https://doi.org/10.3390/separations9100302>
- Cao, G., Alessio, H. M., & Cutler, R. G. (1993). Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine*, 14(3), 303–311. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(93\)90027-r](https://doi.org/10.1016/0891-5849(93)90027-r)
- Chemat, F., Abert Vian, M., Fabiano-Tixier, A.-S., Nutrizio, M., Režek Jambrak, A., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Binello, A., & Cravotto, G. (2020). A review of sustainable and intensified techniques for extraction of food and natural products. *Green Chemistry*, 22(8), 2325–2353. <https://doi.org/10.1039/c9gc03878g>
- De Aguiar Saldanha Pinheiro, A. C., Martí-Quijal, F. J., Barba, F. J., Benítez-González, A. M., Meléndez-Martínez, A. J., Castagnini, J. M., Tappi, S., & Rocculi, P. (2023). Pulsed Electric Fields (PEF) and Accelerated Solvent Extraction (ASE) for valorization of red (*Aristeus antennatus*) and camarote (*Melicertus kerathurus*) shrimp side streams: Antioxidant and HPLC evaluation of the carotenoid astaxanthin recovery. *Antioxidants*, 12(2), 406. <https://doi.org/10.3390/antiox12020406/s1>
- de la Fuente, B., Pallarés, N., Berrada, H., & Barba, F. J. (2021). Salmon (*Salmo salar*) side streams as a bioresource to obtain potential antioxidant peptides after applying Pressurized Liquid Extraction (PLE). *Marine Drugs*, 19(6), 323. <https://doi.org/10.3390/md19060323>
- de la Fuente, B., Pallarés, N., Berrada, H., Barba, F. J., Berrada, N. ;, Barba, H. ;, & Scafati, T.-. (2021). Development of antioxidant protein extracts from gilthead sea bream (*Sparus aurata*) side streams assisted by Pressurized Liquid Extraction (PLE). *Marine Drugs*, 19(4), 199. <https://doi.org/10.3390/md19040199>

Gómez, B., Munekata, P. E. S., Gavahian, M., Barba, F. J., Martí-Quijal, F. J., Bolumar, T., Campagnol, P. C. B., Tomasevic, I., & Lorenzo, J. M. (2019). Application of pulsed electric fields in meat and fish processing industries: An overview. In *Food Research International* (Vol. 123, pp. 95–105). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.047>

Miller, N. J., & Rice-Evans, C. A. (1997). Cinnamates and hydroxybenzoates in the diet: Antioxidant activity assessed using the ABTS•+ radical cation. *British Food Journal*, 99(2), 57–62. <https://doi.org/10.1108/00070709710165197/full/pdf>

Putnik, P., Lorenzo, J., Barba, F., Roohinejad, S., Režek Jambrak, A., Granato, D., Montesano, D., Bursać Kovačević, D., Putnik, P., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Roohinejad, S., Režek Jambrak, A., Granato, D., Montesano, D., & Bursać Kovačević, D. (2018). Novel food processing and extraction technologies of high-added value compounds from plant materials. *Foods*, 7(7), 106. <https://doi.org/10.3390/foods7070106>

Salgado-Ramos, M., Martí-Quijal, F. J., Huertas-Alonso, A. J., Sánchez-Verdú, M. P., Barba, F. J., & Moreno, A. (2022a). Almond hull biomass: Preliminary characterization and development of two alternative valorization routes by applying innovative and sustainable technologies. *Industrial Crops and Products*, 179, 114697. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114697>

Salgado-Ramos, M., Martí-Quijal, F. J., Huertas-Alonso, A. J., Sánchez-Verdú, M. P., Barba, F. J., & Moreno, A. (2022b). Microwave heating for sustainable valorization of almond hull towards high-added-value chemicals. *Industrial Crops and Products*, 189, 115766. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115766>

Schaich, K. M., Tian, X., & Xie, J. (2015). Hurdles and pitfalls in measuring antioxidant efficacy: A critical evaluation of ABTS, DPPH, and ORAC assays. In *Journal of Functional Foods* (Vol. 14, pp. 111–125). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.043>

Selvamuthukumar, M., & Shi, J. (2017). Recent advances in extraction of antioxidants from plant by-products processing industries. *Food Quality and Safety*, 1(1), 61–81. <https://doi.org/10.1093/fqs/fyx004>

Wang, M., Morón-Ortiz, Á., Zhou, J., Benítez-González, A., Mapelli-Brahm, P., Meléndez-Martínez, A. J., & Barba, F. J. (2023). Effects of pressurized liquid extraction with dimethyl sulfoxide on the recovery of carotenoids and other dietary valuable compounds from the microalgae spirulina, Chlorella and Phaeodactylum tricornutum. *Food Chemistry*, 405, 134885. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134885>

Wang, M., Zhou, J., Castagnini, J. M., Berrada, H., & Barba, F. J. (2023). Pulsed electric field (PEF) recovery of biomolecules from Chlorella: Extract efficiency, nutrient relative value, and algae morphology analysis. *Food Chemistry*, 404, 134615. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134615>

Zhou, J., Wang, M., Berrada, H., Zhu, Z., Grimi, N., & Barba, F. J. (2022). Pulsed electric fields (PEF), pressurized liquid extraction (PLE) and combined PEF + PLE process evaluation: Effects on spirulina microstructure, biomolecules recovery and Triple TOF-LC-MS-MS polyphenol composition. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 77, 102989. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102989>

Zhou, J., Wang, M., Carrillo, C., Zhu, Z., Brncic, M., Berrada, H., & Barba, F. J. (2021). Impact of Pressurized Liquid Extraction and pH on protein yield, changes in molecular size distribution and antioxidant compounds recovery from spirulina. *Foods*, 10(9), 2153. <https://doi.org/10.3390/foods10092153>

