

Artículo

mifetc. de *Espirulina platensis* Biomasa con alto contenido de polisacáridos sobre los atributos de calidad de la carpa común (*ciprinus carpio*) y barbo común (*barbus barbus*) Hamburguesas de pescado

Mohammed Barkallah¹, Ali Ben Atitallah¹, Faiez Hentati^{1,2}, Mouna Dammak¹, Bilel Hadrich¹ ¹⁹⁹⁹,
Imen Fendri³, Mohamed Ali Ayadi⁴, Philip Michaud²  y Slim Abdelkafi^{1,*} 

- ¹ Unidadmide Biotecnología de Algas, Departamento de Ingeniería Biológica, Escuela Nacional de Ingeniería de Sfax, Universidad de Sfax, Sfax 3038, Túnez; mohamedbarkallah@gmail.com (MB); atitali@yahoo.fr (ABA); faizhentati@gmail.com (FH); consciencia23@yahoo.fr (MD); bilelhadrich@yahoo.com (BH)
 - ² UniversidadmiClermont Auvergne, CNRS, Instituto Pascal, Politécnico de Clermont Ferrand, 2 Blaise Pascal Avenue, 63178 AubiSire, Francia; philippe.michaud@uca.fr
 - ³ Laboratorio de Biotecnología Vegetal Aplicada, Facultad de Ciencias de Sfax, BP 1171, 3000, Universidad de Sfax, Sfax 3029, Túnez; imen.fendri@fss.usf.tn
 - ⁴ Laboratorio de Valorización de Análisis y Seguridad Alimentaria, Escuela Nacional de Ingeniería de Sfax, Universidad de Sfax, Sfax 3038, Túnez; ayadimedali@gmail.com
- * Correspondencia: slim.abdelkafi@enis.tn ; Teléfono: +216-97-458-9

Recibido: 5 de mayo de 2019; Aceptado: 27 de mayo de 2019; Publicado: 29 de mayo

Abstracto: Recientemente, las microalgas se han utilizado como aditivos naturales en productos procesados de pescado para mejorar su calidad nutricional. En esta investigación, los efectos de agregar *Espirulina platensis* en concentraciones de 0,5, 1 y 1,5% *w/w* se estudiaron tanto la textura como las características sensoriales de las hamburguesas enlatadas. De hecho, la adición de *Espirulina platensis* a las hamburguesas de pescado mejoran su composición nutricional. En comparación con los resultados de los otros tratamientos con hamburguesas de pescado, los tratamientos que contienen 1% de *Espirulina platensis* tenían mejor textura y propiedades sensoriales ($p < 0,05$). Además, estos tratamientos mostraron una mayor capacidad de hinchamiento y capacidad de retención de agua y aceite, debido al importante contenido de fibras dietéticas y polisacáridos que se encuentran en ellos. *Espirulina platensis*. . . No se detectaron moho ni patógenos transmitidos por los alimentos en ninguna de las hamburguesas enlatadas hasta 8 meses de almacenamiento a 4°C. Además, las hamburguesas preparadas con *Espirulina* se distinguieron por los valores medios más bajos (a^* y b^*) ($p < 0,05$), lo que muestra que el color amarillo disminuyó gradualmente hacia un color verdoso. Debido a la presencia de polisacáridos y pigmentos (clorofilas, carotenoides y ficocianina), *Espirulina platensis* mejora considerablemente la actividad antioxidante de las hamburguesas de pescado recién preparadas. En conjunto, podemos concluir que *Espirulina platensis* puede utilizarse como aditivo nutritivo para producir nuevos productos a base de pescado con altas cualidades alimentarias.

Palabras clave: Hamburguesas de pescado enlatadas; *Espirulina platensis*; textura; polisacáridos; carotenoides; actividades antioxidantes

1. Introducción

En comparación con muchos otros tipos de alimentos, como la carne, las aves y los productos lácteos, el pescado es muy nutritivo, delicioso y de fácil digestión. Tiene un excelente valor nutricional. Aporta proteínas de alta calidad y una amplia variedad de vitaminas como las vitaminas A y D y minerales como fósforo, magnesio, selenio y yodo [1]. Su proteína no sólo es fácilmente digerible sino que también complementa favorablemente la proteína dietética proporcionada por los cereales y legumbres que normalmente se consumen en muchos países en desarrollo [2]. Actualmente, el consumo de productos a base de pescado está aumentando paulatinamente

debido a la creciente preocupación de los consumidores por los problemas de salud. En 2013, el pescado representó el 6,7% de todas las proteínas consumidas y el 17% de la cifra global equivalente [4].2]. La sobreexplotación de las poblaciones de peces más valiosas ha contribuido a un desequilibrio en la oferta y la demanda de productos pesqueros en varios países [4].3]. Como resultado, ha surgido la idea de explotar especies de peces de agua dulce (tilapia del Nilo, carpa común y barbo común) en agricultura intensiva.

La carpa común (*ciprinus carpio*) y el barbo común (*barbus barbus*), son dos especies de peces de agua dulce que pertenecen a la familia de *ciprínidos*[4, 1999 .5]. Su carne se caracteriza por una composición nutricional beneficiosa de aminoácidos indispensables, un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados omega-3 y -6, ciertos minerales, grasas y vitaminas hidrosolubles [4].6] y niveles bajos de colesterol y grasas saturadas[1]. La presencia de numerosos huesos intramusculares en su carne es la causa de su escaso consumo por parte de los tunecinos. Por lo tanto, es muy importante producir nuevos productos a base de pescado a partir de estas especies de pescado infrautilizadas en el campo del procesamiento del pescado mediante diversos métodos de transformación para convertirlos en alimentos útiles y sabrosos para la dieta humana. En los últimos años, las preferencias de los consumidores se han dirigido considerablemente hacia el consumo de productos pesqueros listos para el consumo, ya que en la mayoría de los países se ha producido un rápido proceso de urbanización y un rápido aumento de la población activa. Las hamburguesas de pescado son uno de los productos a base de carne picada más populares. Es muy consumido, principalmente debido al aumento en el número de comidas rápidas disponibles en todo el mundo, así como a su conveniencia y bajo precio [1].7]. Hasta donde sabemos, no hay muchos estudios sobre productos a base de pescado en la literatura y muy poca información sobre el uso potencial de la carne de la carpa común y del barbo común en la fabricación de hamburguesas de pescado.

A pesar de sus beneficios para la salud, las hamburguesas de pescado generalmente no se consideran una fuente importante de compuestos bioactivos (p. ej., polisacáridos, carotenoides, aceites esenciales, antioxidantes y sabores) [4].1]. Durante los últimos años, los nutricionistas han mencionado que la fortificación de productos alimenticios a base de pescado utilizando ingredientes y suplementos funcionales es una forma óptima de mejorar la ingesta total de alimentos. Mientras tanto, la hamburguesa de pescado ha seguido atrayendo la atención de los consumidores porque es a la vez saludable y sabrosa. En las industrias agroalimentarias se han utilizado diversos aditivos sintéticos con el fin de colorear, aromatizar, fortificar y extender la vida útil de los productos comercializados.7]. Aún así, muchos estudios científicos recientes han demostrado que un consumo excesivo de complementos alimenticios sintéticos está relacionado con muchos problemas de salud [4].8]. Por lo tanto, la necesidad de utilizar fortificantes naturales para los alimentos ha llevado a los expertos a preparar aditivos a partir de recursos naturales que podrían ser adecuados en la producción de productos pesqueros [1].7].

Recientemente, las microalgas han llamado la atención en la industria alimentaria y los principales géneros utilizados para alimentos funcionales son *clorela*, 1999 .*DunaliellayEspirulina*. . . *Espirulina platensis* es una cianobacteria que tiene una composición especial de sustancias nutricionales y bioactivas (por ejemplo, proteínas, vitaminas, minerales, pigmentos y ácidos fenólicos) y que tiene una amplia gama de aplicaciones médicas [1].9]. Esta cianobacteria contiene un antioxidante natural muy potente y agentes eliminadores de radicales libres, como pigmentos (ficocianina y betacaroteno).10] y polisacáridos11], que son productos muy conocidos para proteger contra diversas enfermedades, como la insuficiencia renal [12], hipertensión13] y cánceres11, 1999 .14]. Además de sus efectos antioxidantes, los pigmentos y polisacáridos de *Espirulina platensis*Se ha descubierto que exhibe actividades antibacterianas y antivirales.15, 1999 .dieciséis].

Los principales objetivos de este estudio son, en primer lugar, producir nuevas hamburguesas de pescado enlatadas preparadas a partir de carpa común y barbo común fortificadas con *Espirulina* y segundo, evaluar los efectos de *Espirulina* sobre las características sensoriales, microbiológicas, funcionales y texturales de estos productos.

