

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Efecto de la incorporación de la espirulina azul (*Arthrospira plantensis*) en la calidad nutricional y funcional de una premezcla de pancakes: una revisión bibliográfica

Dayanna Nicole Martínez Ochoa
María Paula Moncayo Zubiría
Stefany Nicole Jiménez Haro

Ingeniería en Alimentos

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniería en Alimentos

Quito, 15 de diciembre de 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

Efecto de la incorporación de la espirulina azul (*Arthrospira plantensis*) en la calidad nutricional y funcional de una premezcla de pancakes: una revisión bibliográfica

Dayanna Nicole Martínez Ochoa

María Paula Moncayo Zubiría

Stefany Nicole Jiménez Haro

Nombre del profesor, Título académico

Javier Garrido Espinosa, Msc

Quito, 15 de diciembre de 2020

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Dayanna Nicole Martínez Ochoa

Código: 00138741

Cédula de identidad: 1726929522

Nombres y apellidos: María Paula Moncayo Zubiría

Código: 00131332

Cédula de identidad: 1722908777

Nombres y apellidos: Stefany Nicole Jiménez Haro

Código: 00139793

Cédula de identidad: 1720908431

Lugar y fecha: Quito, 15 de diciembre de 2020

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017)

Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project-in whole or in part-should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017)

Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

La espirulina proveniente de una microalga, es considerada un superalimento por su alto contenido de proteínas, así como un sinnúmero de vitaminas y minerales. Es por esto que es altamente recomendado para atletas de alto rendimiento. Su producción es fácil y económica y la demanda comercial es alta por todas las características benéficas que posee. El objetivo de esta revisión bibliográfica fue estudiar los beneficios y efectos de la Spirulina plantesis en concentraciones de 1% y 2% en una premezcla de pancakes. Se analizaron no solo propiedades físicas sino propiedades organolépticas mediante pruebas sensoriales, como color, apariencia, sabor, entre otras. Los resultados mostraron un incremento significativo en el contenido de proteína para las dos formulaciones, así como también una aceptación favorable del producto.

Palabras clave: Espirulina, microalga, superalimento, pancakes, premezcla.

ABSTRACT

Spirulina from microalgae, is considered a superfood due to its high protein content, as well as countless vitamins and minerals. Therefore, it is highly recommended for high performance athletes. Its production is easier, cheaper and the commercial demand is high for all the beneficial characteristics it possesses. The objective of this bibliographic review was to study the benefits and effects of *Spirulina plantesis* in concentrations of 1% and 2% in a pancake premix. Not only physical properties but organoleptic properties were analyzed through sensory tests, such as color, appearance, flavor, among others. The results showed a significant increase in protein content for the two formulations, as well as a favorable acceptance of the product.

Keywords: Spirulina, microalgae, superfood, pancakes, premix.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	10
2. BASES DE DATOS DE APOYO.....	12
3. METODOLOGÍA.....	13
3.1 Definición del problema.....	14
3.2. Búsqueda de información.....	14
3.3. Organización de la información.....	16
3.4 Análisis de la información.....	18
Propiedades Funcionales.....	18
Aporte nutricional.....	19
Espirulina y la prevención de enfermedades.....	22
Formulación de pancakes.....	23
4. CONCLUSIONES.....	24
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Bases de datos de apoyo para la gestión documental	12
Tabla 2: Resultados búsqueda en diferentes bases de datos	15
Tabla 3: Composición nutricional de la espirulina por cada 100g	19
Tabla 4: Formulaciones de premezcla de pancakes con diferentes proporciones de espirulina	24

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Material consultado durante la búsqueda de información	16
Figura 2: Organización de la información por medio de la herramienta Mendeley Reference Manager.....	17

1. INTRODUCCION

En la actualidad, existe una gran tendencia por productos con propiedades funcionales entre los cuales se ha popularizado mucho las microalgas, estas se han utilizado durante muchos años en la nutrición humana y animal y han recibido gran atención debido a sus funciones nutraceuticas y terapéuticas. Entre estas microalgas encontramos a la espirulina, un nombre usado para describir dos especies de cianobacterias: *Arthrospira platensis* y *Arthrospira máxima* (Lafarga et al., 2020), esta microalga es la más cultivada en todo el mundo, más del 30% de la producción de biomasa de microalgas proviene de la espirulina. Es conocida por su alto contenido de proteínas digeribles (60% en peso seco) y por su cantidad significativa de ácido gamma-linolénico (omega 6), es una fuente importante de cada uno de los aminoácidos esenciales, aportando así 8 de los 9 aminoácidos que nuestro cuerpo no puede sintetizar (Sahin, 2020). Es rica en vitamina E, la cual actúa como agente antienvjecimiento; vitamina B1 que es importante para producir el neurotransmisor acetilcolina; vitamina B12 para el funcionamiento normal del tejido nervioso, además, contiene hierro, vitamina A, fósforo, magnesio, potasio, entre otros (Ponce, 2013). En los últimos años ha llamado mucho la atención por sus importantes aplicaciones nutricionales y funcionales, y por esta razón hoy en día es altamente consumida como un suplemento nutricional promovido como un "superfood" (Lafarga, 2019), conjuntamente, de que es un ingrediente importante en el desarrollo de alimentos funcionales.