Zin, M. M., Anucha, C. B., & Bánvölgyi, S. (2020). Recovery of Phytochemicals via Electromagnetic Irradiation (Microwave-Assisted-Extraction): Betalain and Phenolic Compounds in Perspective. *Foods* 2020, 9(7), 918. <https://doi.org/10.3390/foods9070918>





**INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO**  
**AGROALIMENTARIO EN EMPRESAS**





## UVemprén, la unidad de emprendimiento de la Universitat de València \*

Pau Sendra Pons<sup>1</sup>, Dolores Garzón Benítez<sup>2</sup>, Rafael J. García Martínez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Finanzas Empresariales y ERI-CES, Universitat de València, [pau.sendra-pons@uv.es](mailto:pau.sendra-pons@uv.es) ORCID: 0000-0003-2005-747X

<sup>2</sup> Departamento de Dirección de Empresas, Universitat de València, [lola.garzon@uv.es](mailto:lola.garzon@uv.es) ORCID: 0000-0002-3593-4378

<sup>3</sup> UVemprén, Unidad de Emprendimiento, Universitat de València, [rafael.garcia-martinez@uv.es](mailto:rafael.garcia-martinez@uv.es)

**Como citar:** P. Sendra-Pons, D. Garzón, R.J. García Martínez. 2023. Emprendimiento universitario e innovación especializada: formando a formadores a través del programa UVemprén Aprèn. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

### Resumen

La promoción del emprendimiento como salida profesional entre el estudiantado ha suscitado un creciente interés entre las instituciones de educación superior. A medida que las competencias y habilidades requeridas para emprender, recogidas en gran medida en el Marco Europeo de Competencias Emprendedoras (EntreComp), son más demandadas por el estudiantado, es cada vez más acuciante promover la formación emprendedora de la comunidad universitaria.

Desde su creación, la Unidad de Emprendimiento de la Universitat de València, UVemprén, ha impulsado programas formativos tanto para el estudiantado como para el profesorado y los centros, con los que dar respuesta a esta necesidad, posicionar a la Universitat de València como universidad emprendedora y contribuir al desarrollo profesional de su estudiantado, ayudándole a validar ideas y proyectos innovadores.

En pro de conseguir esta misión, UVemprén ha puesto en marcha varias **líneas de actuación:**

(L1) Desarrollar una cartera de servicios de emprendimiento de calidad con los que el estudiantado pueda trabajar sus ideas de negocio y desarrollar competencias emprendedoras e intraemprendedoras. Tras su paso por UVemprén, el alumnado tendrá más herramientas sobre las que basar su desarrollo profesional y mejorar su empleabilidad.

(L2) Apoyar la oferta académica reglada mediante actividades específicas de emprendimiento en las aulas, las titulaciones y los centros. La transversalidad de la materia permite elaborar una amplia oferta complementaria con distintas temáticas, duraciones, niveles de profundidad y formatos.

(L3) Visibilizar el modelo de campus emprendedor de la Universitat de València (UVemprén), poniendo en valor las relaciones y alianzas de la unidad con otros agentes del ecosistema innovador y emprendedor de carácter local, autonómico, nacional o internacional.

En cuanto a la formación **al estudiantado**, UVemprén diseña e implementa un gran número de acciones formativas que buscan dotar a los futuros egresados de habilidades y competencias clave para emprender. Dicha oferta gira en torno a cuatro bloques en función de la madurez del proyecto y de la persona emprendedora de la que se trate, recorriendo las

siguientes fases: (1) estimular y motivar al estudiantado y con ello dinamizar la cultura emprendedora en los centros; (2) generar ideas de negocio y crear equipos de trabajo; (3) validar dichas propuestas interactuando con otros agentes o incluso realizando prácticas en instituciones y empresas afines; (4) acelerar los proyectos mediante la pre-incubación e incubación en espacios de la propia Universitat.

Por destacar algunos, el programa UVemprén Campus organiza una serie de cursos de corta duración dirigidos a consolidar los distintos itinerarios de especialización emprendedora, desde la detección y generación de oportunidades de negocio hasta la puesta en marcha de ideas emprendedoras que generen valor en sentido amplio. Algunos de estos cursos abordan temáticas de absoluta actualidad como las metodologías de design thinking o lean startup para el modelado de negocio, la ideación o generación de ideas sostenibles, las finanzas para personas emprendedoras, el márketing digital o el diseño ágil de producto. Este itinerario formativo se completa con otros programas de distintas duraciones, alcanzando en última instancia el máximo nivel de acompañamiento en el “Experto Universitario en Startup Management” de 150h. Este programa acelera los proyectos del estudiantado mediante el desarrollo de conocimientos avanzados sobre modelado de negocio y gestión de empresas innovadoras, al mismo tiempo que les proporciona mentorización personalizada para la puesta en marcha de sus startups.

Más allá de esta formación, UVemprén organiza programas de intra-emprendimiento junto a empresas líderes en sus respectivas industrias, como lo son Ford o Grefusa, que aúnan formación e incubación de ideas. Estos programas permiten al estudiantado trabajar en situaciones reales y retos propuestos por las empresas, con el consiguiente valor añadido que este contexto aporta al proceso de enseñanza-aprendizaje. A su vez, las empresas tienen acceso al talento emprendedor universitario, por lo que el beneficio es mutuo, tanto para el estudiantado como para las empresas que, en cada edición, proponen retos mayores.