2. Material y métodos

2.1. Colección de peces

Los peces (carpa común y barbo común) fueron capturados en el embalse de Sidi Salem en enero de 2017. Luego, fueron trasladados directamente en bolsas de polietileno a la unidad piloto de procesamiento de pescado de Tabarka (gobernación de Jendouba, Túnez) para garantizar su frescura y procesada

(lavado, decapitado, destripado y limado). A continuación, los filetes de pescado sin piel se picaron en una licuadora (Robot Coupe USA Inc., Ridgeland, MS, EE. UU.) y se mantuvieron a -20°C durante 48 h.

2.2. Fabricación de hamburguesas de pescado

Se fabricaron hamburguesas de pescado usando una máquina para hacer hamburguesas comercial (Modelo Hamburger MV NEW, Food Tech Srl, Bolonia, Italia), después de descongelarlas y picarlas hasta un diámetro de aproximadamente 10 mm, mezcladas completamente con sal (2% w/v), almidón (1% w/v), y diferentes concentraciones (0,5, 1 y 1,5%) de *Espirulina* en polvo (Bio Algae, Mahdia, Túnez) y se transformaron en hamburguesas de disco de 6 cm de ancho, 1,5 cm de espesor y pesaban 100 g. Las hamburguesas obtenidas se remojaron en aceite de girasol (20 ml) y se colocaron individualmente en latas RO-100 (6,52 cm de diámetro, 3 cm de altura) utilizando una máquina cerradora (Seamer Semiautomática, MOD.AGM, S. Bolonia, Italia). Luego las hamburguesas enlatadas se cocinaron a 70°C durante 40 min utilizando una retorta. Después de enfriar, las latas se almacenaron en 4°C en nevera para análisis posteriores (8 meses). *Espirulina* se utilizaron hamburguesas libres como controles.

2.3. Propiedades fisicoquímicas de la hamburguesa de pescado

Se calibró un medidor de pH (medidor de pH Metrohm-744, Heirisau, Suiza) con soluciones tampón estándar y se usó para medir el pH de *Espirulina*-hamburguesas de pescado enriquecidas y no fortificadas. Su actividad acuosa (a_w) se determinó utilizando un Novasina Thermoconstants SPRINT TH500 (Axair Ltd., Pfäffikon, Suiza) a 25°C . El equipo fue previamente calibrado utilizando las siguientes sales: MgCl_2 , NaCl , BaCl_2 y $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EE. UU.). Todas las mediciones se realizaron por triplicado.

Los espectros de absorción infrarroja de todas las formulaciones de hamburguesas se obtuvieron utilizando el espectrómetro FTIR Cary 630 (Agilent Technologies., Santa Clara, CA, EE. UU.) como lo describen Ben Atitallah et al. [17]. La adquisición y procesamiento de espectros se realizó utilizando el software para PC Agilent MicroLab v.5.3 (Agilent Technologies Inc.).

Los contenidos de sólidos totales (TS) y cenizas se determinaron según lo descrito por Ben Atitallah et al. [17]. El contenido de proteína se estimó utilizando el procedimiento clásico de Kjeldhal de la AOAC International (método 981.10) con un factor de conversión de nitrógeno de 6,25 [7]. [18]. Los lípidos totales se extrajeron mediante el procedimiento modificado de Bligh y Dyer [19]. [19] y medido como lo describen Fendri et al. [20]. La determinación de fibras dietéticas totales en muestras de hamburguesas se realizó según el método descrito por Barkallah et al. [21]. El contenido de clorofilas y carotenoides se estimó según lo descrito por Lichtenthaler y Wellburn [27]. [22] y Kumar et al. [23]. La determinación de *c*-ficocianina se llevó a cabo según el protocolo descrito por Bennet y Bogorad [19]. [24].

2.4. Propiedades funcionales de la hamburguesa de pescado

La capacidad de hinchamiento (SWC) de las hamburguesas de pescado en polvo se determinó según lo descrito por Kuniak y Marchessault [2]. [25]. El SWC se expresó como ml de muestra hinchada/g de peso seco (ml/g de peso seco). Todas las mediciones se realizaron por duplicado.

La capacidad de retención de agua (WHC) de las hamburguesas de pescado en polvo se determinó según lo descrito por Okezie y Bello [19]. [26]. La muestra se pesó inmediatamente y el WHC de las muestras de hamburguesas se expresó como g de agua/g de peso seco. Todos los análisis se realizaron por duplicado.

La capacidad de retención de aceite (OHC) de las hamburguesas en polvo se determinó según lo descrito por Wong y Cheung [19]. [27]. El OHC de las muestras de hamburguesas se expresó como g de aceite retenido/g de muestra (g/g de peso seco).

2.5. Evaluación sensorial

Los atributos de las hamburguesas de pescado fueron evaluados por 20 panelistas mujeres y 10 hombres de edades comprendidas entre 20 y 45 años. El panel de degustación estuvo integrado por investigadores y empleados de la unidad piloto de procesamiento de pescado de Tabarka. Se distribuyeron muestras de hamburguesas en platos de poliestireno blanco y se mostraron a los panelistas con códigos de tres dígitos en orden aleatorio. Los experimentos se realizaron en una sala de evaluación sensorial equipada con luz blanca y ventilación controlada; Se sirvió agua con el fin de limpiar la boca.

entre muestras. Los miembros del panel evaluaron las hamburguesas en cuanto a sabor, cuerpo y textura, color, apariencia y olor basándose en una escala hedonista tradicional de 5 puntos (1 = muy mala, 2 = mala, 3 = ni mala ni buena, 4 = buena y 5 = muy bueno) para cada parámetro [17]. Se considerará una puntuación de 4 como umbral de aceptación de la hamburguesa de pescado.

2.6. Análisis de color

La evaluación del color de productos no fortificados y *Espirulina*-Las hamburguesas de pescado fortificadas se realizaron utilizando un espectrocolorímetro (Konica Minolta, Chroma Meter, CR400, Japón), calibrado con placas de cerámica blanca y negra. Se midió un valor de color promedio tomando medidas desde diferentes puntos (dos en la parte superior y tres en la parte inferior) de la misma muestra, y se anotaron los valores del espacio de color $L^*a^*b^*$ [4].17].

2.7. Análisis textural

Todos los análisis de textura instrumental se llevaron a cabo en formulaciones de hamburguesas de pescado almacenadas a 4 ° C durante 24 h utilizando un analizador de textura profesional con sonda de cuchilla (Texture Analyzer, TA Plus, Lloyd Instruments, Inglaterra). Los parámetros de textura se determinaron e interpretaron según lo descrito por Bourne [19].28].

2.8. Evaluación de propiedades antioxidantes mediante métodos DPPH y FRAP

La actividad eliminadora de radicales libres de muestras de hamburguesas de pescado se estimó utilizando el método DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo) de Bersuder et al. [29]. El poder antioxidante reductor férrico (FRAP) de las hamburguesas de pescado se determinó según lo descrito por Yildirim et al. [30]. Todas las reacciones antioxidantes se realizaron por triplicado.

2.9. Análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos de las hamburguesas de pescado se realizaron durante todo el período de almacenamiento (8 meses). las pruebas para *Escherichia coli*, Enterobacterias, mohos, levaduras, coliformes y patógenos transmitidos por los alimentos (*Salmonella* especies, *Shigella* especies, *Listeria monocytogenes*, 1999 .*Bacillus cereus* y *Estafilococo aureus*) se llevaron a cabo utilizando los métodos microbiológicos estándar para el análisis de alimentos listos para el consumo [4].31, 1999 .32]. Después del enriquecimiento, las muestras de hamburguesas se sembraron en agar polimixina-acriflavina-cloruro de litio-ceftazidima-esculina-manitol (PALCAM) (Conda, Madrid, España), agar Baird Parker (Oxoid Ltd., Basingstoke, Reino Unido) y *Salmonella-Shigella* (SS) agar (Conda) para la detección de *Listeria monocytogenes*, 1999 .*Estafilococo aureus* y *Salmonella-Shigella*, respectivamente. Se seleccionaron tres presuntas colonias de cada placa para su caracterización bioquímica [14].30]. Se utilizaron pruebas bioquímicas para confirmar *Estafilococo aureus* fueron la prueba de coagulasa, prueba de catalasa, producción de indol, prueba de rojo de metilo, reacción de Voges-Proskauer, producción de ureasa, utilización de citrato y fermentación de azúcar. *Listeria monocytogenes*, 1999 .*Salmonella* y *Shigella* las colonias se caracterizaron bioquímicamente utilizando API *listeria* y kits de prueba API 20E (BioMerieux Inc., Lyon, Francia), respectivamente. Las hamburguesas también fueron analizadas para detectar la presencia de coliformes y *Escherichia coli* utilizando el método del número más probable (MPN) [31]. Los mohos y las levaduras se detectaron y enumeraron diluyendo 1 g de muestra de hamburguesa en 9 ml de agua con peptona al 0,1 % (Conda), seguido de dos minutos de homogeneización a 2000 rpm utilizando el homogeneizador portátil. Posteriormente, se realizaron diluciones seriadas usando agua de peptona al 0,1% y luego las muestras se sembraron en placas usando agar dextrosa de papa (Conda) acidificado a pH 3,5 con una solución de ácido tartárico al 10%. Luego todas las placas se incubaron a 25°C y las colonias se contaron después de 3 días. Los resultados se expresaron como UFC/g.17].