Como se sabe, un alimento funcional es aquel que se consume como parte de una dieta normal, pero contiene ingredientes biológicamente activos, que ofrecen beneficios para la salud y reducen el riesgo de sufrir enfermedades crónicas (Aranceta et al., 2011). Es por esta razón que la espirulina es considerada un alimento funcional, pues entre sus beneficios actúa como antioxidante, antitumoral, antihiperlipidémica, neuroprotectora,

hepatoprotectora, antibacteriana y anticoagulante (Sahin, 2020). Asimismo, funciona como mecanismo de protección contra la diabetes y la obesidad (de Morais et al., 2015), por esta y más razones esta microalga es utilizada ampliamente en la industria alimentaria como ingrediente en diferentes bebidas jugos y bebidas nutricionales, también es de gran ayuda en el desarrollo de barras de alimentos especiales, palomitas de maíz, postres helados y condimentos (Sahin, 2020).

Por otro lado, los pancakes en los últimos años han ganado mucha popularidad, tanto así que hoy por hoy son un producto altamente consumido en todo el mundo, principalmente a la hora del desayuno, debido a su fácil preparación y su gran sabor. Este producto es tan versátil que puede ser mezclado con otros alimentos y así mejorar su valor nutricional (Gamboa, González & Hurtado, 2007). Es un producto que lleva cerca de 15 años dentro del mercado ecuatoriano y en ese tiempo ha tenido un gran impacto, por su fácil preparación y sus beneficios para la salud (Gaybor & Casas, 2008). Con la aspiración de facilitar y crear un producto que no requiera tanto tiempo para su elaboración, se decidió realizar este producto altamente consumido en forma de premezcla.

Con las nuevas tendencias que existen en el mundo de alimentos saludables, funcionales y que no requieran de tanto tiempo de preparación, se realiza una revisión bibliográfica con el objetivo de analizar la influencia de la espirulina en una premezcla de pancakes para así, mejorar la calidad nutricional y dar un valor agregado al producto.

2. BASES DE DATOS DE APOYO

Tabla 1: Bases de datos de apoyo para la gestión documental

Nombre	Características	Ventajas
SCOPUS	<p>Esta es una base de datos bibliográfica que inició en 2004, y se basa en resúmenes y citas de artículos y revistas científicas. En este se pueden encontrar más de: 3.700 revistas indexadas, 210.000 libros y 8 millones de documentos en open access, todo esto en más de 40 diferentes idiomas. Cubre áreas de: ciencias, medicina, tecnología, y humanidades, abarcando más de 35 mil títulos de todas las áreas.</p>	<p>Entre lo que más destaca de esta base de datos es que permite acceder al texto completo y buscar todo tipo de documentos. También permite limitar los resultados de una búsqueda y que muestre patentes. Asimismo, permite observar qué autores publican más artículos en una institución.</p>
Science Direct	<p>Esta es una base de datos y plataforma digital que ayuda a consultar las publicaciones de la editorial científico-académica más importante del mundo (Elsevier). Para acceder a Sciencedirect no se necesita una suscripción previa. Esta plataforma proporciona acceso a un total de 15 millones de artículos de revistas y más de 37 mil monografías. Cubre áreas como: ciencias de la vida, física, ciencias de la salud, ingeniería y humanidades</p>	<p>Por medio de esta plataforma se tiene acceso a los textos completos de las revistas suscritas de cada institución. También se tiene acceso a los textos completos de todos los libros científicos, abstracts y manuales de referencia científica. Esta plataforma utiliza DOI como un elemento permanente y de enlace seguro a los artículos científicos.</p>
Taylor & Francis	<p>Esta empezó siendo una editorial británica de presencia internacional que publica libros de todo tipo de temas académicos. Se puede acceder a sus numerosas publicaciones en línea que incluyen journals de alto impacto y visibilidad, enfocándose siempre en la investigación científica, con una cobertura que empieza desde 1997. Cubre áreas como: humanidades, tecnología, ciencia y ciencias sociales. Los artículos son sometidos a un riguroso proceso de arbitraje.</p>	<p>Permite acceso a revistas indexadas y de alto impacto, Asimismo, se puede acceder a contenido digital disponible antes del impreso y contenido en teléfonos móviles. También, se puede acceder a alrededor de 1400 revistas. Se puede exportar las citas a gestores bibliográficos. Esta plataforma permite acceder a editoriales que contienen opciones de revistas científicas agrupadas por temáticas.</p>