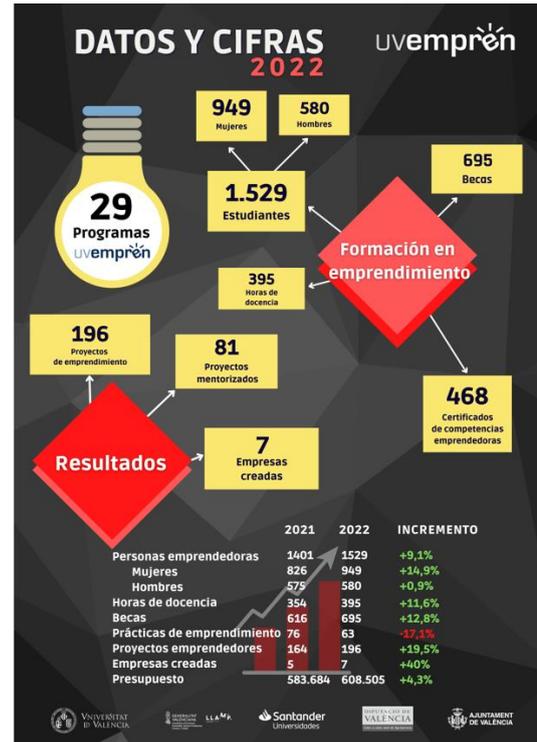
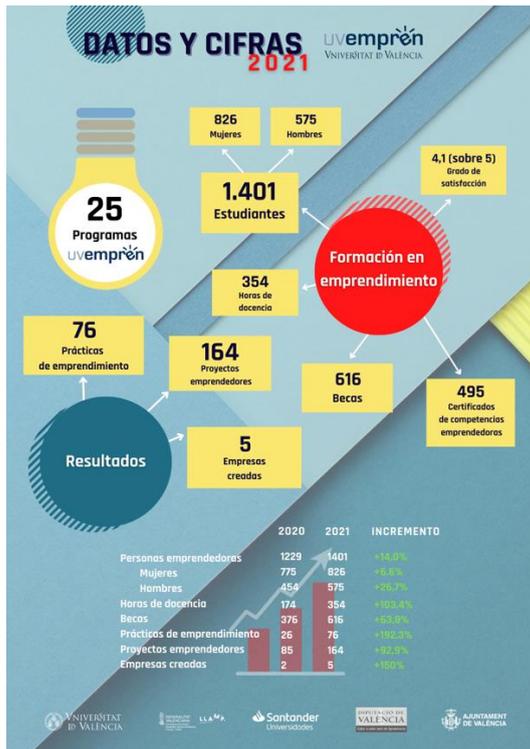
Por otro lado, conscientes de la necesidad de promover la transferencia del conocimiento desde la Universidad a la Empresa, el programa UVemprén Lab está dirigido a formar al estudiantado de doctorado con vocación emprendedora para, de este modo, promover la figura de la persona investigadora y emprendedora. Además, dentro de la extensa oferta formativa y de acompañamiento al estudiantado emprendedor, UVemprén apoya, a través de programas específicos, el emprendimiento femenino, rural, inclusivo y artístico, así como la realización de prácticas internacionales sobre emprendimiento.

El programa UVemprén Aprén está dirigido a formar **al profesorado**, independientemente de cuál sea su área de conocimiento, para poder despertar vocaciones emprendedoras de forma multidisciplinar a través de las prácticas de innovación docente en las distintas titulaciones. UVemprén Aprén incluye formación especializada para profesores sobre cómo se aborda el emprendimiento en otras universidades internacionales de prestigio, les forma en técnicas dinamizadoras y estimuladoras de la creatividad, les proporciona mentorización para la implementación exitosa de sus innovaciones docentes y pone a su disposición recursos económicos para implementarlas.

A través del Programa Impulsa, UVemprén ofrece **a los centros** la posibilidad de crear pre-incubadoras, con espacios de emprendimiento y programas formativos específicos adecuados a sus perfiles y las necesidades en cada uno de ellos. Desde UVemprén se da apoyo a la persona coordinadora de emprendimiento en cada centro, en acciones diversas como: dinamizar la cultura emprendedora, identificar su estudiantado emprendedor y sus necesidades, adecuar un espacio para pre-incubar proyectos, identificar materias más susceptibles de vincularse al emprendimiento, y otras acciones que pudieran surgir, dado que se trata de un acompañamiento muy personalizado y adaptado a la situación y las necesidades de cada centro.

Además de la amplia oferta formativa, UVemprén ofrece un servicio de asesoramiento y acompañamiento personalizado a la comunidad emprendedora. El **Punto de Asesoramiento Emprendedor (PAE)** da apoyo a la persona emprendedora en cuestiones diversas como las propias del modelado de negocio, la formación de los equipos, la validación de la idea, la búsqueda de financiación o incluso el acceso a personas o entidades de interés.

Con todo, y a través de la puesta en marcha del plan estratégico de UVemprén, en los primeros años de vida del servicio (2021 y 2022) se han alcanzado cifras relevantes como puede observarse en las siguientes imágenes.



En el último ejercicio, en 2022, se ha formado a 1.529 personas (949 mujeres y 580 hombres), expidiendo 468 certificados de competencias emprendedoras. También destaca la creación de 196 proyectos de emprendimiento y 7 empresas vinculadas al ecosistema emprendedor de la Universitat de València.

**Palabras clave:** Emprendimiento, Educación Superior, UVemprén Aprén.

\*Proyecto financiado por la Universitat de València. **Agradecimientos:** Los autores agradecen el apoyo recibido del proyecto de innovación UV-SFPIE\_PID-2076890, concedido por la Universitat de València.