2.10. Análisis estadístico

Las determinaciones analíticas se realizaron al menos por duplicado y los valores obtenidos se expresaron como media y desviación estándar (DE). Se realizó la comparación de medias de valores entre diferentes tratamientos.

se efectuó utilizando una prueba ANOVA unidireccional seguida de pruebas de rango múltiple de Duncan (DMRT) post hoc; *pag* se consideraron estadísticamente significativos valores < 0,05). Para este propósito se utilizó el paquete de software IBM SPSS versión 19.0 (IBM Corp., EE. UU.).

3. Resultados y discusión

3.1. Resultados preliminares

Se evaluaron el sabor, regusto, olor, color, textura y aceptabilidad general de las hamburguesas de pescado enlatadas. Los resultados se muestran en la tabla 1. . . En general, los resultados hedónicos mostraron mejores puntuaciones para las hamburguesas de carpa y barbo enriquecidas con 0,5 y 1%, respectivamente. *w/v* ser *Espirulina*. . . Estadísticamente, las formulaciones con mayor *Espirulina* la concentración (1,5%) poseía una aceptabilidad sensorial inferior para la mayoría de las características organolépticas en comparación con las formulaciones con la menor aceptabilidad sensorial. *Espirulina* concentraciones (*pag*<0,05) y controles (*pag*<0,05) (tabla 1). El sabor inadecuado causado por la suplementación con una alta concentración de *Espirulina* está relacionado con los compuestos obtenidos de la oxidación de lípidos y con los minerales que no solo operan como moléculas prooxidantes sino que también pueden producir sabores metálicos indeseables [1]. [33]. Sin embargo, las puntuaciones de sabor de las hamburguesas de carpa y barbo están formuladas con 0,5 y 1% respectivamente. *Espirulina* fueron similares a las hamburguesas de pescado de control (*pag*>0,05) (tabla 1). La adición de microalga modificó el color de las hamburguesas de carpa y barbo de blanco amarillento a verde, dependiendo de la concentración de microalga añadida. Los panelistas consideraron que esta característica era una característica sensorial inapropiada (aparición del color) (*pag*<0,05). La disminución en el color agradable podría explicarse por el hecho de que los lotes alcanzaron *Espirulina* mostró un aumento en el color verde a medida que aumentaba la cantidad de clorofilas, lo que resulta en un color muy diferente al esperado en una hamburguesa de pescado de control. En el caso de la textura en boca, algunos miembros del panel declararon que la textura de la hamburguesa mejoraba al aumentar el porcentaje de *Espirulina*; sin embargo, estas diferencias fueron significativas (*pag*<0,05) en comparación con los controles solo para formulaciones de carpa (Tabla 1).

Tabla 1. Puntuaciones medias de los panelistas de degustación (n = 30) para las propiedades sensoriales de las hamburguesas control y fortificadas con diferentes porcentajes (0,5, 1 y 1,5%) de *Espirulina*. . .

Propiedades sensoriales	Hamburguesa de pescado		Formulaciones		
	Tipos		0,5% <i>Espirulina</i>	1% <i>Espirulina</i>	1,5% <i>Espirulina</i>
		Controlar hamburguesa	0,5% <i>Espirulina</i> Hamburguesa de pescado	1% <i>Espirulina</i> Hamburguesa de pescado	1,5% <i>Espirulina</i> Hamburguesa de pescado
Gusto	CB	4.42±0,05	4.48±0,145	4.26±0,179	3,98±0.034 ^{bfg}
	CAMA Y DESAYUNO	4.12±0,53	4.03±0,42	3,98±0,296	3.02±0.203 ^{ceh}
Regusto	CB	4.35±0,296	4.13±0.014	4.11±0,015	3,99±0.020 ^a
	CAMA Y DESAYUNO	4.08±0.251	4.10±0.428	4.07±0.381	3.39±0.307 ^{agregar}
Olor	CB	3,99±0.021	4.03±0.024	4.04±0.050	4.02±0.017
	CAMA Y DESAYUNO	4.01±0.283	4.00±0.261	4.01±0.312	4.05±0.311
Color	CB	4.26±0,08	4.29±0,06	4.15±0,07	3.91±0,08 ^{cfh}
	CAMA Y DESAYUNO	4.01±0,432	4.02±0.419	4.02±0.521	3,88±0,489
textura de la boca	CB	4.03±0.090	4.09±0.060	4.24±0.050 ^{bd}	4.17±0.022 ^a
	CAMA Y DESAYUNO	3,98±0.123	4.09±0.327	4.02±0.222	4.01±0.284
Aceptabilidad general	CB	4.12±0.032	4.12±0.020	4.13±0.034	4.03±0.023 ^{beh}
	CAMA Y DESAYUNO	4.12±0,156	4.11±0.238	4.08±0.145	3.80±0,05 ^{agregar}

CB: hamburguesas de carpa; BB: hamburguesas de barbo; Control versus control. hamburguesas fortificadas (0,5%, 1% y 1,5%); ^a*pag*<0,05; ^b*pag*<0,01; ^c*pag*<0,001; 0,5% *Espirulina* hamburguesas versus hamburguesas 1 y 1,5% *Espirulina* hamburguesas; ^d*pag*<0,05; ^e*pag*<0,01; ^fpara *pag*<0,001; 1% *Espirulina* hamburguesas versus hamburguesas 1,5% *Espirulina* hamburguesas; ^gpara *pag*<0,05; ^h*pag*<0,01.

En general, los tratamientos con 1,5% de *Espirulina* minimizó la calidad sensorial de las hamburguesas de pescado, especialmente desde el punto de vista del sabor y el regusto. Según estos resultados, parece que el 0,5% *Espirulina*

la concentración es el nivel umbral que no tiene efectos significativos sobre la calidad sensorial de los productos pesqueros; sin embargo, los miembros del panel todavía estaban satisfechos con las hamburguesas de pescado que contenían un 1% de contenido añadido. *Espirulina*. . . Así, las hamburguesas de carpa y barbo fortificadas con 0,5 y 1% de *Espirulina* fueron elegidos para análisis adicionales para evaluar sus propiedades fisicoquímicas.

El *Espirulina* La incorporación a la composición de la hamburguesa de pescado no tuvo un efecto significativo sobre los valores de pH (Tabla 2). Además, la adición de *Espirulina* (para cualquier concentración) no modificó ($p > 0,05$) el contenido de proteínas y grasas (Tabla 2) para los dos tipos de hamburguesas. Estos contenidos fueron confirmados cualitativamente mediante análisis FTIR (Figura 1). 1A, B). La fuerte absorción en la región de 3200 cm^{-1} corresponde a la vibración de estiramiento del hidroxilo (OH) de proteínas y agua residual. La fuerte absorción en la región de 3000 y 2800 cm^{-1} corresponde al estiramiento de NH_2 grupos, lo que refleja el alto contenido de proteínas en las muestras de hamburguesas. El espectro proteico se caracterizó por la presencia de picos de absorción a 1624 y 1522 cm^{-1} atribuido a los grupos NH y C = O de las amidas I (1590-1650 cm^{-1}) y el estiramiento de grupos NH y grupos N = O asimétricos de amida II (1500-1560 cm^{-1}) [34]. El espectro lipídico se caracterizó por la presencia de picos de absorción a 2922, 2852 y 1742 cm^{-1} atribuido al estiramiento de $Vs(CH_2)_2$, $Vs(CH_2)$ y $V(C=O)$, respectivamente, mientras que el pico de absorción está en 1377 cm^{-1} Mostró principalmente las vibraciones de estiramiento de CO de los ácidos carboxílicos [19]. [34]. Los picos de absorción se encontraron entre 950 y 1200 cm^{-1} representan carbohidratos [17]. En comparación con el control, *Espirulina* -Las muestras fortificadas no mostraron una aparición significativa de picos de absorción específicos para los dos tipos de hamburguesa de pescado (Figura 1A, B).

Tabla 2. Valores medios para las características fisicoquímicas de control y *Espirulina*-hamburguesas fortificadas una semana después de su elaboración.

fisicoquímico Características	Hamburguesa de pescado Tipos	Formulaciones de hamburguesas		
		Controlar hamburguesa	0,5% <i>Espirulina</i> sh hamburguesa	1% <i>Espirulina</i> sh hamburguesa
pH	CB	7.21±0,07	7.16±0,01	7.17±0,01
	CAMA Y DESAYUNO	7.14±0,02	7.1±0,015	7.07±0.025
Actividad del agua (unaw)	CB	0.982±0,000	0,979±0,000a	0.978±0,000c
	CAMA Y DESAYUNO	0.982±0.001	0.974±0,000c	0.969±0.001cf
Humedad (% FW)	CB	77.03±0.055	76,55±0.053	76,36±0,078
	CAMA Y DESAYUNO	77,57±0,32	77,17±0,072a	77.00±0,046b
Sólidos totales (% FW)	CB	22,96±0.055	23.44±0.053c	23.63±0,078ce
	CAMA Y DESAYUNO	22.43±0,32	22,82±0,072	23±0,046a
Proteína (% PS)	CB	79,66±0.119	79,50±0.019	79,20±0.096
	CAMA Y DESAYUNO	78,24±0,125	78.21±0.070	78.02±0.012a
Grasa (% PS)	CB	7,79±0,15	7,67±0,04	7.46±0.068
	CAMA Y DESAYUNO	8.33±0,085	8.25±0.095	8.24±0.010
Cenizas (% DW)	CB	11.12±0.105	11.18±0.013	11.69±0,046cf
	CAMA Y DESAYUNO	11.53±0,03	11.56±0.315	11.84±0.155cf
Fibra dietética total (gramo/100 g peso seco) *	CB	0,32±0.024	0,5±0,075c	0,76±0.024cf
	CAMA Y DESAYUNO	0.203±0,000	0.308±0,016a	0.817±0,158cf

CB: hamburguesa de carpa; BB: hamburguesa de barbo; Control versus control. hamburguesas fortificadas (0,5%, 1% y 1,5%): $a_{p < 0,05}$; $b_{p < 0,01}$; $c_{p < 0,001}$; 0,5% *Espirulina* hamburguesas versus hamburguesas 1 y 1,5% *Espirulina* hamburguesas: $d_{p < 0,05}$; $m_{p < 0,01}$; $para_{p < 0,001}$; El porcentaje se calcula en relación con el peso seco (PS) para lípidos, proteínas, grasas y cenizas, mientras que el contenido de humedad y los sólidos totales se expresan con respecto al peso fresco (FW).

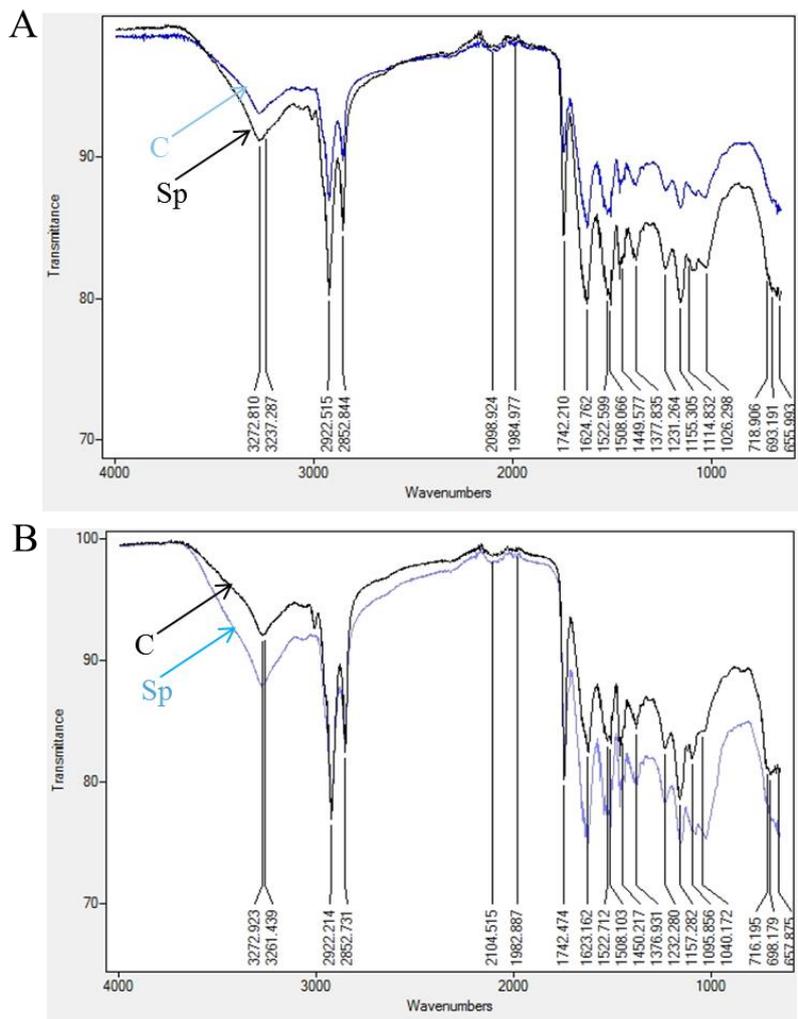


Figura 1. Espectros FTIR de control (c). *Espirulina*-hamburguesas fortificadas hechas de barbo (A) y carpa (B).

Sin embargo, se encontró que los contenidos de sólidos totales (TS), fibras dietéticas totales y cenizas eran más altos en las hamburguesas fortificadas de carpa y barbo. *Espirulina* ($p < 0,05$) (tabla 2). Para formulaciones de carpa, los TS del control y las hamburguesas fortificadas con 0,5 y 1% de *Espirulina* fueron 22,96, 23,44 y 23,63%, respectivamente. Hubo una diferencia significativa en términos de TS entre estas 3 formulaciones ($p < 0,001$) (Tabla 2). Este aumento no fue significativo entre las formulaciones de barbos. Del mismo modo, los valores de fibra dietética de todos *Espirulina*-las hamburguesas fortificadas fueron significativamente ($p < 0,01$) aumentó en comparación con el de las hamburguesas de control. Probablemente esto se debió al alto contenido de fibra dietética de *Espirulina*. . . Para los dos tipos de hamburguesa de pescado, las muestras fueron tratadas con 0,5% de *Espirulina* mostrando significativamente ($p < 0,001$) valores más bajos para las fibras dietéticas en comparación con las muestras tratadas con 1% de *Espirulina*. . . El alto contenido de fibra dietética de las hamburguesas fortificadas podría haber desempeñado un papel importante en la reducción del nivel de actividad del agua (a_w) en comparación con las hamburguesas de control [35]. Además, *Espirulina* aumentó el contenido de cenizas de las hamburguesas de carpa y barbo dependiendo de la concentración de microalgas (Tabla 2). Estos hallazgos son consistentes con resultados anteriores que indicaron la riqueza de *Espirulina* en minerales [21]. Las variaciones en estos parámetros fisicoquímicos, especialmente con respecto al contenido de fibras dietéticas, pueden afectar otros parámetros funcionales como la capacidad de retención de agua y aceite. Según los resultados obtenidos, las hamburguesas de carpa y barbo suplementadas con un 1% de *Espirulina* fueron seleccionados como los mejores productos finales y seleccionados para análisis adicionales para evaluar sus propiedades texturales, funcionales, microbiológicas y antioxidantes.

3.2. Parámetros texturales

Actualmente, la enmienda textural es una de las modalidades más utilizadas en la evaluación y tratamiento de las dificultades para tragar (disfagia). Es un criterio esencial utilizado para definir la calidad organoléptica de los productos alimenticios. Mesa3 muestra el efecto de agregar 1% de *Espirulina* sobre las propiedades texturales de las hamburguesas de pescado.

Tabla 3. Parámetros obtenidos mediante analizador de textura para hamburguesas control y fortificadas con diferentes concentraciones de *Espirulina*. . . .

Parámetros texturales	Tipos de hamburguesas de pescado	Formulaciones de hamburguesas	
		Controlar hamburguesa	1% <i>Espirulina</i> y hamburguesa de pescado
Dureza (N)	CB	8.35	13.53c
	CAMA Y DESAYUNO	6.69	7.39a
Elasticidad (cm)	CB	0,36	0,38
	CAMA Y DESAYUNO	0,56	0,85c
Masticabilidad (N.cm)	CB	1.11	2.21c
	CAMA Y DESAYUNO	0,88	2.40c
Gomosidad (N)	CB	3.09	5.84c
	CAMA Y DESAYUNO	1,58	2.83c
Cohesión	CB	0.371	0,432a
	CAMA Y DESAYUNO	0,239	0.383c

CB: hamburguesas de carpa; BB: hamburguesas de barbo; Control versus control. 1% *Espirulina*-Hamburguesas Fortificadas: a

pag

<0,05; b

pag

<0,01; c

pag

<0,001.

En comparación con las hamburguesas de control elaboradas con carpa y barbo, la adición de un 1% *Espirulina* condujo a un aumento en la dureza de 8,35 a 13,53 N (

pag

<0,001) y de 6,69 a 7,39 N (

pag

<0,05), respectivamente. Presumiblemente, esto podría atribuirse a las diferencias de composición entre los no fortificados y los *Espirulina*-hamburguesas fortificadas, lo que da lugar a diferentes proporciones de proteína/grasa/agua, que son elementos determinantes en la consistencia del gel resultante [34]. Estos resultados están de acuerdo con lo informado por Cofrades et al. [36] y Fernández-Martín et al. [37] en hamburguesas con algas añadidas. Sin embargo, Dolea et al. [38] sugirió que la dureza no se modificaba con la adición de aceites esenciales de tomillo y orégano en hamburguesas de salmón y algas. Además, fibras y polisacáridos de *Espirulina* También puede jugar un papel importante en la modificación de la dureza de estos productos procesados.

Dependiendo de la cantidad y tipo de fibras, se han reportado resultados controvertidos sobre la dureza de los productos alimenticios. Por lo tanto, se ha observado tanto endurecimiento como ablandamiento cuando se agregaron fibras a diversos productos alimenticios cocinados [10].39, 1999 .40]. La masticabilidad aumentó significativamente (

pag

<0,001) cuando se añadió la microalga (Tabla3). Estos resultados concuerdan bien con los datos experimentales obtenidos por JimmiPérez Muñoz et al. [41]. Los valores de cohesividad aumentaron cuando *Espirulina*Se añadió y se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el control y el 1%. *Espirulina*-muestras enriquecidas para los dos tipos de hamburguesas de pescado. Resultados de cohesión de hamburguesas de carpa y barbo formuladas con 1% *Espirulina* fueron comparables con los valores reportados por Kumarathunge et al. [42] para hamburguesas catla formuladas con 0,5% (*w/w*) *ulva lactuca*. . . . En la industria, los resultados de textura mencionados podrían considerarse satisfactorios porque *Espirulina* no caracterizó erróneamente las características texturales que ya eran conocidas y aceptadas por los panelistas.

3.3. Propiedades funcionales de las hamburguesas de pescado

Las características funcionales del control y *Espirulina*-Las hamburguesas fortificadas se muestran en la tabla.4. . . .

Tabla 4. Parámetros funcionales de control y *Espirulina*-hamburguesas de pescado fortificadas.

Funcional Características	Tipos de hamburguesas de pescado	Formulaciones de hamburguesas	
		Controlar hamburguesa	1% <i>Espirulina</i> y hamburguesa de pescado
SWC (mL)/g DW) *	CB	3.13±0,115	3.56±0,110a
	CAMA Y DESAYUNO	2,99±0,03	3.43±0,02a
OHC (g/g DW) *	CB	0,85±0,07	0,90±0,017a
	CAMA Y DESAYUNO	0,86±0,014	1.06±0,056a
WHC (g/g DW) *	CB	2.31±0.135	2.78±0.162a
	CAMA Y DESAYUNO	2.12±0,042	2.52±0,042a

CB: Hamburguesas de Carpa y BB: Hamburguesas de Barbo. * Los resultados se expresan como medias.±DE (n = 3). Controlar las hamburguesas versus 100% gratis. *Espirulina*-Hamburguesas Fortificadas: *pag*<0,001.

En comparación con los controles, los valores de WHC son del 1% *Espirulina*-Las hamburguesas fortificadas aumentaron significativamente (*pag*<0,001) de 2,31 a 2,78 y de 2,12 a 2,52 para formulaciones de carpa y barbo, respectivamente (Tabla4). Probablemente esto se debió a la adición de *Espirulina* y bers. El gran WHC de *Espirulina* propone que podría utilizarse como ingrediente natural funcional en tratamientos alimentarios para modificar la viscosidad y la textura, reducir la deshidratación durante el almacenamiento y minimizar el valor energético de los productos alimenticios. Además, diferencias significativas (*pag*<0,001) de valores de OHC también se observaron para los dos tipos de *Espirulina*-hamburguesas fortificadas (Tabla4). Estos valores de OHC podrían ser de particular interés, especialmente para la unión de grasas durante la producción y conservación industrial de alimentos. Esto podría atribuirse a la alta capacidad de unión de agua y aceite de las fibras de microalgas [4].40, 1999 .43]. Sumado a eso, los mayores valores de capacidad de hinchamiento los obtuvieron los *Espirulina*-hamburguesas fortificadas a base de carpa (3,56 ml/g) *pag*<0,001) y barbo (3,43 ml/g) (*pag*<0,001). Las hamburguesas de control mostraron valores significativamente más bajos de capacidad de hinchamiento para la carpa (3,13 ml/g) y el barbo (2,99 ml/g) (Tabla4). Además, la diferencia entre las capacidades funcionales de control y el 1% *Espirulina* Las formulaciones podrían explicarse por las propiedades estructurales de cada material después de la adición de *Espirulina* y bers. Estos resultados están de acuerdo con estudios previos [4].37, 1999 .44, 1999 .45].

3.4. Calidad microbiológica de las hamburguesas de pescado

El proceso de producción de hamburguesas implica una gran manipulación de alimentos crudos y, por lo tanto, la higiene en estos productos alimenticios es una preocupación para la salud pública dada su asociación con enfermedades entéricas [4].39]. En nuestro experimento, no se detectaron mohos, enterobacterias, levaduras, bacterias coliformes ni patógenos transmitidos por los alimentos (*Salmonela* especies, *Shigella* especies, *Listeria monocytogenes*, 1999 .*Bacillus cereus* y *Campilobacter* spp.) fueron detectados en cualquiera de los controles y *Espirulina*-Hamburguesas Fortificadas hasta 8 meses de almacenamiento en-C. La ausencia de estos patógenos indica que las hamburguesas de carpa y barbo estaban limpias y seguras incluso después de un período prolongado de almacenamiento. Estos datos demuestran que el procesamiento de los productos pesqueros finales se realizó en perfectas condiciones higiénico-sanitarias.

3.5. Medición del color de muestras de hamburguesas

Debido a la importante influencia de los colorantes alimentarios en la aceptación de los consumidores, el color de la superficie de las hamburguesas de carpa y barbo se ha interpretado en valores de índices de color (L*, a*, b*) que pueden explicar la diferencia entre los diferentes tratamientos que utilizan una fuente de iluminación estándar (Tabla5).

Tabla 5. Análisis de color de hamburguesas de control y *Espirulina*-hamburguesas fortificadas.

Parámetros de color	Tipos de hamburguesas de pescado	Formulaciones de hamburguesas	
		Controlar hamburguesa	1% <i>Espirulina</i> y hamburguesa de pescado
L*	CB	46,75±0.335	40.23±0.961 _a
	CAMA Y DESAYUNO	40,6±0,07	33.27±0.530 _a
a*	CB	10.65±0,22	6.23±0.084 _a
	CAMA Y DESAYUNO	8.18±0.084	5.2±0,098 _a
b*	CB	11.39±0,715	7.77±0,692 _a
	CAMA Y DESAYUNO	18.11±0.664	5.73±0.001 _a

CB: hamburguesas de carpa; BB: hamburguesas de barbo; Controlar las hamburguesas *versus* 100% *gratis* *Espirulina*-Hamburguesas Fortificadas.; $pag < 0,001$.