JSTOR	Esta es una de las bases de datos electrónicas más popular de publicaciones académicas y es una herramienta muy útil para la investigación. Esta es una biblioteca digital con más de mil 900 revistas académicas y dos millones de recursos primarios. Cubre varias disciplinas como: educación, historia, economía, ecología, literatura, finanzas, sociología, ciencias políticas, estadística, negocios, matemáticas, filosofía entre muchas otras áreas.	Esta ofrece acceso a colecciones de publicaciones periódicas digitalizadas y se pueden obtener textos completos. Otra de las grandes ventajas es que todo el contenido suscrito o comprado por la biblioteca de su Institución puede ser cruzado al momento de realizar una búsqueda en la Plataforma.
SciELO	Esta es una biblioteca científica la cual abarca una gran colección de revistas. Artículos e informes científicos en diferentes áreas del conocimiento. Se crea en 1997 gracias a la iniciativa de entidades como: BIREME y FAPESP. Esta plataforma mira el desarrollo de una metodología común para la preparación, disseminación, almacenamiento y evaluación de literatura científica en formato electrónico.	Cuenta con colecciones completas. Han obtenido puntuaciones superiores a 50% en las evaluaciones que realiza periódicamente el FONACIT. Presenta revistas de diversas áreas de conocimiento. Está en constante movimiento, ya que se actualiza frecuentemente su contenido. Por último, publica trabajos originales en varias de las áreas científicas.

Fuente: (Elaboración Propia; Hernández et al., 2016).

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo se basa en la revisión sistemática en bases de datos bibliográficos como Scopus, Science Direct, JSTOR, Taylor & Francis y Scientific Electronic Library Online (SCIELO). Con la finalidad de encontrar información adecuada sobre Spirulina plantesis y sus propiedades funcionales y nutricionales para el desarrollo de una premezcla de pancakes.

3.1 Definición del problema

En el mundo existe una deficiencia de nutrientes por la mala alimentación de la población, haciéndolos más propensos a contraer enfermedades no transmisibles (ENT). Actualmente, estas enfermedades han ido aumentando, debido al estilo de vida de las personas acentuando la mala alimentación y el sedentarismo (Organización Mundial de la Salud, 2018). Por otro lado, las personas veganas tienden a presentar una insuficiencia nutricional con respecto a la ingesta de proteína, debido a la decisión de no consumir productos de origen animal. El consumo de espirulina reduce el riesgo de contraer estas enfermedades no transmisibles y por su alto contenido de proteína es un gran suplemento alimenticio para los veganos y deportistas (Ponce, 2013).

3.2. Búsqueda de información

Una vez definido el tema a tratar en esta revisión bibliográfica, se da paso a la selección de los artículos científicos. Para esto se intentó obtener la mayor cantidad de información útil principalmente sobre la espirulina, la obtención de esta microalga, sus características y los beneficios que aporta al organismo humano. Asimismo, se investiga sobre los usos más comunes de la espirulina en la industria alimenticia, composición nutricional y dosis recomendada de consumo; esta información se obtiene de fuentes como FAO, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y Ministerio de Agricultura. La investigación bibliográfica también se enfoca en el estudio sobre la cantidad de proteína que esta microalga aporta al cuerpo, para lo que se busca artículos relacionados a la elaboración de alimentos con espirulina en su formulación. En la tabla 2 se puede observar los resultados obtenidos al realizar la búsqueda con las palabras claves en las diferentes bases de datos que se realiza para optimizar la búsqueda de información.

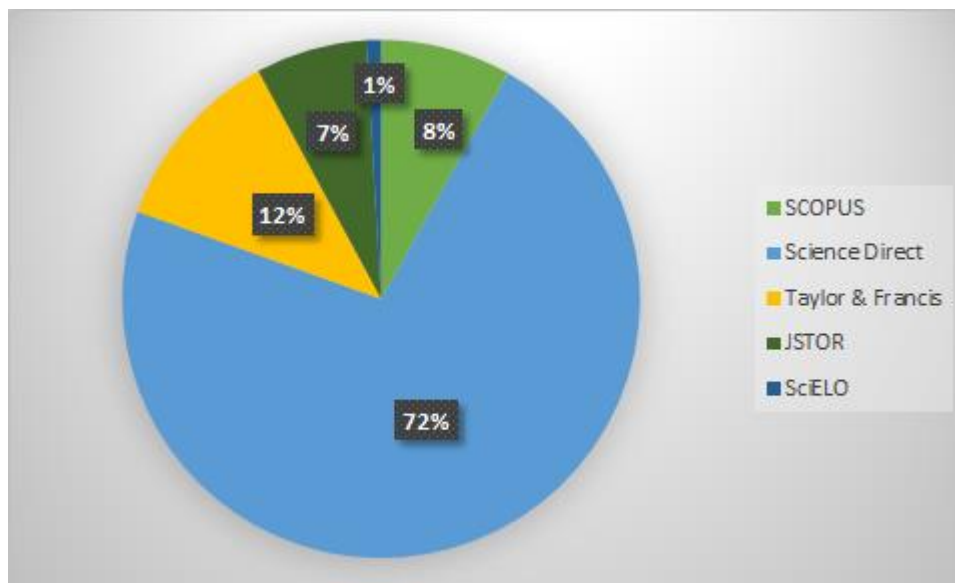
Tabla 2: Resultados búsqueda en diferentes bases de datos