## Entrenamiento en Mindfulness para Estudiantes Universitarios por Psicoforma

David Martínez Rubio<sup>1</sup>, Cristina Martínez-Brotons<sup>1</sup>

<sup>1</sup> [david@psicoforma.es](mailto:david@psicoforma.es) OrcidID: 0000-0002-9346-3869

**Como citar:** D. Martínez-Rubio; C. Martínez-Brotons. 2023. Entrenamiento en Mindfulness para Estudiantes Universitarios por Psicoforma. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

### Resumen

*En Psicoforma tenemos un compromiso con el rigor científico, por eso combinamos la investigación con la psicología de la salud, de manera que nuestras actuaciones terapéuticas, cursos y programas tienen el respaldo de la evidencia empírica.*

*Actualmente, los proyectos de investigación que llevamos a cabo en colaboración con diferentes Universidades y centros sanitarios son:*

- *Programa de entrenamiento en Mindfulness para Estudiantes Universitarios, basado en los datos hallados en la investigación realizada con un proyecto I+D sobre los Beneficios de Mindfulness en Estudiantes Universitarios.*
- *Programa de Intervención basado en Mindfulness y Psicoeducación en el tratamiento de la fibromialgia. Se trata de una investigación que realiza con la Universidad de Valencia, Grupo de Investigación Agora, ubicado en Barcelona y especializado en Dolor Crónico y Fibromialgia, y AVAFI.*
- *Programa de Mindfulness en las Organizaciones. Tenemos un programa de intervención aplicado en distintas empresas y validado empíricamente en una empresa de automoción, evidenciando la reducción del estrés mediante marcadores biológicos.*
- *Programa de Terapia cognitiva basada en Mindfulness (MBCT) que estamos aplicando en contextos educativos, en la prevención de estrés y con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los trabajadores.*

*Mindfulness es un término anglosajón que se traduce como atención plena o consciencia plena y dentro del contexto de la medicina, psicología o educación. Mindfulness o atención plena es definido como “la conciencia que surge de prestar atención, de forma intencional a la experiencia (pensamientos, sentimientos y sensaciones) tal y como es en el momento presente, sin juzgarla, sin evaluarla y sin reaccionar a ella” (Kabat-Zinn, 1994; pág 4).*

*Mindfulness involucra dos elementos fundamentales: la autorregulación de la*

atención y una orientación abierta hacia la experiencia (Bishop et al., 2004). Dentro del programa MindInnFood and Feed se han incluido un par de sesiones para familiarizar al estudiante en la práctica del Mindfulness y aumentar su capacidad de atención, al mismo tiempo que se ha profundizado en las distintas aplicaciones que el uso de las prácticas de atención plena pueden tener en los procesos de ingesta, regulación emocional y estado de ánimo (Kristeller et al, 2014). Por ello desde Psicoforma se han tratado los siguientes puntos:

- Conocer qué es Mindfulness y aprender a practicarlo
- Incrementar la capacidad de atención y concentración
- Adquirir mayor consciencia de nuestros pensamientos y emociones, así como de nuestras sensaciones y experiencias corporales en relación a la ingesta
- Conocer los mecanismos de acción que intervienen en la ingesta y las claves para poder regularse a través de la práctica de mindfulness
- Aprender a relacionarnos con la comida de manera más saludable, satisfactoria y amable
- Integrar la actitud Mindful en más momentos y decisiones de nuestro día a día

# Psicó- Forma

**Palabras clave:** Mindfulness, psicoforma, atención, universitarios, MBCT.

Valencia, <https://psicoforma.es/>

## Referencias bibliográficas

Bishop, S. R., Lau, M., Shapiro, S., Carlson, L., Anderson, N. D., Carmody, J., & Devins, G. (2004). Mindfulness: A proposed operational definition. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 11(3), 230–241. <https://doi.org/10.1093/clipsy.bph077>

Kabat-Zinn J (2009). Wherever you go, there you are. New York: Hyperion, 1994. (Spanish version: Kabat Zinn J. Mindfulness en la vida cotidiana. Donde quiera que vayas, ahí estás. Barcelona: Paidós, 2009).

Kristeller, J., Wolever, R. Q., & Sheets, V. (2014). Mindfulness-based eating awareness training (MB-EAT) for binge eating: A randomized clinical trial. *Mindfulness*, 5, 282-297. <https://doi.org/10.1007/s12671-012-0179-1>



## Emprendimiento en pastelería valenciana por Salvador Pla con su producto Pla Pel Món

Salvador Pla Petit<sup>1</sup>

<sup>1</sup> [info@monpla.com](mailto:info@monpla.com)

**Como citar:** S. Pla Petit. 2023. Emprendimiento en pastelería valenciana por Salvador Pla con su producto Pla Pel Món. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>.

### Resumen

Salvador Pla es un reconocido pastelero que en 2018 recibió el galardón como el Mejor Pastelero del Mundo. Es propietario de la pastelería Monpla donde ofrece una carta muy variada de panes especiales, sus tartas elegantes y refinadas, deliciosos pasteles y varios productos con sello de identidad propia como el aclamado Pla Pel Món o Petit. Productos elaborados con productos de proximidad cuyos ingredientes principales son la calabaza asada (ecológica y cultivada en Náquera), naranjas del Mercado Central y almendra marcona autóctona. El acabado exterior, una exquisitez también: Un glaseado de mandarina natural y polvo de pistacho. Un producto en el que se integra la proximidad y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Este producto fruto del trabajo y emprendimiento del pastelero, en innovar en formas, texturas y presentaciones, ha creado un dulce como él propone de viaje y con identidad valenciana, especialmente diseñado para poder llevarlo de regalo o enviarlo por mensajería sin que pierda su frescura por el camino. De ahí su packaging: una cajita con asa. Ese fue la idea de origen, al menos. La realidad es que muchísimos clientes locales de Monpla compran para llevárselo a casa, con la ventaja añadida de que mantiene su textura esponjosa de siete a diez días.

Como comenta Salvador Pla “Es un híbrido entre el panquemado valenciano y el panettone italiano. De esta última toma prestado el método de conservación. Es decir, para su elaboración utilizamos masa madre natural, no levadura prensada. Además, el aporte de calabaza y el aceite de oliva contribuyen también a que su textura perdure igual de tierna y húmeda. Es un producto muy pensado. Por ejemplo, dado nuestro clima, yo no quería un brioche excesivamente graso, como los que suelen preparar en países más fríos como Alemania o Francia. De ahí que el exceso de mantequilla se sustituye por aceite de oliva”.