El valor L* mide el brillo de las muestras de alimentos, variando de 0 (negro) a 100 (blanco) [40]. En hamburguesas cocidas, la luminosidad (L*) disminuyó cuando *Espirulina* fue añadido. Diferencias estadísticamente significativas ($pag < 0,001$) se encontraron entre el 1% *Espirulina*-muestras fortificadas y las muestras de control y esto se debe a los colores más oscuros obtenidos de *Espirulina*. . . . Especulamos que los azúcares reductores derivados de la hidrólisis de *Espirulina* Los polisacáridos durante la producción de hamburguesas pueden provocar la reacción de Maillard para formar melanoidinas marrones [19].46]. Además, esta disminución podría atribuirse a diferencias en la composición, lo que da como resultado diferentes cantidades de pigmentos (clorofilas y ficocianina) y agua, que es un elemento determinante en el producto de color resultante [1].40]. Estos resultados indican que *Espirulina* no tiene tendencia a aclarar el color de la hamburguesa. De hecho, estos resultados son consistentes con los obtenidos por Senthil et al. [47]. Además, las hamburguesas de carpa y barbo están fortificadas con un 1% de *Espirulina* Los polvos se caracterizaron por valores de a* y b* significativamente bajos ($pag < 0,001$), lo que indica que el color amarillo disminuyó a un color verdoso (Tabla 5). Esto podría explicarse principalmente por el hecho de que *Espirulina* es rico en clorofilas. Estos datos podrían ser útiles para predecir el efecto de *Espirulina* del color convencional de los productos donde será utilizado. Además, podemos argumentar que *Espirulina* Los pigmentos también podrían ser útiles como colorantes naturales en productos pesqueros.

3.6. Propiedades antioxidantes de las hamburguesas de pescado

Actualmente, se ha prestado mucho interés a una parte considerable de los alimentos enriquecidos con sustancias bioactivas, generalmente derivadas de plantas, algas y microalgas gracias a su seguridad y eficacia en la curación de diversos trastornos humanos. De hecho, la actividad antioxidante de las microalgas resultó de su abundancia en eliminadores de radicales libres enzimáticos y no enzimáticos. Por lo tanto, para estimar la entrada de *Espirulina* Para determinar las capacidades antioxidantes de las hamburguesas, se utilizaron dos métodos diferentes: los ensayos de eliminación de radicales libres FRAP y DPPH. Los resultados de estos métodos se resumen en la tabla.6

En comparación con las hamburguesas de control, la adición de *Espirulina* en las hamburguesas aumentaron significativamente sus actividades antioxidantes ($pag < 0,001$) así como su clorofila ($pag < 0,001$), carotenoide ($pag < 0,001$) y ficocianina ($pag < 0,001$) contenido (Tabla 6). Además, se observó claramente una correlación positiva entre la actividad antioxidante y el contenido de pigmentos. A una concentración de muestra de 10 mg/ml, las hamburguesas de carpa y barbo que contienen 1% de *Espirulina* mostraron actividades de eliminación de DPPH significativamente mayores (86,76 y 94,09 %, respectivamente) que las hamburguesas de control (56,28 y 40,09 %). $pag < 0,001$ (Tabla 6). Además, también se observó una tendencia comparable en el caso del FRAP. De hecho, las actividades reductoras de hierro para las hamburguesas de carpa fortificadas y no fortificadas con 1% de *Espirulina*, fueron iguales a 0,31 y 0,651 ($pag < 0,001$) respectivamente, a una concentración de muestra de 10 mg/ml (Tabla 6). Del mismo modo, diferencias significativas ($pag < 0,001$) también se encontraron para formulaciones de barbo entre 1% *Espirulina*-muestras y controles enriquecidos (Tabla 6). El aumento de la eliminación de radicales libres puede atribuirse al aumento de los carotenoides [4].48, 1999 .49], clorofilas [50], ficocianina [51, 1999 .52] y polisacáridos [45] contenido, que jugó un papel importante en la protección de las células del cuerpo contra el estrés oxidativo y muchas otras enfermedades. En este sentido,

los polisacáridos inmunes de *Espirulina* mejoran la actividad enzimática del núcleo celular y la síntesis de reparación del ADN, además de ser una especie beneficiosa para el sistema inmunológico [53, 1999 .54]. Además, se demostró que estos polisacáridos tienen altas actividades de eliminación de radicales superóxido e hidroxilo y un poder reductor moderado de una manera dependiente de la concentración [1].11, 1999 .46, 1999 .55]. Estos resultados también indicaron que el procesamiento de hamburguesas de pescado no tuvo un efecto negativo sobre los componentes antioxidantes.

Tabla 6. Contenido de pigmentos y actividades antioxidantes de control y 1% *Espirulina*-hamburguesas fortificadas.

Parámetros de color	Tipos de hamburguesas de pescado	Formulaciones de hamburguesas	
		Controlar hamburguesa	1% <i>Espirulina</i> hamburguesa de pescado
Clorofilas (mg/100 g peso seco)	CB	0	23,93±1.675a
	CAMA Y DESAYUNO	0	20.05±1,97a
Ficocianina (mg/100 g peso seco)	CB	0	0,431±0.033a
	CAMA Y DESAYUNO	0	0.446±0,199a
carotenoides (mg/100 g peso seco)	CB	0	12.39±0,657a
	CAMA Y DESAYUNO	0	14.06±0,848a
Actividad carroñera (%) *	CB	56,28	86,76a
	CAMA Y DESAYUNO	40.09	94.09a
Potencia reductora *	CB	0.315	0.615a
	CAMA Y DESAYUNO	0.410	0.584a

CB: hamburguesas de carpa; BB: hamburguesas de barbo; Controlar las hamburguesas *versus* 100% gratis. . . . *Espirulina*-Hamburguesas Fortificadas: a pag <0,001; * La actividad eliminadora de los radicales libres DPPH (%) y el poder reductor (absorbancia a 700 nm) se determinaron a una concentración de muestra de 10 mg/ml.

4. Conclusiones

La suma de *Espirulina* Parece una alternativa tecnológica prometedora para la elaboración de productos pesqueros, como hamburguesas de carpa y barbo, porque se podría mejorar la imagen natural y saludable de estos productos ante los consumidores. Además de su papel como componente nutricional, *Espirulina* Sirve como una fuente adecuada de antioxidantes y colorantes naturales beneficiosos. Además, *Espirulina*, rico en fibras dietéticas, desempeña un papel central en el mantenimiento de la textura de los productos pesqueros finales al mejorar sus propiedades funcionales (capacidad de retención de agua y aceite). Según estos resultados, la adición del 1% de *Espirulina* en el enlatado de hamburguesas de pescado se puede recomendar ya que *Espirulina* Es una fuente natural de notables compuestos bioactivos (clorofilas, carotenoides y ficocianina). Por lo tanto, la microalga evaluada podría ser una alternativa eficaz a la fortificación con suplementos químicos sintéticos que pueden provocar efectos indeseables en los consumidores. La selección razonable de *Espirulina* como agente fortificante en productos a base de pescado parece ser sustancial y proporciona alimentos que satisfacen al consumidor y son beneficiosos para su salud.

Contribuciones de autor: MB, ABA, FH y MD llevaron a cabo la producción y análisis de hamburguesas de pescado. BH llevó a cabo el análisis estadístico. MB, IF y SA participaron en el diseño del estudio. MB, SI, MAA, PM y SA concibieron el estudio, participaron en su diseño y coordinación y ayudaron a redactar el manuscrito. Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final.

Fondos: El estudio contó con el apoyo del Ministerio de Educación Superior e Investigación Científica de Túnez. Los financiadores no tuvieron ningún papel en el diseño del estudio, la recopilación y el análisis de datos, la decisión de publicar y la preparación del manuscrito.

Conflictos de interés: Los autores confirman que no tienen conflictos de intereses con respecto al estudio descrito en este manuscrito.

Referencias

1. Gökoglu, N.; Yerlikaya, P. (1999). *Enfriamiento, Refrigeración y Congelación de Productos del Mar: Ciencia y Tecnología*, 1ª ed.; John Wiley and Sons, Ltd.: Chichester, Reino Unido, 2015.
2. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Departamento de Pesca y Acuicultura, 2015. Disponible en línea: <http://www.fao.org/fishery/en> (consultado el 27 de julio de 2015).
3. Pascoe, S. Los miles de millones hundidos: la justificación económica para la reforma pesquera. *Mar. Recurso. Economía*. **2012**, 1999 .27, 193-194. [Referencia cruzada]
4. Mancini, I.; Defant, A.; Mesarič, T.; Potočnik, F.; Batista, U.; Guella, G.; Turco, T.; Sepčić, K. Composición de ácidos grasos del barbo común (*barbus barbus*) huevas y evaluación de sus actividades hemolíticas y citotóxicas. *toxico* **2011**, 1999 .57, 1017-1022. [Referencia cruzada] [PubMed]
5. Maiditsch, IP; Ladich, F. Efectos de la temperatura sobre la sensibilidad auditiva en peces euritermales: carpa común *ciprinus carpio* (Familia *ciprinidos*) versus bagre galés *Siluro glanis* (Familia *Siluridae*). *Más uno* **2014**, 1999 .9, e108583. [Referencia cruzada]
6. Ljubojevic, D.; Trbovic, D.; Lujic, J.; Bjelic-Cabrillo, O.; Kostic, D.; Novakov, N.; Cirkovic, M. Composición de ácidos grasos del pescado de aguas continentales. *Bulto. J. Agrícola. Ciencia*. **2013**, 1999 .19, 62-7
7. Cedola, A.; Cardinali, A.; Nobile, ENOJADO; Conte, A. Hamburguesas de pescado enriquecidas con subproducto industrial de aceite de oliva. *En t. J. Ciencia de los alimentos. Nutrición*. **2017**, 1999 .5, 837-8 [Referencia cruzada] [PubMed]
8. Carrocho, M.; Barreiro, MF; Morales, P.; Ferreira, ICFR Agregar moléculas a los alimentos, pros y contras: una revisión sobre aditivos alimentarios sintéticos y naturales. *compr. Rev. P. Ciencia de los alimentos. Comida limpia*. **2014**, 1999 .13, 377-399. [Referencia cruzada]
9. Ben Love, F.; Barkallah, M.; Elleuch, F.; Karkouch, N.; Dammak, M.; Barmia, b.; Villeneuve, P.; Abdelkafi, S.; Fendri, I. *Cianobacterias* como fuente de compuestos bioactivos marinos: Detección molecular específica basada Δ9 gen desaturasa. *En t. J. Biol. Macromol.* **2017**, 1999 .105, 1440-1445. [Referencia cruzada]
10. Parque, WS; Kim, HJ; Li, M.; Lim, DH; Kim, J.; Kwak, SS; Kang, CM; Ferruzzi, MG; Ahn, MJ Dos clases de pigmentos, carotenoides y C-ficocianina, en *Espirulina* Polvos y sus actividades antioxidantes. *Moléculas* **2018**, 1999 .23, 2065. [Referencia cruzada] [PubMed]
11. Kurdo, F.; Samavati, V. Polisacáridos solubles en agua de *Espirulina platensis*: Extracción y actividad anticancerígena in vitro. *En t. J. Biol. Macromol.* **2015**, 1999 .74, 498-5 [Referencia cruzada] [PubMed]
12. Ghaeni, M.; Roomiani, L. Revisión de la aplicación y efectos medicinales de *Espirulina*, *Espirulina platensis* microalgas. *joat* **2016**, 1999 .3, 114-117. [Referencia cruzada]
13. Suliburska, J.; Szulinska, M.; Tinkov, AA; Bogdański, P. Efecto de *Espirulina máxima* Suplementación sobre el estado de calcio, magnesio, hierro y zinc en pacientes obesos con hipertensión tratada. *Biol. Elemento de seguimiento. Res.* **2016**, 1999 .173, 1-6 [Referencia cruzada]
- [CrossRef] [PubMed] 14. Wang, Z.; Zhang, X. Efectos inhibidores de pequeños péptidos moleculares de *Espirulina (artrosira) platensis* sobre el crecimiento de células cancerosas. *Función alimentaria*. **2016**, 1999 .7, 781-7 [Referencia cruzada] [PubMed]
- [CrossRef] [PubMed] 15. Reichert, M.; Bergmann, SM; Hwang, J.; Buchholz, R.; Lindenberger, C. Actividad antiviral de exopolisacáridos de *Arthrospira platensis* contra el herpesvirus koi. *J. Pescado Dis.* **2017**, 1999 .40, 1441-1450. [Referencia cruzada] [PubMed]
16. Abd El-Baky, HH; El-Baroty, GS Caracterización y bioactividad de la ficocianina aislada de *Espirulina máxima* cultivado bajo estrés salino. *Función alimentaria*. **2012**, 1999 .3, 381-388. [Referencia cruzada]
17. Ben Atitallah, A.; Hentati, F.; Dammak, M.; Hadrich, B.; Fendri, I.; Ayadi, M.-A.; Michaud, P.; Abdelkafi, S.; Barkallah, M. Efecto de la incorporación de microalgas sobre las características de calidad, capacidades funcionales y antioxidantes de hamburguesas de pescado listas para comer elaboradas con carpa común (*ciprinus carpio*). *Aplica. Ciencia*. **2019**, 1999 .9, 1830. [Referencia cruzada]
18. Latimer, GW *ohffi Métodos ciales de análisis de la AOAC Internacional*; AOAC Internacional: Gaithersburg, MD.
19. Bligh, EG; Dyer, WJ Un método rápido de extracción y purificación de lípidos totales. *Poder. J. Bioquímica. Fisiol.* **1959**, 1999 .37, 911-9170. [Referencia cruzada]
20. Fendry, I.; Chaari, A.; Dhouib, H.; Jlassi, B.; Abusalham, A.; carri Síre, F.; Sayadi, S.; Abdelkafi, S. Aislamiento, identificación y caracterización de un nuevo lipolítico. *Pseudomonas* sp., cepa AHD-1, procedente de suelo tunecino. *Aprox. Tecnología.* **2010**, 1999 .31, 87-95. [Referencia cruzada] [PubMed]

21. Barkallah, M.; Dammak, M.; Louati, I.; Hentati, F.; Hadrich, B.; Mechichi, T.; Ayadi, M.-A.; Fendri, I.; Attia, H.; Abdelkafi, S. Efecto de *Espirulina platensis* Fortificación sobre las propiedades fisicoquímicas, texturales, antioxidantes y sensoriales del yogur durante la fermentación y el almacenamiento. *Ciencia de los alimentos LWT. Tecnología*.2017, 1999 .84, 323–3 [Referencia cruzada]
22. Lichtenthaler, HK; Wellburn, AR Determinación de carotenoides totales y clorofilas A y B de hoja en disolventes disueltos. *Bioquímica. Soc. Trans.*1985, 1999 .11, 591–592. [Referencia cruzada]
- [CrossRef] [PubMed] 23. Kumar, P.; Ramakritinan, CM; Kumaraguru, AK Extracción con solventes y determinación espectrofotométrica de pigmentos de algunas especies de algas de la costa de Puthumadam, costa sureste de la India. *En t. J. Océanos Oceanogr.* 2010, 1999 .4, 29-3
- [Referencia cruzada] 24. Bennett, A.; Bogorad, L. Adaptación cromática complementaria en un alga filamentosa de color verde azulado. *J. Biol celular.* 1973, 1999 .58, 419–4 [Referencia cruzada] [PubMed]
25. Kuniak, L.; Marchessault, RH Estudio de la reacción de reticulación entre epíclorhidrina y almidón. *almidón de almidón*1972, 1999 .24, 110-1 [Referencia cruzada]
26. Okezie, BO; Bello, AB Propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina y el aislado de frijol alado en comparación con el aislado de soja. *J. Ciencia de los alimentos.*1988, 1999 .53, 450–4 [Referencia cruzada]
- [CrossRef] [PubMed] 27. Wong, KH; Cheung, PCK Evaluación nutricional de algunas algas marinas rojas y verdes subtropicales. Parte I: composición aproximada, perfiles de aminoácidos y algunas propiedades fisicoquímicas. *Química de los alimentos.*2000, 1999 .71, 475–4 [Referencia cruzada]
28. Bourne, MC Análisis del perfil de textura. *Tecnología alimentaria.*1978, 1999 .32, 62-6
29. Bersuder, P.; Agujero, M.; Smith, G. Antioxidantes de un sistema modelo I de histidina y glucosa calentado: Investigación del papel antioxidante de la histidina y aislamiento de antioxidantes mediante cromatografía líquida de alta resolución. *Mermelada. Química del petróleo. Soc.*1998, 1999 .75, 181-1 [Referencia cruzada]
30. Yildirim, A.; Mavi, A.; Kara, AA Determinación de las actividades antioxidantes y antimicrobianas de *Rumex crujiente* L. Extractos. *J. Agrícola. Química de los alimentos.*2001, 1999 .49, 4083–4089. [Referencia cruzada]
31. Asociación Estadounidense de Salud Pública (APHA). *Compendio de métodos para el examen microbiológico de alimentos*, 4ª ed.; Downes, FP, Ito, K., Eds.; Asociación Estadounidense de Salud Pública (APHA): Washington, DC, EE. UU., 2001.
32. Abdelkafi, S.; Labat, M.; Gam, ZBA; Lorquín, J.; Sayadi, S. Condiciones optimizadas para la síntesis de ácido vanílico en condiciones hipersalinas por *Halomonas elongata* DSM 2581 Células en reposo. *Mundo J. Microbiol. Biotecnología.*2008, 1999 .24, 675–6 [Referencia cruzada]
33. Shimamatsu, H. Producción en masa de *espirulina*, una microalga comestible. *Hidrobiología*2004, 1999 .512, 39–4 [Referencia cruzada]
34. Dammak, M.; Hadrich, B.; Miladi, R.; Barkallah, M.; Hentati, F.; Hachicha, R.; Laroche, C.; Michaud, P.; Fendri, I.; Abdelkafi, S. Efectos de las condiciones nutricionales sobre el crecimiento y la composición bioquímica de *Tetraselmis*. *Enfermedades de salud de lípidos.*2017, 1999 .dieciséis, 41. [Referencia cruzada]
35. Selani, MM; Shirado, GAN; Margiotta, GB; Saldaña, E.; Spada, FP; Piedad, SMS; Contreras-Castle, CJ; Canniatti-Brazaca, SG Efectos del subproducto de la piña y el aceite de canola como sustitutos de la grasa sobre las cualidades fisicoquímicas y sensoriales de las hamburguesas de carne bajas en grasa. *Ciencia de la carne.*2016, 1999 .112, 69–7 [Referencia cruzada]
36. Cofrades, S.; Lopez-Lopescado, yo; Solás, M.; Bravo, L.; JimmiNez-Colmenero, F. Influencia de diferentes tipos y proporciones de algas comestibles añadidas en las características de los sistemas de carne en gel/emulsión baja en sal. *Ciencia de la carne.*2008, 1999 .79, 767–7 [Referencia cruzada] [PubMed]
37. Fernández-Martín, F.; López-López, I.; Cofrades, S.; Colmenero, FJ Influencia de la adición de algas Sea Spaghetti y la sustitución de la grasa animal por aceite de oliva o gel de konjac en la gelificación del rebozado de carne de cerdo. Posible asociación proteína/alginate. *Ciencia de la carne.*2009, 1999 .83, 209–217. [Referencia cruzada]
38. Dolea, D.; Rizo, A.; Fuentes, A.; Barat, JM; Fernández-Segovia, I. Efecto de los aceites esenciales de tomillo y orégano sobre la vida útil de las hamburguesas de salmón y algas. *Ciencia de los alimentos. Tecnología. En t.*2018, 1999 .24, 394–4 [Referencia cruzada]
39. Lopescado-Vargas, JH; Helechoandez-Lopescado, J.; PDMirez-AÁlvarez, J. (1999).A.; Viuda-Martos, M. Características de calidad de la hamburguesa de cerdo adicionada con polvo de albedo-fibra obtenido de maracuyá amarilla (*Passiflora edulis* var. flavicarpa) coproductos. *Ciencia de la carne.*2014, 1999 .97, 270–276. [Referencia cruzada] [PubMed]
40. Huber, E.; Francisco, DL; Biasi, V.; Mezzomo, N.; Ferreira, SRS Caracterización de la fibra vegetal y su uso en la formulación de hamburguesas de pollo. *J. Ciencia de los alimentos. Tecnología.*2016, 1999 .53, 3043–3052. [Referencia cruzada] [PubMed]
41. Muñoz, LMJ; Diaz, es; Rohner, CS; Ramírez, GC; Ambrosio, AF Efectividad del ultrasonido de alta potencia para la preparación de pez león a base de surimi (*pterois volitans*) hamburguesas por preferencia textural, sensorial y de forma. *J. Culin. Ciencia. Tecnología.*2017, 1999 .17, 89-102. [Referencia cruzada]

42. Kumarathunge, Carolina del Norte; Jayasinghe, JMP; Abeyrathne, EDNS Desarrollo de lechuga de mar (*ulva lactuca*) y Catla (*Gato gato*) hamburguesa de pescado rica en proteínas y fibra incorporada. *En t. J. Res. Agrícola. Ciencia.2016*, 1999 .4, 2348–3997.
43. Rohinejad, S.; Koubaa, M.; Barba, FJ; Saljoughian, S.; En medio, M.; Greiner, R. Aplicación de algas marinas para desarrollar nuevos productos alimenticios con mayor vida útil, calidad y propiedades beneficiosas para la salud. *Res. alimentaria. En t.2016*, 1999 .99, 1066-1083. [Referencia cruzada] [PubMed]
44. Lopez-Lopescado, yo; Cofrades, S.; Caneque, V.; Diaz, MT; Iopescado, O.; JimmiNez-Colmenero, F. Efecto de la cocción sobre la composición química de las hamburguesas de carne de res bajas en sal y grasa con Wakame/aceite de oliva añadido, con especial referencia al contenido de ácidos grasos. *Ciencia de la carne.2011*, 1999 .89, 27-3 [Referencia cruzada] [CrossRef] [PubMed]
45. Cox, S.; Abu-Ghannam, N. Mejora del contenido de fitoquímicos y fibra de las hamburguesas de carne con *Himantalia gana*algas marinas. *En t. J. Ciencia de los alimentos. Tecnología.2013*, 1999 .48, 2239–2
46. Luo, A.; Feng, J.; Centro.; Lv, J.; Chen, Colorado; Xie, S. Polisacáridos en *Espirulina platensis* mejorar la capacidad antioxidante de la salchicha estilo chino. *J. Ciencia de los alimentos.2017*, 1999 .82, 2591–2597. [Referencia cruzada] [PubMed]
47. Senthil, MA; Mamatha, B.; Mahadevaswamy, M. Efecto del uso de polvo de algas (*Eucheuma*) sobre la calidad de la chuleta de pescado. *En t. J. Ciencia de los alimentos. Nutrición.2005*, 1999 .56, 327–3 [Referencia cruzada] [PubMed]
48. Goiris, K.; Muylaert, K.; Fraeye, I.; Foubert, I.; De Brabanter, J.; De Cooman, L. Potencial antioxidante de las microalgas en relación con su contenido de fenólicos y carotenoides. *J. Aplica. Ficol.2012*, 1999 .24, 1477–1486. [Referencia cruzada]
49. Bezerra, PQM; Matos, MFR; Ramos, IG; Magalhaes-Guedes, KT; Druzian, JI; Costa, JAV; Nunes, IL Nanodispersión funcional innovadora: combinación de carotenoides de *Espirulina* y albedo de maracuyá amarillo. *Química de los alimentos.2019*, 1999 .258, 397–4 [Referencia cruzada]
50. Ismail, MM; El-Ayouty, YM; Piercey-Normore, M. Papel del pH en la producción de antioxidantes por *Espirulina (artrospira) platensis*. . . . *Braz. J. Microbiol.2016*, 1999 .47, 298–3 [Referencia cruzada]
51. Anbarasan, V.; Kumar, VK; Kumar, PS; Venkatachalam, T. Evaluación in vitro de la actividad antioxidante de las algas verdeazules. *S. platensis*. . . . *En t. J. Farmacéutica. Ciencia. Res.2011*, 1999 .2, 2616–2618.
52. Ben Atitallah, A.; Barkallah, M.; Hentati, F.; Dammak, M.; Feliz, HB; Fendri, I.; Attia, H.; Michaud, P.; Abdelkafi, S. Características fisicoquímicas, texturales, antioxidantes y sensoriales de hamburguesas de pescado enlatadas enriquecidas con microalgas preparadas a partir de carne picada de barbo común. (*barbus barbus*). *Biociencia alimentaria.2019*, 1999 .30, 100417. [Referencia cruzada]
53. Chaiklahan, R.; Chirasuwan, N.; Triratana, P.; Loha, V.; Tía, S.; Bunnag, B. Extracción de polisacáridos de *Espirulina* sp. y su capacidad antioxidante. *En t. J. Biol. Macromol.2013*, 1999 .58, 73–78. [Referencia cruzada]
- [Referencia cruzada] 54. Pugh, N.; Ross, SA; ElSohly, HN; Elsohly, MA; Pasco, DS Aislamiento de tres preparaciones de polisacáridos de alto peso molecular con potente actividad inmunoestimuladora de *Espirulina platensis*, 1999 . *Aphanizomenon hilo dental-aquaey Clorella pyrenoidosa*. . . . *Planta Med.2001*, 1999 .67, 737–7 [Referencia cruzada]
55. J. Chem.onsdotitir, R.; Geirsdotitir, M.; Hamaguchi, PY; Jamnik, P.; Christinsson, HG; Undeland, I. La capacidad de los ensayos de antioxidantes in vitro para predecir la eficacia de un hidrolizado de proteína de bacalao y un extracto de algas pardas para prevenir la oxidación en sistemas modelo de alimentos marinos. *J. Ciencias. Agricultura alimentaria.2015*, 1999 .96, 2125–2 [Referencia cruzada] [PubMed]



©2019 por los autores. Licenciario MDPI, Basilea, Suiza. Este artículo se distribuye bajo la licencia Creative Commons Attribution (CCBY) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).