Base de Datos	Búsqueda	Cantidad de Artículos
SCOPUS	Espirulina	558
	Pre mezcla con espirulina	1
	Espirulina en alimentos	1165
Science Direct	Espirulina	9322
	Pre mezcla con espirulina	247
	Espirulina en alimentos	5761
Taylor & Francis	Espirulina	1402
	Pre mezcla con espirulina	35
	Espirulina en alimentos	1031
JSTOR	Espirulina	1013
	Pre mezcla con espirulina	5
	Espirulina en alimentos	455
SciELO	Espirulina	149
	Pre mezcla con espirulina	46
	Espirulina en alimentos	1
Total		21191

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 2 se presenta el número de resultados encontrados de acuerdo a las palabras clave utilizadas, en este caso fue espirulina, pre mezcla con espirulina y espirulina en alimentos. Todas estas palabras claves y los artículos encontrados están relacionados con el objetivo de la revisión bibliográfica.

Figura 1: Material consultado durante la búsqueda de información



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la Figura 1 muestra el impacto de la búsqueda en cada una de las bases de datos consultadas, en donde se puede observar que la mayor información obtenida es en la base de datos Science Direct con un 72 % de fuentes bibliográficas.

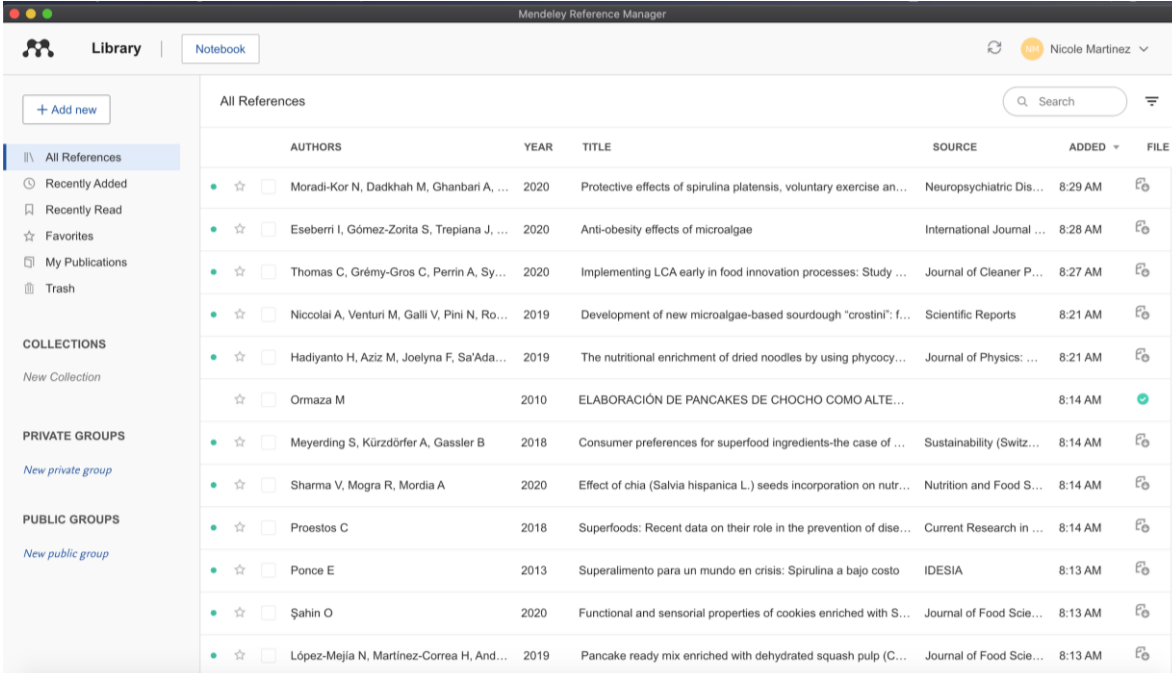
3.3. Organización de la información

Para este trabajo bibliográfico se aplicaron varias bases de datos, las cuales se puntualizan en la Tabla 2. Al tener un gran número de artículos, se escoge de acuerdo a la importancia de los temas y a la actualización de los documentos, ya que la búsqueda se basa en artículos científicos que no tengan más de 10 años publicados, es decir del 2010 en adelante. De esta manera se obtienen los artículos más relevantes para esta revisión bibliográfica. De los 21191 documentos encontrados se seleccionaron treinta artículos por el título y el resumen del documento, los cuales cuentan con información relevante y comprobada sobre la obtención, aplicación, composición nutricional, beneficios y otros temas de la *Spirulina plantesis*. Posteriormente, estos artículos científicos se estudiaron a profundidad para recopilar la información necesaria sobre los aspectos más importantes

a tratar en la revisión bibliográfica. La búsqueda e investigación bibliográfica se basó en las propiedades funcionales y nutricionales que aporta la espirulina al ser incluida en una premezcla de pancakes. Por lo que, de los artículos seleccionados, doce artículos se basan en las propiedades funcionales que tiene la espirulina y cómo estas ayudan a los seres humanos en la prevención de varias enfermedades y cinco artículos presentan estudios certificados sobre la elaboración de alimentos con la adición de espirulina, sus beneficios y su aumento en el contenido proteico.

Los artículos son ordenados con la aplicación Mendeley, la cual es una herramienta útil para organizar referencias bibliográficas y documentos de investigación. En la Figura 2 se presenta una captura de pantalla con la organización de la información en la aplicación Mendeley, la cual se divide en varias categorías para tener más claro los diferentes aspectos que se trata de analizar en esta revisión bibliográfica.

Figura 2: Organización de la información por medio de la herramienta Mendeley Reference Manager



The screenshot shows the Mendeley Reference Manager interface. The main area displays a list of references under the heading 'All References'. The interface includes a sidebar with navigation options like 'Add new', 'All References', 'Recently Added', 'Recently Read', 'Favorites', 'My Publications', and 'Trash'. Below these are sections for 'COLLECTIONS', 'PRIVATE GROUPS', and 'PUBLIC GROUPS'. The main table lists references with columns for Authors, Year, Title, Source, and Added. The references listed are:

AUTHORS	YEAR	TITLE	SOURCE	ADDED	FILE
Moradi-Kor N, Dadkhah M, Ghanbari A, ...	2020	Protective effects of spirulina platensis, voluntary exercise an...	Neuropsychiatric Dis...	8:29 AM	
Eseberri I, Gómez-Zorita S, Treplana J, ...	2020	Anti-obesity effects of microalgae	International Journal ...	8:28 AM	
Thomas C, Grémy-Gros C, Perrin A, Sy...	2020	Implementing LCA early in food innovation processes: Study ...	Journal of Cleaner P...	8:27 AM	
Nicolai A, Venturi M, Galli V, Pini N, Ro...	2019	Development of new microalgae-based sourdough "crostini": f...	Scientific Reports	8:21 AM	
Hadiyanto H, Aziz M, Joelyna F, Sa'Ada...	2019	The nutritional enrichment of dried noodles by using phycooc...	Journal of Physics: ...	8:21 AM	
Ormaza M	2010	ELABORACIÓN DE PANGAKES DE CHOCHO COMO ALTE...		8:14 AM	
Meyerdling S, Kürzdörfer A, Gassler B	2018	Consumer preferences for superfood ingredients-the case of ...	Sustainability (Switz...	8:14 AM	
Sharma V, Mogra R, Mordia A	2020	Effect of chia (Salvia hispanica L.) seeds incorporation on nutr...	Nutrition and Food S...	8:14 AM	
Proestos C	2018	Superfoods: Recent data on their role in the prevention of dise...	Current Research in ...	8:14 AM	
Ponce E	2013	Superalimento para un mundo en crisis: Spirulina a bajo costo	IDESIA	8:13 AM	
Şahin O	2020	Functional and sensorial properties of cookies enriched with S...	Journal of Food Scie...	8:13 AM	
López-Mejía N, Martínez-Correa H, And...	2019	Pancake ready mix enriched with dehydrated squash pulp (C...	Journal of Food Scie...	8:13 AM	

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Análisis de la información

Propiedades Funcionales.

En los últimos años, los alimentos funcionales han tenido mucha fama, debido a que estos prometen ciertos beneficios para la salud que van más allá de una nutrición básica. El concepto de alimentos funcionales es originario de Japón, el cual comenzó a hacerse conocido en 1984 a través de proyectos de investigación y desarrollo de alimentos funcionales financiados por el gobierno japonés (Lafarga et al., 2020). La espirulina es considerada como un alimento funcional, debido a sus múltiples propiedades y se ha convertido en una tendencia de consumo en el mundo. Actualmente, existen varios alimentos que contienen espirulina en su formulación, siendo los más comunes los productos a base de cereales como pan, pasta o galletas (Niccolai et al., 2019).

Dentro de la composición nutricional de la espirulina, uno de los nutrientes que predomina son las proteínas, según datos obtenidos del Departamento de Agricultura de EE. UU por cada 100 g de espirulina hay entre 59-63 g de proteína, que es más de la mitad del producto total. Su alto contenido de proteína la ha llevado a ser una de las fuentes más importantes para el desarrollo de nuevos productos enriquecidos en proteínas (Finkel et al., 2016). Además de contar con un alto contenido de aminoácidos esenciales (Morist, Montesinos, Cusido y Godia, 2001). La principal proteína que se encuentra en la espirulina son las ficobiliproteínas que son pigmentos de color azul y fucsia, los cuales están relacionados con resultados positivos para la salud como es el efecto antihipertensivo (Ichimura, 2013).

La espirulina es considerada una fuente nutricional por la variedad de minerales y vitaminas que esta contiene. Entre los principales minerales están el calcio, potasio, zinc, hierro, magnesio, selenio, entre otros (Carcea et al., 2015). Es una fuente rica en vitaminas, especialmente contiene vitamina B2, B3 y B6. En estudios recientes se evaluó

el contenido de vitamina B12 en la espirulina en polvo y se determinó que la mayor cantidad de vitamina B12 presente en la espirulina se encontraba de forma no activa, sin embargo, se estableció que consumiendo 4 g de biomasa seca se cumple con la dosis diaria recomendada (Edelmann et al., 2019). Asimismo, la espirulina contiene carotenoides que son pigmentos naturales, los cuales actúan como provitamina A, por lo que, algunos carotenoides pueden ser convertido en vitamina A. La vitamina A es importante para el cuerpo humano, ya que esta interviene en el desarrollo general del cuerpo, la función visual, el sistema inmunológico y además ayuda al buen funcionamiento de algunos órganos como el corazón, riñones y pulmones (National Institutes of Health, 2020). Los principales carotenoides que están presentes en la espirulina son la astaxantina, zeaxantina y β -caroteno, en concentraciones de 0.43, 1.46 y 1.73 mg/g, respectivamente (Ljubic, 2018). No obstante, se han encontrado otros carotenoides como la luteína y cantaxantina en concentraciones más bajas (Hystova et al., 2018). La espirulina contiene un alto porcentaje de clorofila que es otro pigmento natural y recientemente se han realizados estudios para evaluar sus posibles beneficios para la salud, en donde se determinó sus propiedades antioxidantes, antimutagénicas, antiinflamatorias, antimicrobianas y quimioprotectores (Zepka, Lopes y Roca, 2019)

Aporte nutricional.

Tabla 3: Composición nutricional de la espirulina por cada 100g

Basic nutrients		Metals / Trace Elements	
Protein	62,9 g	Calcium	1028,3 mg
Total Fat	3,8 g	Iron	50,4 mg
Polyunsaturated	1,03 g	Phosphorus	1374,8 mg

Monounsaturated	2,4 g	Iodine	22 ug
Carbohydrates	8,4 g	Magnesium	598,8 mg
Sugar	≤0,5 g	Zinc	6,5 mg
Edible Fibers	6,9 g	Selenium	59 ug
Amino acids		Copper	810 ug
Isoleucine	3,41 g	Manganese	5,3 mg
Leucine	5,29 g	Potassium	1558 mg
Lysine	2,7 g	Sodium	756 mg
Methionine	0,78 g	Fatty Acids	
Phenylalanine	2,8 g	γ-Linolenic	1960,4 mg
Threonine	2,98 g	α-Linolenic	311,2 mg
Tryptophan	1,16 g	Linoleic	138,7 mg
Valine	3,66 g	Oleic	157,3 mg
Histidine	0,93 g	Stearate	48,3 mg
Vitamins			
A (Carotene)		60,1 mg	
B1 (Thiamine)		5,3 mg	
B2 (Riboflavin)		2,44 mg	

B3 (Niacin)	10,8 mg
B5 (Pantothenic)	1,07 mg
B9 (Folic Acid)	827 ug
B6 (Pyridoxine)	549 ug
B12 (Cyanocobalamin)	182 ug
E	7,78 mg
Inositol	8,24 mg
Biotin	44 mg

Fuente: Proestos (2018).

La espirulina es conocida por ser una gran fuente de macro y micronutrientes, entre uno de los que más destaca está la proteína dietética con un alto valor nutricional. Como nos dice Grosshagauer, Kraemer & Somoza (2020), el porcentaje de proteína es alrededor del 59-63% dependiendo del origen de la espirulina y en referencia al índice de aminoácidos esenciales, se obtienen valores entre 1.01 y 1.45. Se han realizado estudios para poder observar la influencia en la fortificación de harina de trigo con espirulina, los cuales han arrojado datos positivos. De Marco et al. (2014), realizó un estudio en pasta donde adiciono 5, 10 y 20 gramos de espirulina y tras realizar los debidos análisis obtuvo un aumento del contenido de proteínas en la pasta de 15.4, 18 y 23,5 g respectivamente por cada 100 gramos del producto analizado. Es por esta razón que la espirulina es altamente recomendada para atletas, ya que el contenido de proteínas que aporta es ideal para ellos.

Por otro lado, el contenido promedio de lípidos en el polvo de espirulina varía mucho dependiendo del origen de la microalga. En un estudio realizado en polvos de espirulina de 5 diferentes cepas de países como Haití, Argelia y Chad se encontró que la grasa oscila entre 1.5 y 8%. El análisis de los ácidos grasos permitió ver la gran cantidad de omega 6 que tiene la espirulina, sobre todo ácido linoleico y gamma linoleico, ya que, de los lípidos totales, el omega 6 representa un 24% (Grosshagauer, Kraemer y Somoza, 2020). Por otro lado, se observaron pequeñas cantidades de omega-3, especialmente alfa-linolénico, dentro de esta microalga. Estos ácidos grasos son esenciales para formar la estructura del sistema nervioso y visual de los seres humanos. Más del 30% de la estructura lipídica de nuestro cerebro está compuesta tanto por omega-6 como por omega-3, y estos aportan fluidez a las membranas celulares, lo que permite la movilidad de proteínas dentro y fuera de su superficie (Valenzuela & Nieto, 2010). Asimismo, se sabe que el omega-6 ayuda a reducir riesgo de enfermedades cardíacas ya que reduce los niveles de colesterol LDL y aumenta el HDL (Herrera, León, Tolentino, Fernández y González, 2016).

Espirulina y la prevención de enfermedades.

Anomalías relacionadas al síndrome metabólico, entre las cuales tenemos a la diabetes, obesidad, hipertensión, trastornos lipídicos y alteraciones del potencial trombótico relacionado con la resistencia a la insulina y la hiperinsulinemia (Fulop, Tessier & Carpentier, 2006) son afecciones que el consumo de espirulina puede reducir el riesgo de contraer. Por ejemplo, la hipertensión o también conocida como presión arterial alta, se considera uno de los factores de riesgo cardiovascular más importante y es una de las principales causas de muerte prematura en todo el mundo según la Organización Mundial de la Salud. La espirulina y los compuestos derivados de la misma han mostrado potencial para ser utilizados en el tratamiento de la prevención de la hipertensión y otros trastornos relacionados con la salud cardiovascular (Lafarga et al., 2020). La diabetes, otra

enfermedad del síndrome metabólico caracterizada por niveles elevados de glucosa en sangre ha sido investigada. Según un estudio realizado en el 2019 por Hamedifard et al donde se evaluó el efecto de la espirulina en el control glucémico en pacientes con diabetes, se concluyó que la suplementación de las dietas con espirulina puede reducir las concentraciones plasmáticas de glucosa e insulina en ayunas. Además, se ha demostrado que el consumo de 2 g de espirulina al día durante cuatro meses condujo a una reducción gradual de los niveles de glucosa (Proestos, 2018). Este efecto antidiabético de la espirulina se debe a su potencial para reducir el aumento de los niveles de glucosa en sangre y el perfil lipídico debido a su contenido de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA). Finalmente, otra anomalía relacionada al síndrome metabólico, la obesidad, que ha aumentado rápidamente alrededor del mundo para lo cual, Yousefi, Mottaghi y Saidpour en 2018 realizaron estudios para evaluar el consumo de espirulina en la prevención y tratamiento de la obesidad a lo que se concluyó que personas que consumieron espirulina presentaron un peso corporal, circunferencia de la cintura, grasa corporal e IMC más bajo que personas que no la consumían (Lafarga et al., 2020).

Formulación de pancakes.

En el estudio realizado por Irmak y López et al se prepararon 3 formulaciones principales, la primera o formulación control se preparó con harina de trigo integral, harina de arroz y sémola, eritritol, huevo pulverizado y polvo para hornear, (Irmak, 2020) y en las otras dos formulaciones se reemplaza la harina de trigo integral con espirulina en dos diferentes niveles, como se muestra en la Tabla 3. En primer lugar, para hacer la mezcla seca, ingredientes como harina de trigo integral, de arroz y sémola, espirulina, huevo pulverizado y el polvo para hornear se pesaron y se mezclaron uniformemente (Irmak, 2020). Se añadió leche entera en la preparación de los panqueques en una proporción de 160 g/100 g de mezcla aproximadamente. Posteriormente, se añadió margarina fundida

en una proporción de 4,81 g/100 g. Los componentes se mezclaron manualmente, se homogeneizaron durante 2 min y la mezcla se cocinó en un poco de aceite por ambos lados a 150 ° C durante 2 min (López et al., 2019).

Tabla 4: Formulaciones de premezcla de pancakes con diferentes proporciones de espirulina

Formulación	Harina trigo integral*	Harina arroz*	Sémola*	Espirulina*	Eritritol**	Huevo pulverizado**	Polvo para hornear**
Control	28.9	31.04	9.14	-	17	8.24	5.5
E1	27.9	31.04	9.14	1	17	8.24	5.5
E2	26.8	31.04	9.14	2	17	8.24	5.5

Proporciones iguales a g/100 g de premezcla

Fuente: *(Irmak, 2020) y **(López et al., 2020)

4. CONCLUSIONES

Para esta revisión se presentaron temas relacionados a la espirulina y sus múltiples beneficios a la salud, mediante la búsqueda e investigación bibliográfica, logrando así obtener información confiable y de calidad. Los artículos seleccionados para esta revisión bibliográfica fueron un gran apoyo para realizar una investigación profunda sobre los efectos de la Spirulina plantesis en la elaboración de alimentos funcionales, específicamente en premezclas de pancakes. El estudio realizado por De Marco determinó que, al añadir espirulina a una formulación de pasta, esta proporciona una mayor cantidad de proteína al producto final. La espirulina es una buena alternativa para realizar productos saludables y nutritivos porque se habla de esta como un superalimento, lo que quedó en evidencia al conocer la composición nutricional completa de este alimento, donde se pudo observar la cantidad tan amplia de vitaminas, minerales, aminoácidos y el alto contenido de proteínas, lo que ayuda a la prevención de enfermedades no

transmisibles que son adquiridas principalmente por la mala alimentación de las personas. Al realizar una premezcla de pancakes con espirulina se trata de aumentar el aporte nutricional a un producto que es de uso diario y consumido por la mayoría de las personas. Asimismo, es una opción de alimento apto para el consumo de atletas de alto rendimiento, ya que el aporte de proteína puede llegar a 23,5 g/100g de producto, el cual es óptimo para que estos realicen sus ejercicios de manera adecuada.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranceta, J., et al. (2011). Alimentos funcionales. *Organización Médica Colegial*.
Obtenido de https://www.cgcom.es/sites/default/files/gbpc_alimentos_funcionales.pdf.
- de Morais, M., da Silva, B., de Morais, E & Vieira, J (2015). Biologically active metabolites synthesized by microalgae. *Biomed Res Int*. pp:1–15.
- Carcea, M., et al. (2015). Nutritional characterization of traditional and improved dihé, alimentary blue-green algae from the lake Chad region in Africa. *LWT-Food Science and Technology*, vol. 62 (1), pp. 753-763
- Edelmann, M. (2019). Riboflavin, niacin, folate and vitamin B12 in commercial microalgae powders. *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 82.
- Finkel, Z., et al. (2016). Phylogenetic diversity in the macromolecular composition of microalgae. *PLoS One*, vol. 11 (5).
- Fulop, T., Tessier, D & Carpentier, A. (2006). The Metabolic syndrome. *National Library of Medicine*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16904849/>
- Gamboa, L., González, M., y Hurtado, E. (2007). Valoración nutricional y sensorial de panquecas elaboradas a base de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) y zanahoria (*Daucus carota* L.). *Idesia (Arica)*, vol. 25(1), pp. 47-52.
- Gaybor Tobar, M. D. C., y Casas Velásquez, N. (2008). *Estudio de factibilidad para la implementación de una planta industrial de elaboración de premezclas para pan en la Industria Harinera SA* (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2008).

- Grosshagauer, S., Kraemer, K & Somoza, V. (2020). The True Value of Spirulina. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(14), pp. 4109-4115.
- Gutiérrez Vergaray, K y Tello Echevarría, L. A. (2018). *Evaluación de la incorporación de espirulina sobre las propiedades nutricionales y sensoriales de una galleta a base de harina de trigo y kiwicha.*
- Hamedifard, Z., Milajerdi, A., Reiner, Ž., Taghizadeh, M., Kolahehdooz, M., & Asemi, Z. (2019). The effects of spirulina on glycemic control and serum lipoproteins in patients with metabolic syndrome and related disorders: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *National Library of Medicine*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31359513/>.
- Hernández, V., et al. (2016). Comparación entre Web of Science y Scopus, estudio bibliométrico de las revistas de anatomía y morfología. *International Journal of Morphology*, 34(4), 1369-1377.
- Herrera, M. C., y León, S. V., Tolentino, R. G., Fernández, B. G y González, G. D. (2016). Los ácidos grasos omega-3 y omega-6: nutrición, bioquímica y salud. *Revista de educación bioquímica*, 25(3), 72-79.
- Hynstova, V. (2018). Separation, identification and quantification of carotenoids and chlorophylls in dietary supplements containing *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* using high performance thin layer chromatography. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, vol. 148, pp. 108-118

- Ichimura, M., et al. (2013). Phycocyanin prevents hypertension and low serum adiponectin level in a rat model of metabolic syndrome. *Nutrition Research*, vol. 33 (5), pp. 397 – 405.
- Lafarga, T. (2019). Effect of microalgal biomass incorporation into foods: Nutritional and sensorial attributes of the end products. *Algal Research*, 41, 101566.
- Lafarga, T., Fernández-Sevilla, J. M., González-López, C., & Acién-Fernández, F. G. (2020). Spirulina for the food and functional food industries. *Food Research International*, 109356.
- Ljubic, A. (2018). Biomass composition of *Arthrospira platensis* during cultivation on industrial process water and harvesting. *Journal of Applied Phycology*, vol. 30 (2), pp. 943-954.
- López, N., Martínez, H., & Andrade, M. (2019). Pancake ready mix enriched with dehydrated squash pulp (*Cucurbita moschata*): formulation and shelf life. *J Food Science Technology*. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03977-2>.
- Morist, A., et al. (2001). Recovery and treatment of *Spirulina platensis* cells cultured in a continuous photobioreactor to be used as food. *Process Biochemistry*, vol. 37 (5), pp. 535-547.
- Niccolai, A., et al. (2019). Development of new microalgae-based sourdough “crostini”: Functional effects of *Arthrospira platensis* (spirulina) addition. *Scientific Reports*, vol. 9 (1)
- National Institutes of Health. (2020). *Vitamina A*. Recuperado el 13 de octubre de 2020, desde: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminA->

related inflammatory markers: A systematic review. *National Library of Medicine*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30670232/>

Zepka, L., Lopes, J., & Roca, M. (2019). Catabolism and bioactive properties of chlorophylls. *Current Opinion in Food Science*, vol. 26, pp. 94-100

Zen, C. K., Tiepo, C. B. V., da Silva, R. V., Reinehr, C. O., Gutkoski, L. C., Oro, T., & Colla, L. M. (2020). Development of functional pasta with microencapsulated Spirulina: technological and sensorial effects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 100(5), pp. 2018-2026.