Un trabajo de innovación que ha permitido a los estudiantes de ciencias de la alimentación en plantear ideas creativas próximas y el gran abanico de oportunidades sobre los que trabajar en MindInnFood and Feed.

**Palabras clave:** pastelería, Pla Pel Món, proximidad, diseño

\*Valencia, <https://www.monpla.com/>

### Referencias bibliográficas

<https://valenciaplaza.com/guiahedonista>



## Malferida la propuesta de rediseñar un refresco de forma natural

**Lucía Mompó Juan**

[hola@malferida.com](mailto:hola@malferida.com); <https://malferida.com/>

**Como citar:** L. Mompó. 2023. Malferida la propuesta de rediseñar un refresco de forma natural En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

### **Resumen**

*La creadora de Malferida, Lucía Mompó ha participado en MindInnFood and Feed para presentar su idea de innovación y emprendimiento. Malferida es un refresco de cola hecho con ingredientes naturales y sin azúcar, inspirado en la historia de Aielo de Malferit (València), donde cuentan que a partir de su bebida con nombre Kola-Coca se inspiró el refresco de Cola.*

*Esta bebida es la alternativa artesana a los refrescos de cola, que nació en 2018 en Lanzadera, una incubadora de empresas. Allí presentó Lucía Mompó su start up, de la que ahora es CEO y con la que ha dado un giro radical al concepto del refresco de cola.*

*Este refresco está elaborado con productos naturales como la nuez de cola, que es el fruto del árbol de la familia de las malváceas Cola acuminata, y es la fuente de cafeína. Como edulcorante emplean stevia procedente de la Stevia Rebaudiana, Tiene un poder edulcorante (dulzor) es 300 veces mayor que la sacarosa (azúcar común), por lo que con un poquito solo de stevia es suficiente para aportar el dulzor.*

*Ya son más de 300 los establecimientos de la Comunidad Valenciana donde se puede disfrutar y en estos últimos años ha iniciado su expansión por España.*



**Palabras clave:** Nuez de cola, refresco, Kola-Coca, Malferida, natural.



## **NATURAL Greatness la nutrición para perros y gatos desde un punto de vista natural y en cantidades óptimas**

**María Francisca Belda Jorques, Damaris Albero García, Sergio Vicedo Domenech, Delia Tosca Sola**

[info@naturalgreatness.com](mailto:info@naturalgreatness.com) ; <https://naturalgreatness.com/>

**Como citar:** M.F. Belda, D. Albero, S. Vicedo, D. Tosca. 2023. NATURAL Greatness la nutrición para perros y gatos desde un punto de vista natural y en cantidades óptimas. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

### **Resumen**

*NATURAL Greatness es mucho más que una marca de alimento para perros y gatos, es una forma de entender la nutrición desde un punto de vista natural. Nuestro amor hacia los animales nos llevó a explorar los hábitos alimenticios de lobos y linces, ancestros directos del perro y el gato, con el objetivo de implementar sus dietas a nuestras recetas, garantizando una Alimentación 100% Natural.*

*Seleccionamos las mejores proteínas digeribles de la naturaleza, además de frutas y verduras, junto con una mezcla exacta de vitaminas y minerales para apoyar el sistema inmunológico. Cada ingrediente tiene un propósito y está cuidadosamente equilibrado para proporcionar nutrición a cada parte del sistema de los perros y gatos de forma natural.*

### **LA SALUD DE TU MASCOTA ES LO MAS IMPORTANTE**

*Desde el destete hasta la vejez, la dieta es el factor fundamental que determinará la esperanza de vida de tu mascota, así como su calidad de vida. A través de la dieta, el perro o gato tiene que conseguir todo lo que necesita su cuerpo: desde la energía necesaria para desarrollar las actividades diarias, hasta la increíble variedad de nutrientes que ayudan a formar todos los tejidos y mantener todos los procesos celulares en marcha. Todo esto debe proporcionarlo la dieta. NATURAL Greatness contiene todos los nutrientes en unas medidas óptimas, y con la mejor calidad de ingredientes, lo cual se traduce en una mascota con una piel sana, un pelaje brillante y una mayor vitalidad o, dicho de otra manera, una mascota feliz.*

### **LAS DIETAS VETERINARIAS**

*Las Dietas Veterinarias Natural Greatness mantienen la filosofía natural que siempre ha caracterizado a nuestros productos: Alimentos completos e hipoalergénicos, elaborados con ingredientes naturales seleccionados que incluyen las mejores carnes frescas, frutas, verduras y legumbres. Nuestras dietas veterinarias se han desarrollado específicamente para satisfacer los requisitos nutricionales críticos de perros y gatos, sirviendo como apoyo al tratamiento de patologías específicas, ayudando así a mitigar sus síntomas, mejorando la salud y la calidad de vida de los animales de compañía. Entre las líneas que ofrecemos se encuentran las:*

*Sin Cereales*

*Ingredientes Hipoalergénicos*

*Con ingredientes 100% Naturales*

*Dietas elaboradas con CARNE Y PESCADO FRESCO*

**Palabras clave:** *Nutrición, perros, gatos, dietas, veterinarias, natural.*





# Modelos de Innovación y vías de desarrollo de producto en la Industria Alimentaria.

Ramón Lacomba Perales<sup>1</sup>, Paula Villanueva Maestro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Familia Martínez, [rlacomba@familia-martinez.es](mailto:rlacomba@familia-martinez.es)

<sup>2</sup> Embutidos Martínez, [pvillanueva@embutidosmartinez.es](mailto:pvillanueva@embutidosmartinez.es)

**Como citar:** R. Lacomba, P. Villanueva. 2023. Modelos de Innovación y vías de desarrollo de producto en la Industria Alimentaria. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>.

## Resumen

*Familia Martínez es la división corporativa de carácter familiar que integra a cinco empresas punteras de la industria alimentaria española: Embutidos Martínez, Platos Tradicionales, Cinco Tenedores, La Pila Food y Quicook, en las que trabajan más de 1.800 personas.*

*Este grupo de empresas basan su éxito en las personas y la innovación. Cuenta con un equipo propio de C+I+D (creatividad, innovación y desarrollo) en el que trabajan más de 30 profesionales centrados en llevar a cabo los diferentes desarrollos que se llevan a cabo, diferenciando así dos fórmulas de trabajo:*

*En una de ellas, la principal prioridad es escuchar a los clientes y satisfacer sus necesidades, siendo este un modelo retroactivo, donde la velocidad de actuación debe ser muy rápida. Es un modelo dinámico que comienza con la solicitud de un nuevo producto por parte del cliente al equipo comercial. Inmediatamente, los atributos y especificaciones son trasladados al equipo de C+I+D que empiezan con su trabajo. Desde ese instante, el departamento desarrolla el producto trabajando de forma bidireccional, enviando muestras al cliente y recogiendo “feedback” hasta alcanzar a un producto óptimo entre ambos. Llegados a este punto, otros departamentos como compras, calidad, procesos y costes entran en acción para ultimar todos los detalles necesarios para poder servir el producto listo para su venta.*

*Por otra parte, se trabaja con un modelo proactivo en el que se trabaja más a largo plazo y en el cual se fomenta la creatividad a través de la concentración, co-creación, colaboración y conversación. En este modelo es el propio equipo de C+I+D quien busca tendencias y soluciones para proponer a los clientes y cubrir sus necesidades; necesidades que en ocasiones ellos mismos no saben que tienen.*

*Para trabajar en este modelo de exploración, Familia Martínez trabaja codo con codo con KM ZERO, el “hub” de innovación alimentaria más importante del mundo en habla hispana. KM ZERO identifica oportunidades en el mercado e impulsa a la industria alimentaria a trabajar en innovación abierta y colaborativa a través de “corporates” y “startups”, dando soluciones de valor al sector. Todas las compañías de Familia Martínez se apoyan en el “hub” para estar siempre a la vanguardia en innovación.*

*Con este modelo proactivo, desarrollan nuevos productos, abriendo la ventana a diferentes tipologías de clientes, entrando en otros campos de desarrollo de producto y, además, acercándose a las tendencias para adelantarse al futuro de la alimentación.*

*Familia Martínez, como cualquier otra empresa del sector, tiene que estar siempre a la vanguardia y listos para la captación de nuevas tendencias del mercado, como podrían ser las alternativas o complementos de la carne que puedan ser transformados en productos de alto valor nutricional y, por supuesto, que satisfaga las necesidades de consumo, por eso apuestan por startups que permiten una forma de trabajar mucho más ágil con la mirada puesta en el futuro.*

*En este momento están trabajando con diversas startups, sobre todo en el co-desarrollo de ingredientes para análogos cárnicos, incluso una de ellas es capaz de producir concentrados de proteínas a través de la fermentación de residuos y subproductos de la industria alimentaria, generando una biomasa con diferentes propiedades funcionales en forma de extrusión de tiras húmedas, las cuales se pueden procesar para realizar un análogo cárnico.*



**Palabras clave:** *Modelo, innovación, desarrollo, colaboración, cliente.*

---

\*Valencia, <https://embutidosmartinez.es/>



# Ecospirulina innovación y desarrollo para la producción artesana de espirulina

Nicolas Mazurier <sup>1</sup>

<sup>1</sup> [info@ecospirulina.com](mailto:info@ecospirulina.com)

**Como citar:** N. Mazurier. 2023. Ecospirulina innovación y desarrollo para la producción artesana de espirulina. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

## Resumen

*Las algas representan una fuente nutricional inestimable. Gracias a nuevas técnicas de cultivo, están llegando a nuestro alcance hoy en día.*

*En Ecospirulina seleccionamos algunas de ellas por sus propiedades específicas que junto con nuestros propios cultivos de espirulina ponemos en tu mano seguramente los alimentos más completos del planeta.*

*La espirulina supone una fuente de energía gracias a su extraordinaria composición:*

- *Proteínas vegetales: >60% incluyendo los 8 aminoácidos esenciales en balance perfecto (la carne no supera el 30% de proteínas).*
- *Antioxidantes: beta-caroteno, ficocianina, SOD (Super Oxido Dismutasa), clorofila.*
- *Ácidos grasos esenciales: 5-7%, incluidos ácido linolénico y γ-linoléico (Omega-6).*
- *Vitaminas: pro A, B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12, E, I, K.*
- *Minerales y oligoelementos (7-13%): Calcio, Fósforo, Cobre, Hierro, Magnesio, Potasio, Zinc, Selenio, Manganeso.*

## NUESTRA ÉTICA COMO PRODUCTOR ARTESANO DE ESPIRULINA: COMPROMETIDO CON EL BIENESTAR DE LAS PERSONAS

*El siglo XXI se anuncia lleno de desafíos entre los cuales la nutrición de una población creciente en un mundo con recursos limitados. La alimentación ha pasado a ser un negocio internacional que manda ante el derecho de las poblaciones a disfrutar de los recursos locales que le proveía la naturaleza. La espirulina consumida en Europa proviene en su gran mayoría de producciones industriales mayoritariamente asiáticas en las que los procesos usados desnaturalizan gran parte de los nutrientes esenciales al organismo.*

*Ante esta situación, nosotros, productores artesanos de espirulina, proponemos un alimento de alta calidad, con un contenido nutricional excepcional a la vez de actuar hacia un mundo más sostenible, el mundo que queremos.*

*Una producción local de nuestros alimentos para un consumo local, transparencia de producción:*

- *la calidad del producto final es nuestra mayor preocupación diariamente*

- *la espirulina es un cultivo frágil que requiere mucha atención y una dedicación constante*
- *somos actores de la soberanía alimentaria para participar del derecho de los pueblos a elegir sus alimentos*
- *actuamos en ámbitos muy variados y permitimos mantener una actividad económica en zonas rurales desfavorecidas*
- *ante un cultivo de por sí poco energívoro, trabajamos continuamente para reducir más aún los gastos energéticos y emplear fuentes de energías naturales*
- *aportamos vínculo social a nuestra producción: intercambiamos bienestar y diálogos con los consumidores*
- *Creamos empleo duradero gracias al apoyo de nuestros consumidores.*
- *Consumir espirulina es consumir un alimento completo, un alimento sostenible cuya producción requiere luz, calor, CO2 y minerales para emitir un bien preciado: el oxígeno.*

*Fuente de vida, la familia de microorganismos a la que pertenece la espirulina nos ha aportado el oxígeno que permitió nuestra existencia; solo por este regalo nos parece que cultivarla es agradecerla.*

*Es difícil como consumidor hoy en día diferenciar una espirulina de calidad con una espirulina industrial apoyada por medios marketing; es por ello que los productores artesanos estamos a disposición de las personas deseando aprender sobre lo que consumimos.*

**Palabras clave:** *Espirulina, ecológico, bienestar, nutrición, alga.*



---

\* <https://www.ecospirulina.com/index.php>



## Innovación y desarrollo de productos en Importaco

Ana García Moraleja<sup>1</sup>, Natividad Sebastiá Fabregat<sup>2</sup>

<sup>1</sup> IMPORTACO, [amoraleja@importaco.com](mailto:amoraleja@importaco.com)

<sup>2</sup> IMPORTACO, [nsebastia@importaco.com](mailto:nsebastia@importaco.com)

**Como citar:** A. García, N. Sebastiá. 2023. Modelos de Innovación y desarrollo de producto en IMPORTACO. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

### Resumen

*Importaco es una compañía de alimentación que tiene como propósito mejorar la salud y el bienestar de las personas a través de una producción y un consumo responsables. La calidad, la sostenibilidad y la innovación son las tres palancas de nuestro desarrollo, que gracias a una visión a largo plazo es cada vez más inclusivo. Los tres pilares de nuestra **Estrategia de Sostenibilidad**: Personas, Producto y Planeta, nos comprometemos a incidir positivamente en las sociedades en las que estamos presentes, cumpliendo con criterios medioambientales, sociales y de gobernanza.*

*La colaboración en toda la cadena agroalimentaria es clave para obtener alimentos nutritivos y seguros. En nuestros programas de abastecimiento sostenible de frutos secos y frutas desecadas trabajamos junto a los agricultores y las empresas del sector agroalimentario. El objetivo común es encontrar la mejor variedad, el mejor origen, el mejor producto: una excelencia que supere las expectativas de compra.*

*La consecución de la **Agenda 2030** en su conjunto requiere una transformación del sistema agroalimentario hacia dietas saludables y sostenibles, que implica a todos los actores de la cadena alimentaria, desde la producción hasta el consumo. Reducir el desperdicio de alimentos (ODS 12.3) o preservar los ecosistemas terrestres (ODS 15) serían algunos de los retos relacionados con esta transformación sostenible. La forma en que las empresas podemos contribuir a estos desafíos es mediante la inclusión de la sostenibilidad en los sistemas de producción de alimentos, la lucha contra el hambre en todas sus formas (ODS 2), el mantenimiento de la salud de los ecosistemas y la mejora del perfil nutricional de nuestros productos para contribuir a la salud de las personas (ODS 3). En Importaco, estamos convencidos de que la alimentación saludable debe ser apetecible para satisfacer las exigencias de la sociedad. Los frutos secos, las frutas desecadas, las semillas y el agua mineral forman parte de una dieta saludable y sostenible, ya que cuentan con características beneficiosas para la salud y permiten, además, disfrutar de su consumo gracias a su textura y sabor. Además, aplicamos los principios de innovación responsable en todos los proyectos de investigación, donde integramos la ética, la responsabilidad social y la colaboración científica. El objetivo principal de nuestros estudios es generar un beneficio en la salud de los consumidores promoviendo una alimentación sana y más consciente, así como mejorar la seguridad alimentaria y la calidad.*

*El **Centro Tecnológico** es donde nace la estrategia de innovación y calidad de la compañía. Con una inversión anual de más de 6 millones de euros, en Importaco queremos convertirnos en referentes en seguridad alimentaria, calidad e innovación a través de la generación de conocimiento, la innovación abierta y la investigación*

aplicada. En los espacios de cocreación del centro, se incluyen 7 laboratorios para realizar análisis sensoriales, físicos, químicos y microbiológicos, con capacidad para realizar más de 31 000 análisis anuales. El laboratorio especializado en controles químicos y microbiológicos cuenta con la acreditación ISO 17025 para la determinación de aflatoxinas y ocratoxina A. Además, contamos con cocinas para el diseño de productos innovadores, lo que nos permite elaborar prototipos y testear el desarrollo del producto. disponemos de una planta piloto para realizar el escalado previo, antes de la puesta a punto en los centros productivos del grupo.

En Importaco, hemos creado un **modelo de calidad 360°** con el propósito de ofrecer al consumidor productos seguros, nutritivos y saludables. A través de un modelo transversal, gestionamos la calidad desde cuatro dimensiones: correctiva, preventiva, predictiva y exploratoria, que nos permiten gestionar de forma global los requisitos de calidad y garantizan la integración en todas las fases de la cadena de valor. El origen de este modelo es nuestro conocimiento especializado en tres ámbitos: el cliente, el producto y el proceso. En Importaco, empleamos estudios de neurociencia que contribuyen al bienestar de las personas mediante la comprensión de la salud mental y la cognición.

### **Innovación en el sector.**

En Importaco contamos con una trayectoria de más de 80 años dedicados a la producción y comercialización de frutos secos y frutas desecadas. Nuestra actividad incluye la fabricación, producción y distribución de frutos secos, snacks, frutos secos recubiertos de chocolate, frutas desecadas y semillas. Actualmente, somos la mayor distribuidora de frutos secos de Europa y desarrollamos nuestra actividad en 4 mercados diferentes: estamos presentes en el mercado de retail de la península ibérica, en el mercado de retail internacional, en el mercado de food service y en el mercado de ingredientes para la industria agroalimentaria.



**Palabras clave:** Cocreación, innovación, comercialización, frutos secos, cliente.

\*Fuente <https://importaco.com/memoriadesostenibilidad2021/>



## Innovación y desarrollo en Vicky Foods

Laia Alemany<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Project Manager Team Lead Vicky Foods; [laia.alemany@vickyfoods.es](mailto:laia.alemany@vickyfoods.es)

**Como citar:** L. Alemany. 2023. Innovación y desarrollo en Vicky Foods. En libro: Innovación y emprendimiento en productos, técnicas y seguridad en el sector agroalimentario. Ed. Cristina Juan García. Publicacions de la Universitat de València. València, 2023. ISBN: 978-84-9133-602-0 ; DOI: <http://dx.doi.org/10.7203/PUV-OA-602-0>

### Resumen

*Vicky Foods es una empresa de alimentación familiar con 70 años de historia fundada en Villalonga en la década de los 50 por Antonio Juan. En los inicios la compañía funcionaba exclusivamente como una panificadora que abastecía de pan a toda la población y sus alrededores. Es a mediados de los años 60 cuando Victoria Fernández, su mujer, decide que es el momento de innovar y diversificar la oferta. Estos dos conceptos irán ya siempre ligados a la historia de Vicky Foods.*

*La empresa empieza a crecer y en 1976, Antonio y Victoria crean la firma Dulcesol, marca que compraron a un comerciante de frutas que la tenía registrada, y compran varios solares en Gandía, futura sede del holding. A lo largo de las siguientes décadas logra situarse entre las grandes firmas de la bollería industrial española, a la vez que empieza a diseñar una expansión internacional, que arranca en 2009 con el nacimiento del nuevo holding Vicky Foods.*

*El objetivo es ser una empresa de alimentación innovadora, con una firme posición de liderazgo, proyección internacional y orientada a satisfacer las demandas de todos nuestros clientes y consumidores con alimentos de calidad certificada. Por eso, reunimos una cartera de más de 350 productos en tres marcas diferentes:*

Figura 1. Logos de las tres marcas de Vicky Food

**Dulcesol** nace en 1976 y es la marca que lidera el mercado en España en el ámbito de pastelería y bollería. Su surtido abarca distintas categorías en los lineales de pan envasado y aglutina más de doscientos productos con una amplia diversidad de formatos de venta. Está presente en 60 países de los cuatro continentes y ofrece cada año innovaciones en las distintas categorías.

**Be plus** es la nueva marca destinada a liderar los lineales de alimentación saludable y de conveniencia. Su oferta se basa en productos clean label, elaborados con ingredientes naturales, sin conservantes, colorantes ni grasas procesadas, que van desde platos preparados, pastas o untables hasta una línea infantil y otra de smoothies bioactivos de frutas y verduras ecológicas en formato pouch. Es una marca en proceso de internacionalización ya presente en diversos mercados europeos.

El proyecto de **Hermanos Juan** se lanzó en 2017 con el objetivo de atender a los profesionales de la restauración y al canal de alimentación la panadería tradicional y organizada. Basándonos en nuestra tradición pastelera y el poder del frío, ofrecemos una gama de masas congeladas de bollería, pan y snacks, caracterizada por ser INSTAN, solo se necesita descongelar el producto para poder comerlo. Nuestro objetivo es convertir Hnos. Juan en “lo mejor de cada día” y para ello, nos basamos en tres pilares: selección de ingredientes, tradición en la elaboración e innovación en los procesos productivos y en nuevos productos.

La **innovación** forma parte de nuestro ADN y cubre todas las áreas desde la producción, pasando por el producto, hasta la distribución. Durante el 2021, realizamos inversiones por valor de más de 19,5 millones de euros destinados a la incorporación de maquinaria de última generación, la inversión en mejoras continuas en los procesos de desarrollo industrial, la elaboración de proyectos de I+D y de productos con mejor perfil nutricional, así como de tecnología industrial. En 2022 se invertirán 30 millones de euros en mejoras de infraestructuras, innovación y tecnología.

En 2019 inauguramos nuestro nuevo Centro de Innovación con el objetivo de coordinar a través de él todo el potencial innovador de la empresa y seguir impulsando nuestro liderazgo en el sector de la alimentación. Este centro, que forma parte del complejo de la compañía en Villalonga, se asienta sobre una superficie de 9.500 metros cuadrados repartidos en dos áreas: **Centro de investigación nutricional y salud (CINS)** y el **Centro para la innovación tecnológica (CIT)**.

A lo largo de estos años, hemos aprendido mucho sobre nuestro negocio y cómo mejorar, pero también sabemos que la sociedad que nos ha acogido y el entorno natural que soporta nuestra actividad son fundamentales para garantizar nuestro éxito.

Por ello, la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) forma parte de nosotros desde la fundación de la compañía y, en los últimos años, la hemos integrado en nuestro modelo de negocio con el objetivo de devolver a la sociedad y el entorno lo que nos reportan, además de limitar cualquier posible impacto derivado de nuestra actividad.

Con este esfuerzo, además, queremos sumarnos a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas para estar alineados en la lucha contra las principales problemáticas de la humanidad: la pobreza, las desigualdades y la vulnerabilidad de las personas y el medio ambiente.

Nuestra estrategia se fundamenta en tres ejes de actuación destacados, reflejando nuestro compromiso con la innovación, el medio ambiente y las personas.

**Palabras clave:** Vicky Foods, innovación, pastelería, bollería, familiar, cliente.



---

\*Valencia, <https://vickyfoods.es/>





VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA