



UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Y
NUTRICIÓN

HARINA DE TRIGO INTEGRAL FORTIFICADA CON
ALGA ESPIRULINA (*ARTHROSPIRA PLATENSIS*)
RICA EN HIERRO Y VITAMINAS PARA PERSONAS
QUE PADECEN ANEMIA

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN NUTRICIÓN

P R E S E N T A:

LAURA ARACELI ESQUIVEL ROSALES

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. EN C. SUSUKY MAR ALDANA

VICTORIA DE DURANGO, DGO., OCTUBRE DE 2024



**UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Y
NUTRICIÓN**

**HARINA DE TRIGO INTEGRAL FORTIFICADA CON ALGA
ESPIRULINA (*ARTHROSPIRA PLATENSIS*) RICA EN HIERRO
Y VITAMINAS PARA PERSONAS QUE PADECEN ANEMIA**

T E S I S

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN NUTRICIÓN**

**P R E S E N T A:
LAURA ARACELI ESQUIVEL ROSALES**

**DIRECTORA DE TESIS
DRA. EN C. SUSUKY MAR ALDANA**

**CO-DIRECTORA DE TESIS
MA. DEL CARMEN ROJAS GARCÍA**

**ASESORAS
DRA. EN C. CLAUDIA ISELA AVITIA DOMÍNGUEZ
DRA. EN C. MIRIAM HAZEL RODRÍGUEZ LÓPEZ**

VICTORIA DE DURANGO, DGO., OCTUBRE DE 2024

DRA. MA DEL CARMEN ROJAS GARCÍA
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN
P R E S E N T E.

At'n. Dra. Karla Massiel Quiñonez Martínez
Secretaria académica
Facultad de Medicina y Nutrición

Por medio del presente nos dirigimos a Usted de la manera más atenta con la finalidad de informarle que hemos revisado y aprobado el documento de Tesis titulado **"HARINA DE TRIGO INTEGRAL FORTIFICADA CON ALGA ESPIRULINA (*ARTHROSPIRA PLATENSIS*) RICA EN HIERRO Y VITAMINAS PARA PERSONAS QUE PADECEN ANEMIA"** que para obtener el grado de Licenciada en Nutrición presenta la estudiante **LAURA ARACELI ESQUIVEL ROSALES**, por lo cual los abajo firmantes autorizamos que el interesado inicie sus trámites de titulación.

Sin más por el momento, nos despedimos de Usted, no sin antes agradecerle todas las atenciones recibidas.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITU"
Victoria de Durango, Dgo., a 30 de Septiembre del 2024

Dra. en C. Susuky Mar Aldana
Directora de tesis



Dra. Ma del Carmen Rojas García
Co-direcotora de tesis



Dra. en C. Miriam Hazel Rodríguez López
Asesora de tesis



Dra. en C. Claudia Isela Avitia Domínguez
Asesora de tesis



DRA. MA DEL CARMEN ROJAS GARCÍA
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN
P R E S E N T E.

At'n. Dra. Karla Massiel Quiñonez Martínez
Secretaria académica
Facultad de Medicina y Nutrición

Me es grato comunicarle que después de revisar cuidadosamente y de discutir mis sugerencias y correcciones al documento de tesis titulado **"HARINA DE TRIGO INTEGRAL FORTIFICADA CON ALGA ESPIRULINA (ARTHROSPIRA PLATENSIS) RICA EN HIERRO Y VITAMINAS PARA PERSONAS QUE PADECEN ANEMIA"** que para obtener el grado de Licenciada en Nutrición presenta la alumna **LAURA ARACELI ESQUIVEL ROSALES**, considero que la Tesis reúne los requisitos establecidos y por ello emito mi **VOTO APROBATORIO** para que se proceda a la impresión oficial del documento y se realice la réplica oral.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITU"
Victoria de Durango, Dgo., a 30 de Septiembre del 2024



DRA.C. CLAUDIA ISELÁ AVITIA DOMÍNGUEZ
ASESORA DE TESIS

c.c.p. Dra. en C. Susuky Mar Aldana. Directora de Tesis
c.c.p. Interesada
c.c.p. Archivo

DRA. MA DEL CARMEN ROJAS GARCÍA
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE MEDICINA Y NUTRICIÓN
P R E S E N T E.

At'n. Dra. Karla Massiel Quiñonez Martínez
Secretaria académica
Facultad de Medicina y Nutrición

Me es grato comunicarle que después de revisar cuidadosamente y de discutir mis sugerencias y correcciones al documento de tesis titulado **"HARINA DE TRIGO INTEGRAL FORTIFICADA CON ALGA ESPIRULINA (ARTHROSPIRA PLATENSIS) RICA EN HIERRO Y VITAMINAS PARA PERSONAS QUE PADECEN ANEMIA"** que para obtener el grado de Licenciada en Nutrición presenta la alumna **LAURA ARACELI ESQUIVEL ROSALES**, considero que la Tesis reúne los requisitos establecidos y por ello emito mi **VOTO APROBATORIO** para que se proceda a la impresión oficial del documento y se realice la réplica oral.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITU"
Victoria de Durango, Dgo., a 30 de Septiembre del 2024



DRA.C. MIRIAM HAZEL RODRÍGUEZ LÓPEZ
ASESORA DE TESIS

c.c.p. Dra. en C. Susuky Mar Aldana. Directora de Tesis
c.c.p. Interesada
c.c.p. Archivo

DEDICATORIA

A mis abuelos, mejor dicho, mis padres Petra Herrera y Manuel Espeleta que me apoyaron en todo momento no solo en mis estudios si no tambien como persona y familia y gracias a ellos puedo decir que soy la persona que soy hasta ahora, logrando sueños y metas.

A mi madre Bibiana Rosales por siempre alentarme a superarme y cumplir todo lo que me proponga y por su amor de madre incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A la Doctora Susuky Mar Aldana por el apoyo incondicional a la elaboración de este trabajo de investigación, su confianza, sus enseñanzas y no solo como docente si no como amistad.

A mi compañera y colega L.N. Karina Mireles por su grande aportación en la principal idea de este proyecto.

ÍNDICE

ABREVIATURAS	9
I. RESUMEN	11
II. ABSTRACT	13
III. INTRODUCCIÓN	15
IV. ANTECEDENTES.....	17
4.8. Trigo	23
4.9. Harina de trigo	25
4.14. Anemia.....	30
V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	39
VI. JUSTIFICACIÓN	41
7.1. OBJETIVO GENERAL	42
7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	42
VIII. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	44
IX. HIPÓTESIS.....	45
X. MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
10.1. Diseño de estudio	46
XII. RESULTADOS.....	66
XIII. DISCUSIÓN	84

XIV. CONCLUSIONES.....	86
XV. RECOMENDACIONES.....	89
XVI.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
XVII.GLOSARIO.....	94
XVIII. ANEXOS.....	97
18.1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>).....	17
Figura 2. Trigo.....	23
Figura 3. Harina de trigo.....	25
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de Elaboración de harina.....	28
Figura 5. Etiqueta que muestra la tabla de información nutrimental de harina Tres Estrellas®.....	29
Figura 6. Etiqueta que muestra la tabla de información nutrimental de harina San Blas®.....	29
Figura 7. Peso de la muestra humedad.....	48
Figura 8. Resultado de muestra humedad.....	48
Figura 9. Peso de la muestra ceniza.....	50
Figura 10. Proceso de ceniza.....	50
Figura 11. Peso de resultados de ceniza.....	51
Figura 12. Peso de muestra reactiva de selenio.....	53
Figura 13. Proceso de titulación.....	55
Figura 14. Peso de la muestra grasa.....	57
Figura 15. Extracción de grasa.....	58

Figura 16. Resultado de peso de muestra de extracción de grasa.....	58
Figura 17. Muestra para determinación de fibra.....	61
Figura 18. Muestra con ácido sulfúrico.....	61
Figura 19. Ebullición de H ₂ SO ₄	61
Figura 20. Tipos de harinas con alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>).....	66
Figura 21. Tipos de harina integral sin alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>).....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información de minerales del alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>)	223
Tabla 2. Vitaminas y minerales de la harina de trigo	26
Tabla 3. Información nutrimental de harina de trigo	27
Tabla 4. Comparación de cantidad de hierro que contienen las harinas de trigo integral comerciales v/s la harina de trigo integral fortificada con alga espirulina (<i>Arthrospira Platensis</i>).....	29
Tabla 5. Concentraciones de hemoglobina para diagnosticar anemia (g/l)	31
Tabla 6. Etapa de la vida y recomendaciones de hierro	34
Tabla 7. Tratamiento con hierro para niños nacidos a término y/o con buen peso al nacer menores de 6 meses con anemia	36
Tabla 8. Tratamiento con hierro para niños de 6 meses a 11 años de edad con anemia leve o moderada.....	37
Tabla 9. Tratamiento de anemia con hierro y ácido fólico en gestantes y púerperas	38
Tabla 10. Información nutrimental de harina de trigo integral con alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) y con azúcar	78
Tabla 11. Información nutrimental de harina de trigo integral con alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) y con stevia	78
Tabla 12. Información nutrimental de harina de trigo integral con alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) sin azúcar y sin stevia	79
Tabla 13. Información nutrimental de harina de trigo integral sin alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) con azúcar.....	80

Tabla 14. Información nutrimental de harina de trigo integral sin alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) con stevia	81
Tabla 15. Información nutrimental de harina de trigo integral sin alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) sin azúcar y sin stevia	81
Tabla 16. Composición química de los diferentes tipos de harina con y sin alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>)	82
Tabla 17. Resultados de humedad de alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) con azúcar	98
Tabla 18. Resultados de ceniza de alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) con azúcar	98
Tabla 19. Resultados de grasa de alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) con azúcar	98
Tabla 20. Resultados de fibra de alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) con azúcar	99
Tabla 21. Resultados de proteína de alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) con azúcar	99
Tabla 22. Resultados de humedad de alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) con stevia.....	99
Tabla 23. Resultados de ceniza de alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) con stevia	100
Tabla 24. Resultados de grasa de alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) con stevia	100
Tabla 25. Resultados de fibra de alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) con stevia	100

Tabla 26. Resultados de proteína de alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) con stevia	100
Tabla 27. Resultados de humedad de alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) sin azúcar y sin stevia	101
Tabla 28. Resultados de ceniza de alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) sin azúcar y sin stevia.....	101
Tabla 29. Resultados de grasa de alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) sin azúcar y sin stevia.....	101
Tabla 30. Resultados de fibra de alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) sin azúcar y sin stevia	102
Tabla 31. Resultados de proteína de alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) sin azúcar y sin stevia.....	102
Tabla 32. Resultados de humedad sin alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) con azúcar	102
Tabla 33. Resultados de ceniza sin alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) con azúcar	103
Tabla 34. Resultados de grasa sin alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) con azúcar	103
Tabla 35. Resultados de fibra sin alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) con azúcar	103
Tabla 36. Resultados de proteína sin alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) con azúcar	103
Tabla 37. Resultados de humedad sin alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) con stevia.....	104

Tabla 38. Resultados de ceniza sin alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) con stevia	104
Tabla 39. Resultados de grasa sin alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) con stevia	104
Tabla 40. Resultados de fibra sin alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) con stevia	104
Tabla 41. Resultados de proteína sin alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) con stevia.....	105
Tabla 42. Resultados de humedad sin alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>), sin azúcar, sin stevia.....	105
Tabla 43. Resultados de ceniza sin alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>), sin azúcar, sin stevia	105
Tabla 44. Resultados de grasa sin alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>), sin azúcar, sin stevia	105
Tabla 45. Resultados de fibra sin alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) sin azúcar, sin stevia	106
Tabla 46. Resultados de proteína sin alga espirulina (<i>Arthospira platensis</i>) sin azúcar, sin stevia.....	106

ABREVIATURAS

Cda	Cucharada
Cdas	Cucharadas
CHCM	Concentración Celular de Hemoglobina
°C	Grados centígrados
ENSANUT	Encuesta Nacional de Salud y Nutrición
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación
g	Gramos
ha	Hectárea
H₂	Receptor de histamina
H₂SO₄	Ácido sulfurico
HCl	Ácido clorhídrico
HCO₃	Bicarbonato
Hgb	Hemoglobina glucosilada
in	pulgadas
Kcal	Kilocalorías
K	Potasio
Kg	Kilogramo
mL	Mililitros
mg	Miligramos
Na	Sodio
N	Normalidad química

NaOH	Hidroxido de sodio
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
pH	Potencial de Hidrógeno
µg	Microgramo

I. RESUMEN

Introducción. La harina de trigo es un alimento rico en carbohidratos, así mismo es un alimento sin colesterol y, por lo tanto, su consumo ayuda a mantener bajo estos niveles, beneficiando al sistema circulatorio y cardiaco. Existen dos tipos de harina de trigo, la blanca y la integral, la diferencia entre una y la otra se define en la etapa de molienda. La espirulina está catalogada como el alimento natural de mayor contenido proteico (60 a 75% de la materia seca) y con todos los aminoácidos esenciales y de diez a once aminoácidos no esenciales. El hierro, como mineral esencial tiene una biodisponibilidad del 60% mayor que cualquier otra forma de suministrar esta sustancia al organismo. La anemia es una afección en la que el número de glóbulos rojos o la concentración de hemoglobina que contienen son inferiores a lo normal. La hemoglobina es una proteína necesaria para transportar oxígeno. El cuerpo normalmente obtiene hierro a través de la alimentación y lo reutiliza de los glóbulos rojos viejos.

Objetivo. Formular una harina de trigo fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) rica en hierro y vitaminas para personas que padecen anemia.

Materiales y Métodos. Se adicionaron 10 gramos de alga espirulina (*Arthrospira platensis*) a la harina de trigo integral elaborando seis formulaciones para dar a conocer el efecto enriquecedor que tiene en comparación a la harina de trigo integral común. Se realizaron análisis bromatológicos por triplicado a cada muestra en las que se determinó contenido grasa, proteína, fibra, humedad, ceniza y hierro por medio de tablas nutrimentales.

Resultados. La harina de trigo integral con espirulina por cada 100 gramos muestra que el contenido de hierro es de 156.74 mg y de vitamina B1 es de 1.69 mg y vitamina B2 es 1.71 mg por lo que tiene un mayor aporte comparada con las de harina de trigo integral que tienen 6.74 mg de hierro y vitamina B1 es de 0.59 mg y vitamina B2 es 0.313 mg.

Conclusiones. Se concluye que de acuerdo con los análisis bromatológicos obtenidos de las distintas pruebas realizadas, la fortificación con alga espirulina en la harina de trigo integral muestra un efecto positivo y se sugiere el consumo de esta en conjunto con el tratamiento de los pacientes diagnosticados con anemia.

Palabras clave. Alga espirulina (*Arthrospira platensis*), anemia, harina de trigo integral, hierro, vitaminas.

II. ABSTRACT

Introduction. Wheat flour is a food rich in carbohydrates, it is also a cholesterol-free food and, therefore, its consumption helps to keep these levels low, benefiting the circulatory and cardiac systems. There are two types of wheat flour, white and whole meal, the difference between one and the other is defined at the milling stage. Spirulina is classified as the natural food with the highest protein content (60 to 75% of the dry matter) and with all the essential amino acids and ten to twelve non-essential amino acids. Iron, as an essential mineral, has a 60% higher bioavailability than any other way of supplying this substance to the body. Anemia is a condition in which the number of red blood cells or the level of hemoglobin they contain is lower than normal. Hemoglobin is a protein needed to carry oxygen. The body normally gets iron through food and reuses it from old red blood cells.

Objective. Formulate a wheat flour fortified with spirulina algae (*Arthrospira platensis*) rich in iron and vitamins for people suffering from anemia.

Materials and Methods. 10 grams of spirulina seaweed were added (*Arthrospira platensis*) to whole wheat flour, making six formulations to publicize the enriching effect it has compared to common whole wheat flour. Bromatological analyses were performed in triplicate on each sample in which fat, protein, fiber, moisture, ash and iron content were determined by means of nutritional tables.

Results. Whole wheat flour with spirulina per 100 grams shows that the iron content is 156.74 mg and vitamin B1 is 1.69 mg and vitamin B2 is 1.71 mg, so it has a higher

contribution compared to whole wheat flour that has 6.74 mg of iron and vitamin B1 is 0.59 mg and vitamin B2 is 0.313 mg.

Conclusions. It is concluded that according to the bromatological analyzes obtained from the different tests carried out, the fortification with spirulina algae in whole wheat flour shows a positive effect and its consumption is suggested in conjunction with the treatment of patients diagnosed with anemia.

Keywords. Spirulina algae (*Arthrospira platensis*), anemia, whole wheat flour, iron, vitamins.

III. INTRODUCCIÓN

La molienda del grano de trigo entero es el proceso mediante el cual simplemente se tritura el grano para que sea comestible y se forme la harina integral. Es uno de los alimentos más populares en cuanto a la importancia de consumir granos enteros en lugar de procesados. El contenido de fibra es una de las principales diferencias entre la harina integral y la harina blanca, esta última contiene menos fibra que la integral porque la parte rica en fibra del grano se separa durante el proceso de refinamiento (1).

De acuerdo a Castro y cols; en el artículo consumo de *Spirulina* spp. (*Arthrospira*) como una alternativa en la nutrición humana, es considerada como un alimento funcional por su alto contenido proteico, que supera el triple de un filete de pollo, debido al hierro, vitaminas de complejo B y antioxidantes que fortalecen el sistema inmunológico. Los suplementos de alga verde aumentan la producción de hemoglobina, globulos rojos y de anticuerpos, que pueden combatir infecciones o enfermedades crónicas ya que de acuerdo a la investigación mejoran la función inmunitaria (2).

La importancia de usar la espirulina radica en la disminución de riesgos o efectos secundarios en la salud de las personas, y según Hernández al ser un componente orgánico, ha sido aceptada para el consumo humano y utilizada en el campo de la salud dando grandes resultados por su riqueza nutricional, el investigador lo ha sugerido como un tratamiento complementario para enfermedades como diabetes, dislipidemia, úlcera, infecciones recurrentes, anemia, e incluso para aumentar la masa muscular en aplicaciones de ejercicio (3).

Ahora bien, la Food and Agriculture Organization (FAO) por sus siglas en inglés, menciona que la anemia por deficiencia nutricional tiene bastante predominio en todo el mundo, en particular la hemoglobina es el pigmento que en los eritrocitos da color rojo a la sangre, esta formada de proteína ligada con hierro y, en la sangre es menor de lo normal cuando se presenta esta afección, así mismo transporta el oxígeno en la sangre a todas las partes del organismo, la carencia de hierro tiene efectos importantes pues por consecuencia hay una capacidad menor de aprendizaje, anormalidades en la conducta de los niños, menor fortaleza para el trabajo intenso, así como apetito y crecimiento deficiente (4).

La propuesta de harina de trigo integral que se desarrolló en la presente investigación, analiza y determina las propiedades del alga espirulina con fines en el área de la salud, principalmente la enfermedad de la anemia. La elaboración de la harina de trigo fortificada busca la prevención y el tratamiento de la anemia por deficiencia de hierro en la población que tenga este padecimiento, para garantizar un adecuado estado de salud.

IV. ANTECEDENTES

4.1. Alga espirulina (*Arthrospira platensis*)

La cianobacteria espirulina (*Arthrospira platensis*) es un miembro del phylum cianobacteria y vive naturalmente en lagos alcalinos en áreas tropicales, su nombre común proviene de la forma espiral de sus tricomas, la mayoría son fitoplancton y solo unas pocas se cultivan por humanos, en el ámbito comercial, se denomina espirulina, aunque se han identificado más de cincuenta mil especies de microalgas (5).

Las cianobacterias *Arthrospira* maxima, también conocidas como espirulina maxima, tienen un diámetro de aproximadamente 500 micras y su color se debe a la presencia de ficocianina y clorofila, lo que las convierte en un vegetal carente de

Figura 1. Alga espirulina



Fuente. LBDC, 2018

celulosa. La mayoría de las especies del género *Arthrospira* viven en sitios de agua alcalinos, donde crecen de forma masiva; sin embargo, algunas viven en sitios de agua dulce, como ríos, manantiales y estanques, aunque no hay datos sobre el ambiente marino, con un suplemento adecuado de HCO_3 , Na y K, junto con un pH y una salinidad adecuados, las especies de *Arthrospira* pueden ser altamente productivas según Vonshak, A. y Tomaselli (6). Jiménez menciona que la cianobacteria espirulina es una de las cianobacterias más utilizadas en la nutrición de animales y humanos, principalmente debido a su alto contenido de proteínas en

la biomasa, su alto valor nutricional, así como su contenido en vitaminas y minerales, su actividad biológica y su fácil digestibilidad (7). Como indica Chamorro en su investigación: “la espirulina se considera como uno de los alimentos más sorprendentes de la actualidad, debido a diversos estudios que demuestran científicamente su seguridad como alimento para consumo humano y animal” (8).

4.2. Generalidades de alga espirulina (*Arthrospira platensis*)

Por su parte Pedroza menciona que la espirulina tiene un número de espiras de 5 a 9, una longitud de crecimiento de 200 a 300 micras y un calibre de células de 1 a 33 micras en las especies pequeñas y de 3 a 12 micras en las especies grandes. Esta cianobacteria crece en ambientes alcalinos con un pH de 8,5 a 10,5 y temperaturas medias de 25 a 35 grados centígrados. Puede tolerar temperaturas de hasta 18 grados centígrados y la espirulina se divide en dos cada 7 horas. En condiciones ideales, puede producir hasta 15.000 kg/ha de material seco al año. Sin embargo, los rendimientos pueden mejorar con la aplicación de tecnología adecuada (9). La *Spirulina* sp. (*Arthrospira* p.) tiene un gran valor debido a su gran cantidad de macronutrientes y micronutrientes que el cuerpo humano no puede sintetizar, así como por algunas de sus propiedades, como aumentar los niveles de energía, reducir el estrés premenstrual, mejorar el rendimiento de atletas, aumentar el apetito y brindar protección antioxidante (10).

En cuanto a Moreno y Olvera, destacan que la *Arthrospira* contiene proteínas, vitaminas, ácidos grasos, minerales, carbohidratos, ácidos nucleicos y pigmentos, según los análisis bioquímicos realizados y que la espirulina es un alimento muy nutritivo debido a su alto contenido de proteínas, además de contener aminoácidos

y proteínas fáciles de digerir y metabolizar, lo que ayuda en el tratamiento de la desnutrición (10).

4.3. Composición química del alga espirulina (*Arthrospira platensis*)

Ródenas menciona que el alga espirulina (*Arthrospira platensis*) es el alimento natural con el mayor contenido proteico (60 a 75% de la materia seca), incluye entre diez y doce aminoácidos no esenciales, así como todos los aminoácidos esenciales. Los aminoácidos leucina, valina e isoleucina representan la mayor proporción de los aminoácidos esenciales, con un valor de 8.7, 6.5 y 5.6%, respectivamente, así mismo tiene un bajo contenido en metionina de 2.3%, ácido glutámico de 14.6% y ácido aspártico 9.8%. Las proporciones en que aparecen los aminoácidos en la espirulina se asemejan considerablemente a los requerimientos nutricionales para humanos, establecidos por la FAO (11).

El contenido de minerales es alto, existe una variedad de vitaminas, incluidas las vitaminas A, B1, B12, C, D, E, riboflavina (B2), niacina (B3), ácido pantoténico (B5), ácido fólico (B9) y tienen pocos lípidos. El contenido de ácidos grasos es más alto que en las plantas terrestres, el ácido graso omega-3 es el que más destaca entre estos (12).

4.4. Importancia de la espirulina en la actualidad

Por lo que se refiere a Ramirez y Olvera, mencionan que uno de los principales desarrollos industriales del alga espirulina (*Arthrospira platensis*) es como suplemento alimenticio en la nutrición, ya sea en polvo, encapsulado, en tabletas, como almidón (en varios sabores), en pastas para sopa, salsas, barras de granola, golosinas o bebidas de frutas o vegetales. La desnutrición es un problema

importante en los países subdesarrollados, por lo que mencionan los investigadores que es crucial buscar alternativas de alimentos (10).

En un estudio realizado por Liu, se logró conocer los efectos favorables en el tratamiento de algunas alergias, anemia y leucemia, esto debido a que la ficocianina que contiene las algas poseen bioactividad contra inmunocitos murinos que inhiben el crecimiento de células cancerígenas específicamente la leucemia (13), además como indica Chamorro: “se ha utilizado, en la reducción de hepatotoxicidad, en enfermedades virales, cardiovasculares, diabetes, obesidad, inmunodeficiencia y procesos inflamatorios, entre otros” (8).

Por lo anterior se considera como una alternativa que proporciona beneficios fisiológicos ya que actúa de una manera eficaz y natural (13). Algunos de los componentes de la espirulina tienen muchas de las propiedades mencionadas anteriormente, incluidos los ácidos grasos poliinsaturados ω -3 y ω -6, el caroteno, el tocoferol, los compuestos fenólicos y, recientemente, un complejo separado llamado Ca-Spirulan (Ca-SP) que posee capacidad antiviral (7).

4.5. Usos de la espirulina (*Arthrospira platensis*)

Según una revisión sistemática reciente, las concentraciones séricas de colesterol total, colesterol LDL y triglicéridos se reducen con la administración de espirulina en dosis de 2 a 4 gramos diarios, y las concentraciones de HDL aumentan favorablemente, independientemente de la dosis de Espirulina administrada a los pacientes (14).

Como cita Gallardo varias organizaciones están desarrollando programas para abordar la desnutrición en países en desarrollo gracias a las propiedades

nutricionales del alga espirulina, quien la considera un alimento que combate los virus, previene el envejecimiento e incluso su uso puede prevenir el cáncer (15). La Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han recomendado que las personas consuman algas marinas como nutrientes adicionales a su comida diaria, lo que ha provocado una evolución mundial.

4.6. Precauciones y contraindicaciones ante el consumo de espirulina (*Arthrospira platensis*)

Aunque la espirulina es muy nutritiva, algunas personas pueden experimentar efectos secundarios, estos pueden incluir síntomas como sed extrema y estreñimiento, por lo tanto, es importante beberla con mucha agua siempre. Los ligeros mareos o náuseas son señales de que puede necesitar ajustar su dosis, también se puede experimentar fiebre en raras ocasiones como resultado del aumento en la ingesta de proteínas que proporciona esta alga.

Otros efectos secundarios que algunas personas podrían experimentar incluyen dolores musculares y dolores de cabeza, en situaciones extremas también pueden ocurrir síntomas como sudoración y enrojecimiento facial.

4.6.1. Contraindicaciones especiales

Según el estudio titulado efectos de la espirulina (*Arthrospira platensis*), recomienda que se consulte a un médico antes de comenzar a tomar espirulina, especialmente para aquellos que tienen insuficiencia renal o cualquier otra condición médica previa. Además, este consejo se aplica a niños, ancianos, mujeres embarazadas y personas con hipotiroidismo (16).

4.7. Maneras de consumir espirulina (*Arthrospira platensis*)

Las cápsulas de espirulina se comercializan comúnmente en 500 mg, y la dosis recomendada puede variar según las necesidades individuales. Sin embargo, es fundamental informarse con un médico antes de comenzar cualquier programa de suplementación. Si el consumo es en polvo, se sugiere una ingesta diaria de 3 a 4 gramos, que debe dividirse entre las comidas, también es de vital importancia tomar en cuenta el nivel de actividad física del individuo para ajustar la dosis; los más sedentarios podrían necesitar una dosis inicial menor y, acompañar estas dosis con una gran cantidad de líquidos y agua (16). Es de vital importancia conocer los componentes del alga espirulina y en la tabla 1 se muestran algunos de los minerales que contiene la espirulina.

Tabla 1. Información de minerales del alga espirulina (*Arthrospira platensis*)

Mineral	Valor energetico 160 KJ (para 10g)
Calcio	70 mg
Hierro	15 mg
Fósforo	80 mg
Magnesio	40 mg
Cobre	0.12 mg
Manganeso	0.5 mg
Potasio	140 mg
Sodio	90 mg

Fuente. valleazul.mx/beneficios-alga-espirulina/

4.8. Trigo

La Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) hace mención que, en México, las principales regiones trigueras están en el noroeste del país, donde se produce 53 % del total nacional, y el Bajío contribuye 28 %.

Figura 2. Trigo



Fuente. AGDAILY, 2016.

En ambas regiones el trigo (*Triticum* spp.) se produce en el ciclo otoño-invierno con riego, de éste el 19% restante se produce en áreas de temporal, principalmente en el altiplano mexicano (17).

El trigo es una planta de la familia de las gramíneas que produce un conjunto de frutos modificados que se fusionan y forman una espiga terminal. Puede ser cultivado o silvestre, su origen se remonta a la civilización mesopotámica, ubicada en el Medio Oriente, entre los valles de los ríos Tigris y Éufrates, los egipcios descubrieron la fermentación del trigo y lo utilizaron para hacer alimentos (18).

4.8.1. Características del trigo

Su tallo es hueco, cuenta con 6 nudos y su altura y solidez determina la resistencia de este, las hojas son de forma cintiformes y terminadas en punta, así mismo la espiga de cada vara de trigo está compuesta por un tallo central de entrenudos cortos en cada uno de los nudos se encuentra una espiguilla cubierta por dos bracteadas o también llamadas glumas en ambos lados, cada espiguilla contiene nueve flores las cuales van cayendo al paso de su crecimiento quedando de dos a seis flores (18).

4.9. Harina de trigo

Figura. 3 harina de trigo



Fuente. Milling y Grain, 2020.

Como Bressiani redacta la harina de grano entero o también llamada harina de trigo integral aporta mayor cantidad de vitaminas, minerales, fibra, antioxidantes, nutrientes y

beneficios contra patologías como los son la Diabetes tipo II, Cáncer y Obesidad. La harina de grano entero está formada por todos los componentes del grano intactos (almidón, endospermo, germen y salvado), molidos y triturados en la misma proporción a como están en el grano inicial (19).

4.10. Propiedades de la harina de trigo integral

La harina es un alimento rico en carbohidratos, fibra, vitamina K, B, E, calcio y potasio, de acuerdo a lo publicado por Corral, se obtiene de la molienda de trigo con todas sus envolturas celulósicas, es decir, sin retirar el germen, la cáscara y sin realizar el proceso de refinación posterior, por esto es que el color de la harina es oscuro (20).

4.11. Información de vitaminas y minerales de la harina de trigo integral

En la tabla 2, se muestra las vitaminas y minerales contenidas por cada 100 gramos de harina de trigo integral.

Tabla 2. Vitaminas y minerales de la harina de trigo integral.

Vitaminas y minerales	Contenido por cada 100 gramos de harina de trigo integral
Calcio	17 mg
Fósforo	108 mg
Hierro	1 mg
Magnesio	23 mg
Potasio	146 mg
Sodio	2 mg
Yodo	10 mg
Zinc	0.78 mg
Vitamina A	0 µg
Vitamina B1	0.11 mg
Vitamina B2	0.03 mg
Vitamina B3	2.33 mg
Vitamina B5	0.40 µg.
Vitamina B6	0.10 mg
Vitamina B7	1.10 µg

Vitamina B9	16 µg
Vitamina B12	0 µg
Vitamina C	0 mg
Vitamina D	0 µg
Vitamina E	0.34 mg
Vitamina K	32.70 µg

Fuente: <https://alimentos.org.es/harina-trigo>

Tabla 3. Información nutrimental de harina de trigo integral

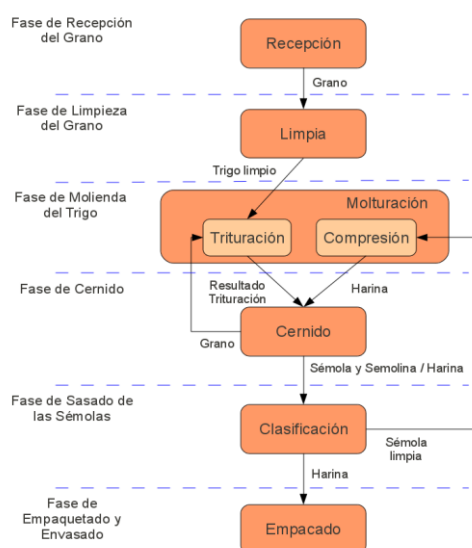
Declaración nutrimental	Por cada 100 g de harina de trigo integral
Contenido energético	341 Kcal
Proteínas	9,86 g
Grasas	1,20 g
Carbohidratos	70,60 g
Azúcares	0,70 g
Fibra	4,28 g
Sodio	2 mg

Fuente: <https://alimentos.org.es/harina-trigo>

4.12. Proceso de producción de la harina de trigo

El proceso de producción de la harina de trigo tiene seis etapas y a través de éstas, se obtienen harinas de diferentes tipos. Para la fabricación de pan, de pastas alimenticias o de galletas como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de Elaboración de la harina de trigo



Fuente. Molino Fábrica de Harinas La Purísima - Alhama de Granada, 2024.

4.13. Información nutrimental de distintas marcas de harina de trigo integral

En las figuras 5 y 6, se muestra la etiqueta con la información nutrimental de las harinas de trigo comerciales que son mas conocidas en el mercado de México y en la tabla 4 se puede visualizar la comparación de cantidad de hierro que contienen las harinas de trigo integral comerciales v/s la harina de trigo integral fortificada con alga espirulina (*Arthrospira Platensis*).

Figura 5. Etiqueta que muestra la tabla de información nutrimental de harina Tres Estrellas®

Información Nutrimental	
Tamaño por Porción:	100g
Porciones por envase:	10
Contenido Energético	1 446,27 kJ / 340,99 kcal
Proteínas	11,68 g
Grasas:	2,35 g, de las cuales:
Grasa Saturada	0,17 g
Grasa Mono Insaturada	0,41 g
Grasa Poli Insaturada	1,77 g
Grasas Trans	0,00 g
Cholesterol	0,00 mg
Carbohidratos Totales (Hidratos de Carbono)	68,28 g, de los cuales:
Azúcares	0,62 g
Fibra Dietética	9,59 g
Sodio	0,00 mg
%IDR	
Vitamina B1 (Tiamina) 0,59 mg	73,8
Vitamina B2 (Riboflavina) 0,313 mg	37,3
Niacina (Ácido Nicotínico) 12,71 mg	115,5
Ácido Fólico (Folacina) 1,25 mg	320,5
Hierro 6,746 mg	39,7
Zinc 5,449 mg	54,5

Los valores de Ingestión Diaria Recomendada (IDR) ponderados para la población Mexicana están basados en la NOM-247-SSA1-2008

Fuente. Harina de trigo integral Tres Estrellas®.

Figura 6. Etiqueta que muestra la tabla de información nutrimental de harina San Blas®

DECLARACIÓN NUTRIMENTAL		
Tamaño de porción	100 g	
Porciones por envase	10	
Cantidad por porción		
Contenido energético	1 460 kJ (344 kcal)	
Proteínas	12,5 g	
Grasas totales	2 g	
Grasas saturadas	1 g	
Grasas trans	0 mg	
Hidratos de carbono disponibles	69 g	
Azúcares	1 g	
Azúcares añadidos	0 g	
Fibra dietética	12 g	
Sodio	3 mg	
Contenido total del envase	14 600 kJ (3 440 kcal)	
Micronutriente	mg/100 g	%VNR
Vitamina B1	0,5	62,5
Vitamina B2	0,3	35,7
Niacina	3,5	31,8
Ácido Fólico	0,2	52,6
Hierro	4	23,5
Zinc	4	40

%VNR Valores Nutrimientales de Referencia para la población mexicana, según NOM-051-SCFI/SSA1-2010

Fuente. Harina de trigo integral San Blas®.

Tabla 4. Comparación de cantidad de hierro que contienen las harinas de trigo integral comerciales v/s la harina de trigo integral fortificada con alga espirulina (*Arthrospira Platensis*).

Producto	Contenido de hierro por porción (100 g)
Harina de trigo integral tres estrellas	6.746 mg
Harina de trigo integral San Blas	4 mg
Harina de trigo integral fortificada con alga espirulina (<i>Arthrospira Platensis</i>)	156.74 mg

Fuente. Elaboración propia.

4.14. Anemia

De acuerdo a lo reportado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) “La anemia es una afección en la que el número de glóbulos rojos o la concentración de hemoglobina que contienen son inferiores a lo normal. La hemoglobina es una proteína necesaria para transportar oxígeno. Cuando una persona tiene muy pocos glóbulos rojos, estos son anómalos o no contienen suficiente hemoglobina, se reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno a los tejidos del organismo”. La edad, el sexo, la elevación sobre el nivel del mar, el tabaquismo y el embarazo determinan la concentración ideal de hemoglobina que permite satisfacer las necesidades fisiológicas (21).

La OMS hace referencia a que el paludismo, las infecciones parasitarias, la tuberculosis, la infección por el VIH, las inflamaciones, las enfermedades crónicas, las afecciones ginecológicas y obstétricas y los trastornos hereditarios de los

glóbulos rojos son algunos de los factores que pueden causar anemia, como una mala alimentación o una absorción inadecuada de nutrientes. La falta de hierro es la causa nutricional más común, pero la deficiencia de folato, vitamina B12 y vitamina A también son importantes (21). La tabla 5 muestra las diferentes concentraciones de hemoglobina para diagnosticar la anemia.

Tabla 5. Concentraciones de hemoglobina para diagnosticar anemia (g/L)

Población	Sin anemia (g/L)	Anemia		
		Leve (g/L)	Moderada (g/L)	Grave (g/L)
Niños de 6 a 59 meses de edad	110 o superior	100-109	70-99	menos de 70
Niños de 5 a 11 años de edad	115 o superior	110-114	80-109	menos de 80
Niños de 12 a 14 años de edad	120 o superior	110-119	80-109	menos de 80
Mujeres no embarazadas (15 años o mayores)	120 o superior	110-119	80-109	menos de 80
Mujeres embarazadas	110 o superior	100-109	70-99	menos de 70
Varones (15 años o mayores)	130 o superior	100-129	80-109	menos de 80

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2011.

Los valores de corte para definir la anemia que se muestran en la tabla 5, se publicaron en 1968 por un grupo de estudio de la OMS sobre anemias nutricionales, mientras que los utilizados para definir la anemia leve, moderada y grave fueron presentados por primera vez en la guía Preventing and controlling anemia through

primary health care de 1989 y modificados luego para las mujeres embarazadas, las no embarazadas y los niños menores de 5 años en The management of nutrition in major emergencies, los valores de corte para diagnosticar la presencia o ausencia de anemia no se han modificado desde 1968, salvo en lo que se refiere a la división del grupo original de niños de 5 a 14 años (21).

4.15.1. Hemoglobina

La hemoglobina es necesaria para transportar oxígeno, si la sangre tiene una cantidad insuficiente de glóbulos rojos, glóbulos rojos anormales o hemoglobina insuficiente, la capacidad de la sangre para transportar oxígeno a los tejidos del cuerpo disminuirá, esto provoca síntomas como cansancio, debilidad, mareos y problemas respiratorios. La edad, el sexo, la altitud de residencia, el hábito tabáquico y el estado de embarazo determinan la concentración ideal de hemoglobina necesaria para satisfacer las necesidades fisiológicas como se cita en el análisis de ENSANUT 2022 (22).

4.15.2. Hierro

Dado que es el principal componente de los glóbulos rojos y participa en la producción de hemoglobina, el hierro es uno de los minerales más importantes para nuestro cuerpo, además ayuda en el metabolismo de ciertas enzimas y la formación de proteínas musculares. En nuestro cuerpo hay un porcentaje de hierro de entre 4 y 5 gramos, de los cuales entre 2,5 y 3 gramos forman parte de las proteínas, el resto se acumula en la médula ósea, el bazo y el hígado (22).

4.15.3. Sintomatología

El estudio de la ENSANUT publicado en 2022 menciona que “Los síntomas de la anemia no se producen mayormente al comienzo cuando la anemia es leve, apareciendo lentamente cuando esta se va desarrollando”.

Se pueden mencionar los siguientes síntomas:

- Genera cansancio o debilidad en el individuo a través de los ejercicios
- Presenta dolor de cabeza
- Genera mareos
- Aumento en la palpitación
- Presenta disminución a la hora de concentrarse

La anemia en el individuo va aumentando, permite la inclusión de otros síntomas descritos a continuación:

Las uñas se van quebrando, los ojos se tornan de color azulado, las ansias de consumir hielo por el apetito, aumentan los mareos al ponerse de pie, la piel se vuelve pálida, problemas de respiración, dolores en la lengua, úlceras en la boca, movimientos incontrolables de las piernas mientras duerme y caída de cabello (22).

4.15.5. Tratamiento dietético

Para mantener una dieta sana y variada es recomendable:

- Consumir alimentos ricos en hierro, como carnes rojas magras, pescado y aves de corral, legumbres (por ejemplo, lentejas y frijoles), cereales enriquecidos y verduras de hoja verde oscura

- Consumir alimentos ricos en vitamina C (como frutas y verduras), ya que esta ayuda al cuerpo a absorber el hierro (22).

4.15.6. Recomendaciones de hierro según la etapa de vida

Es de vital importancia conocer sobre los valores recomendados de hierro en las diferentes etapas de la vida ya que no en todos los casos se requiere la misma cantidad, esta varía según la edad y hasta incluso el sexo.

Tabla 6. Etapa de la vida y recomendaciones de hierro

Etapa de la vida	Cantidad recomendada
Bebés hasta los 6 meses de edad	0.27 mg
Bebés de 7 a 12 meses de edad	11 mg
Niños de 9 a 13 años de edad	8 mg
Adolescentes (mujeres) de 14 a 18 años de edad	15 mg
Mujeres adultas de 19 a 50 años de edad	18 mg
Adultos de 51 o más años de edad	8 mg
Adolescentes embarazadas	27 mg
Mujeres embarazadas	27 mg
Adolescentes en periodo de lactancia	10 mg
Mujeres en periodo de lactancia	9 mg

Fuente: National Institutes of health, 2022.

La tabla 6 plasma las recomendaciones de hierro de acuerdo a las diferentes etapas de la vida.

4.15.7. Objetivos específicos en educación alimentaria en anemia

- Los suplementos con hierro pueden ayudar a los niños menores de tres años, los adolescentes y las mujeres embarazadas a evitar la anemia. La salud de las madres y los niños depende de esta atención rigurosa.
- Orientar las prácticas alimenticias de los infantes para promover el consumo de alimentos con alto porcentaje de hierro, con el apoyo de una consejería en nutrición establecida por el sector salud
- Mejorar los sectores clave como el agua y el desagüe, la agricultura y la pesquería, que tienen un impacto directo en la salud de las personas, permitiendo la inclusión social de los sectores desfavorecidos de la sociedad
- Fortalecer la disponibilidad y promoción de productos nutritivos con alto porcentaje de hierro y micronutrientes, promoviendo una mejor alimentación para las personas vulnerables y los niños en áreas críticas
- Establecer herramientas para medir de manera efectiva las intervenciones prioritarias que contribuyen a la reducción de la anemia en el sector materno infantil de nuestra sociedad (22).

4.15.8. Educación nutricional en anemia

La ENSANUT 2022 menciona que el objetivo de la educación nutricional es brindar información que sirva como base para las actitudes y comportamientos adecuados con respecto a nuestra salud y cuidado nutricional, así mismo, los programas de prevención y promoción estatales actuales pueden apoyar y mejorar el bienestar de las poblaciones (22).

El público debe entender que una alimentación saludable es una herramienta importante para prevenir la anemia ferropénica y mejorar la salud. Deben incluirse alimentos saludables en nuestra dieta diaria de tal manera que el nuevo contexto se convierta en nuestra vida diaria y el consumo de alimentos saludables se convierta en un hábito. Los programas de educación nutricional deben comenzar en la familia, la escuela y la comunidad, es importante que las empresas agroalimentarias se involucren en los programas de educación nutricional, ya que si ofrecen productos de alta calidad, esto ayudará al éxito de las políticas de nutrición (22). En las tablas 7, 8 y 9 se muestra el tratamiento con hierro en diferentes etapas de la infancia.

4.15.9. Tratamiento con hierro según la edad de la persona

Se ha mencionado anteriormente la vital importancia sobre las recomendaciones de hierro así como las dosis que se deben de suministrar según la etapa de vida, en la tabla 7, 8 y 9 se muestran algunos de los valores en cuanto a condiciones, dosis y duración del tratamiento con hierro para las diferentes etapas referentes a infantes.

Tabla 7. Tratamiento con hierro para niños nacidos a término y/o con buen peso al nacer menores de 6 meses con anemia

Condición	Edad de administración	Dosis (vía oral)	Producto	Duración	Control de hemoglobina
Niño a término y con adecuado peso al nacer	Cuando se diagnostique anemia (a los 4 meses o en el control	3 mg/Kg/día Máxima dosis 40 mg/día	Gotas de Sulfato ferroso o gotas de complejo polimaltosado férrico	Durante 6 meses continuos	Al mes, a los 3 meses y 6 meses iniciando el tratamiento

Fuente: Norma técnica-manejo terapéutico y preventivo de la anemia, 2017.

Tabla 8. Tratamiento con hierro para niños de 6 meses a 11 años de edad con anemia leve o moderada

Edad de administración	Dosis (vía oral)	Producto	Duración	Control de hemoglobina
Niños de 6 a 25 meses de edad	3 mg/kg/día. Máxima dosis: 70 mg/día	Jarabe de sulfato ferroso o jarabe de complejo polimaltosado o gotas de sulfato ferroso	Durante 6 meses continuos	Al mes, a los 3 meses de iniciado el tratamiento
Niños de 3 a 5 años de edad	3 mg/kg/día. Máxima dosis: 90 mg/día	Gotas de complejo polimaltosado férrico, jarabe de sulfato ferroso o jarabe de complejo polimaltosado férrico	Durante 6 meses continuos	Al mes, a los 3 meses de iniciado el tratamiento
Niños de 5 a 11 años	3 mg/kg/día. Máxima dosis: 120 mg/kg/día	Jarabe de complejo polimaltosado férrico o 1 tableta de sulfato ferroso o 1 tableta de polimaltosado	Durante 6 meses continuos	Al mes, a los 3 meses de iniciado el tratamiento

Fuente: Norma técnica -manejo terapéutico y preventivo de la anemia, 2017

Tabla 9. Tratamiento de anemia con hierro y ácido fólico en gestantes y puérperas

Condición de anemia	Dosis	Producto	Duración	Control de hemoglobina
Anemia leve	120 mg de hierro elemental + 800µg de Ácido Fólico diario (2 tabletas diarias)	Sulfato ferroso + Ácido fólico o hierro polimaltosado + ácido fólico	Durante 6 meses	Cada 4 semanas hasta que la hemoglobina alcance los valores de 11g/día o más
Anemia moderada	120 mg de hierro elemental + 800 ug de Ácido Fólico diario (2 tabletas diarias)	Hierro polimaltosado + ácido fólico	Durante 6 meses	
Anemia severa	Tratar inmediatamente como caso de anemia y referir a un establecimiento de mayor complejidad que brinde atención especializada			

Fuente: Norma técnica -manejo terapéutico y preventivo de la anemia, 2011

V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad y de acuerdo a la ENSANUT (2022), la anemia afecta en mayor proporción a la población de mujeres adultas. Según las estadísticas, 1 de cada 7 mujeres adultas y 1 de cada 10 adolescentes y adultos mayores presentaron esta enfermedad. En preescolares y escolares, las prevalencias de anemia fueron menores a 10%, lo cual fue un hallazgo relevante en esta encuesta para la población mexicana dadas las prevalencias previamente documentadas en encuestas anteriores. La mayor prevalencia de anemia repercute en mujeres adultas y adolescentes no embarazadas en comparación con otros grupos de la población. El riesgo de anemia en la adolescencia (12 a 19 años) aumenta debido al crecimiento acelerado y la alta demanda de nutrientes, principalmente hierro. Esto es destacable dadas las condiciones ambientales en las que ellas se desarrollan, debido a los riesgos asociados con la salud en las mujeres (12 a 49 años) y al potencial que representan en su etapa reproductiva, además del riesgo intergeneracional de la anemia a sus descendientes (22).

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024), menciona que los países de ingresos bajos y medianos bajos soportan la mayor carga de anemia, que afecta sobre todo a las poblaciones que viven en entornos rurales, en hogares de bajos recursos y sin acceso a la educación formal. A escala mundial, se calcula que padecen anemia el 40% de los niños y niñas de 6 a 59 meses, el 37% de las mujeres embarazadas y el 30% de las mujeres de 15 a 49 años. En 2019, la anemia ocasiono la pérdida de 50 millones de años de vida sana por discapacidad. El origen más

importante de anemia fueron la ferropenia, la talasemia, la drepanocitosis y el paludismo (21).

Con la finalidad de combatir, prevenir y llevar un control sobre la anemia, se elaboró una harina de trigo integral a base de alga espirulina (*Arthrospira platensis*) para de esta manera poder tratar esta deficiencia y favorecer la salud en las personas que padecen de esta enfermedad.

VI. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio de investigación lleva al desarrollo e innovación de un alimento como opción saludable para el mercado de las harinas, que proporcione los nutrientes como una alternativa de consumo económica y sobre todo llamativa para personas que padecen anemia.

De acuerdo a la búsqueda de información realizada, en los últimos años se han lanzado al mercado opciones de alimentos saludables, sin embargo, para personas con anemia este tipo de productos está limitado y no existe un producto en el mercado con las características que proporciona la harina desarrollada en esta investigación.

El producto de innovación es una harina de trigo integral, que consiste en agregar alga espirulina (*Arthrospira platensis*) como principal ingrediente de fuente de proteína y hierro, ésta en conjunto con los nutrientes que contiene pueden ayudar a tener un mejor control y manejo de enfermedades como la anemia.

El alga espirulina (*Arthrospira platensis*), además de tener un buen aporte en proteína también cuenta con lípidos, minerales y vitaminas que contribuirán a complementar la alimentación de las personas que padecen anemia.

El alga espirulina (*Arthrospira platensis*) que contiene la harina, es de cultivo rápido y puede crecer en distintas zonas y tipos de climas lo que hace que no sea un producto en desabastecimiento y pueda elevarse su costo.

Esto permitirá que el consumo del producto en conjunto con los tratamientos médicos que lleva el paciente tenga mayor efectividad.

VII. OBJETIVOS

7.1. OBJETIVO GENERAL

Formular una harina de trigo fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) rica en hierro y vitaminas para personas que padecen anemia.

7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Elegir los ingredientes que cumplan con el aporte requerido de los nutrientes para la elaboración de la harina fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*).
- 2) Emplear el alga espirulina (*Arthrospira platensis*) para la elaboración de la harina de trigo integral fortificada.
- 3) Calcular el costo de elaboración y producción de la harina de trigo fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) para personas que padecen anemia.
- 4) Analizar el porcentaje de humedad que contiene la harina fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*).
- 5) Determinar el porcentaje de materia mineral o cenizas en la harina fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*).

- 6) Analizar la cantidad de grasa que contiene la harina fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*).
- 7) Determinar el porcentaje de proteína cruda de la harina fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*).
- 8) Determinar el porcentaje de fibra cruda de la harina fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*).
- 9) Determinar la cantidad de hierro con la que cuenta la harina a la cual se le agrego el alga espirulina (*Arthrospira platensis*) según la información nutrimental de su etiqueta.
- 10) Determinar la cantidad de hierro con la cual cuenta el alga espirulina (*Arthrospira platensis*).
- 11) Determinar la cantidad de hierro que aporta la harina de trigo fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) de acuerdo a la información nutrimental.
- 12) Determinar la cantidad de vitamina B1 y B2 que aporta la harina de trigo fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) de acuerdo a la información nutrimental.

VIII. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿La harina de trigo fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) para personas que padecen anemia, es rica en hierro y vitaminas?

IX. HIPÓTESIS

9.1. HIPÓTESIS ALTERNA (H_1)

La harina de trigo fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) para personas que padecen anemia, es rica en hierro y vitaminas.

9.2. HIPÓTESIS NULA (H_0)

La harina de trigo fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) para personas que padecen anemia, no es rica en hierro y vitaminas.

X. MATERIALES Y MÉTODOS

10.1. Diseño de estudio

Experimental

10.2. Análisis bromatológico de los alimentos

La composición química de un alimento, se obtiene a partir del uso de técnicas fisicoquímicas bien establecidas, fáciles de realizar y en su mayoría automatizadas. Se aplican particularmente para los componentes mayoritarios del alimento, a saber: agua, proteínas, grasas, cenizas y azúcares, tanto digeribles como no digeribles que conforman el potencial nutricio del alimento (23).

La aplicación de prácticas adecuadas de control de calidad, en el proceso de alimentos, bebidas, aditivos y materias primas, reduce significativamente el riesgo de intoxicaciones a la población consumidor, lo mismo que las pérdidas del producto, al protegerlo contra contaminaciones (23).

A continuación, se muestran los procedimientos que se les realizó a cada una de las pruebas.

10.2.1. Determinación de materia seca y/o humedad

El agua en los tejidos vegetales y animales puede existir de dos formas generales: “agua libre” y “agua ligada, la primera que es la predominante, es liberada fácilmente y se determina con la mayoría de los métodos empleados en la determinación de humedad (23).

El agua es importante en la conservación de los alimentos, ya que en cantidad elevada puede favorecer el crecimiento de hongos o pérdida de la calidad (23).

10.2.2. Material y equipo

- Cajas de aluminio de 55 mm de diámetro por 15 mm de altura
- Molino o licuadora
- Pinzas para cápsula
- Espátula
- Balanza analítica con sensibilidad de 0.0001 g
- Estufa de secado provista de un orificio para ventilación
- Desecador

10.2.3. Procedimiento

Cuando un producto es sometido a secado en condiciones específicas, presenta una pérdida de peso, debido a la evaporación del agua que contiene, la cual se reporta como valor de humedad. Se pesarán 3 g de muestra, previamente pulverizada, en un crisol el cual se ha secado por una hora a $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$ y enfriado en desecador durante una hora. Se colocó el crisol con la muestra dentro de la estufa y se seco durante 24 horas a $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$. El tiempo debe empezar a contar a partir de que la temperatura en la estufa con la muestra alcance los $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$. Después del tiempo marcado, se sacó el crisol y se colocó en el desecador y se dejó enfriar hasta que se alcanzó la temperatura ambiente (aproximadamente treinta minutos). Una vez que se haya enfriado se peso y se reportar la pérdida de peso como humedad como se muestran el as firguras 7 y 8.

Figura 7. Peso de la muestra de humedad



Fuente. Elaboración propia

Figura 8. Resultado de muestra de humedad



Fuente. Elaboración propia

X.2.4. Cálculos

$$\% \text{Humedad} = \frac{(A-B) \times 100}{W}$$
$$\% \text{Sólidos Totales} = 100 - \% \text{Humedad}$$

En donde:

A = Peso de la caja con muestra en g

B = Peso de la caja con muestra desecada en g.

W = Peso de la muestra en g

10.3. Determinación de ceniza

Todos los alimentos están compuestos por elementos minerales constituyendo parte de compuestos orgánicos e inorgánicos (23).

Las cenizas son el residuo inorgánico obtenido de la incineración de las materia orgánica. Durante la incineración la materia orgánica cambia, así las sales metálicas de ácidos orgánicos se convierten en óxidos o carbonatos o reacciona formando fosfatos, sulfatos o haluros (23).

En las cenizas de vegetales predominan los derivados de potasio y en los animales los de sodio (23).

El método utilizado en esta práctica es la de la calcinación en la mufla, y consiste en pulverizar o fragmentar el alimento y someterlo a la acción del mechero para carbonizarlo y desprender los productos volátiles, posteriormente se calcinan en la mufla de 500 a 600°C hasta obtener un residuo ligeramente gris, la diferencia entre el peso del crisol después de la mufla y el peso del crisol solo, representa la cantidad de cenizas de la muestra (23).

10.3.1. Material y equipo

- Crisol de porcelana
- Pinzas para crisol
- Desecador
- Mufla
- Mechero
- Tripie
- Triángulo de porcelan
- Balanza analítica con precisión de 0.0001g.

10.3.2. Procedimiento

En un crisol a peso constante, se puso de 3 a 5 gramos de muestra por analizar; se colocó el crisol con muestra en el mechero y se quemó lentamente el material hasta que ya no desprendió humos, evitando que se proyecte fuera del crisol. Se llevó el crisol a una mufla a 550 a 600 °C y se efectuó la calcinación completa, durante 24 horas. Se dejó enfriar en la mufla, se transfirió al desecador para su completo enfriamiento, se pesó y se determinó la masa del crisol con cenizas como se muestra en las figuras 9, 10 y 11.

Figura 9. Peso de la muestra de ceniza



Fuente. Elaboración propia

Figura 10. Proceso de ceniza



Fuente. Elaboración propia

Figura 11. Peso de resultados de ceniza



Fuente. Elaboración propia

10.3.3. Cálculos

Calcular el porcentaje de cenizas con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P - p) \times 100}{M}$$

En donde:

P = Masa del crisol con las cenizas en gramos

p = Masa de crisol vacío en gramos

M = Masa de la muestra en gramos

10.4. Determinación de proteínas por el método Kjeldahl

Este es un método de determinación de nitrógeno total, mediante el cual se puede obtener el % de proteína cruda (total) de una muestra orgánica, es un método indirecto ya que se basa en la determinación del nitrógeno amínico o amoniacal como el que se encuentra en la urea, ácido úrico, ácidos nucleicos, fosfolípidos y también presente en los aminoácidos y proteínas (23).

El método está basado en una digestión utilizando ácido sulfúrico en la cual hidroliza la muestra, liberándose el nitrógeno amoniacal de los aminoácidos y además compuestos que lo contienen, en seguida se neutraliza la muestra con NaOH, es decir, que transformamos el amonio en compuesto volátil, formamos hidróxido de amonio y se efectúa la destilación para obtener el amoniaco el cual se recoge en una solución de ácido bórico el cual contiene un indicador para finalmente titular utilizando HCl previamente estandarizado, de esa manera el ácido gastado en la titulación es equivalente al contenido de amonio (23).

10.4.1. Material y equipo

- Aparato digestor y destilador Kjeldahl
- Matraz Kjeldahl
- Matraz Erlenmeyer
- Balanza analítica
- 2 probetas de 100 ml
- 1 probeta de 250 ml
- Bureta automática
- Perlas de vidrio
- Espátula
- Caja petri
- Papel encerado

10.4.2. Reactivos

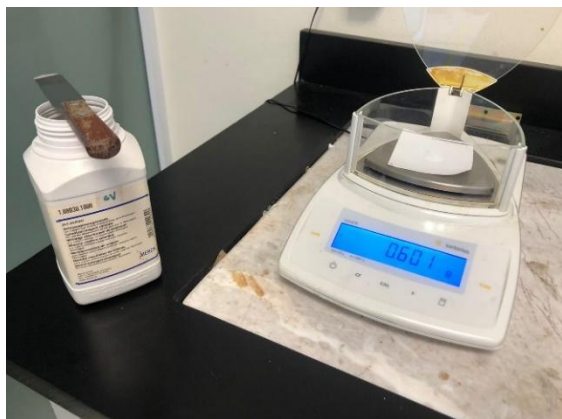
- Solución de HCl al 0.1 N
- H_2SO_4 concentrado, grado analítico

- Sulfato de cobre
- Sulfato de potasio
- Agua destilada
- Zinc metálico en granalla o lenteja
- Indicador mixto para determinación de nitrógeno
- NaOH 40%
- Ácido bórico 2%
- Sulfato de amonio

10.4.3. Procedimiento

1. Se trituro la muestra en el molino, se colocó la harina obtenida en la mitad de una caja Petri y se dejó secar en una estufa por una noche a 60 a 70°C.
2. Se pesó 0.1 g de la muestra molida y seca, en la balanza analítica utilizando un cuadro de papel encerado, se dobló y se colocó dentro del matraz micro Kjendhal, de cada muestra se pesó un duplicado, se agregó 0.6 g de mezcla reactiva de selenio y 2 ml de H_2SO_4 concentrado y 2 perlas de vidrio, como se muestra en la figura 12.

Figura 12. Peso de mezcla reactiva de selenio



Fuente. Elaboración propia

10.4.4. Proceso de Digestión: Destrucción de la muestra

1. Se encendió el extractor de gases del digestor y la hornilla, se puso el matraz Kjeldhal en posición inclinada en el aparato Kjeldhal y se dejó digiriendo por espacio de 1 hora. Los matraces deben rotarse cada 15 minutos, para que la digestión sea completa; el fuego debe ser lento.
2. Se terminó el tiempo de digestión, se apagó la hornilla y se dejaron encendidos los extractores para que siguieran sacando los gases y se dejó enfriar por espacio de 30 minutos. ****Proceso de destilación: Recolección de amonio****
3. Al matraz Kjendahl previamente enfriado, se le agregó 25 ml de agua destilada lavando con ella las paredes del matraz, se encendió la hornilla respectiva, se abrió la llave del agua para que circulara por el enfriador o condensador.
4. Se agregó al matraz Kjeldahl 10 ml de NaOH (se agregó lentamente por la pared del matraz), al 40% inmediatamente se puso en la parrilla y se ajustó en el cuello del matraz el tapón de hule con su respectiva trampa, se comprobó que quedara bien ajustado el tapón de hule, para evitar que la presión ejercida aviente el tapón.
5. Aparte en un matraz Erlenmeyer se colocó 10 ml de ácido bórico al 4% y tres gotas del indicador mixto, se agitó y se colocó en la parte inferior del destilador cuidando que la manguera del refrigerante quede sumergida en el líquido del matraz Erlenmeyer.
6. Se destiló y se recogió el destilado. Al estar destilando se aseguró de que no subiera por la manguera el destilado, por que si esto sucede aumenta la

intensidad de la flama. Antes de apagar la llama se aseguró que la manguera del refrigerante, ya no tocara el líquido del matraz Erlenmeyer al terminar de destilar.

10.4.5. Proceso de titulación: Valoración

1. Obtenido el destilado se sacó el matraz Erlenmeyer no separándolo totalmente del tubo condensador, luego se apagó la hornilla.
2. Se tituló el destilado con HCl 0.1 N estandarizado, agregando lentamente hasta que el color verde de la solución cambie a sepia (casi violeta) anotando los ml de HCl gastados, como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Proceso de titulación



Fuente. Elaboración propia

10.4.6. Cálculos:

Con base seca: $\text{ml HCl gastados} \times \text{Factor de HCl} = \%N \times 6.25 = \%Proteína.$

Gramos de muestra

10.5. Extracción de grasa

Los constituyentes grasos de los alimentos son diversas sustancias lipídicas, el contenido de “grasa” (algunas veces llamado extracto etéreo, grasa neutra o grasa cruda), el cual puede ser considerado como formado de constituyentes lipídicos “libres” es aquel que puede ser extraído por disolventes menos polares (orgánicos) (23).

La determinación del extracto etéreo, incluye una gran variedad de compuestos inorgánico, únicamente unos pocos de ellos tienen interés nutricional; aquellos que se encuentran en gran cantidad incluyen la grasa verdadera, ácidos grasos y sus éteres, vitaminas liposolubles y pro vitaminas tales como son los carotenoides (23).

La metodología consiste en someter una muestra exactamente pesada a la acción de un disolvente en un aparato de extracción, bajo reflujo constante. El solvente se separa por destilación y el extracto que queda en el vaso precipitado o matraz se deseca en una estufa a 90°C, lo cual representa la grasa de la muestra (23).

10.5.1. Material, reactivos y equipo

- Dedal de celulosa
- Taza de aluminio a peso constante
- Hexano
- Aparato de extracción Soxtec (TECATOR)
- Estufa de secado
- Desecador
- Pinzas para crisol
- Balanza analítica con precisión de 0.0001 g

10.5.2. Procedimiento

Se peso un gramo de muestra seca en el dedal de celulosa. En una taza de aluminio a peso constante se adicionarán 30 ml de éter de petróleo, ambos, muestra y solvente, se colocó en el aparato de extracción soxtec. Se realizó la lixiviación a un rango de temperatura de 90 a 100°C durante una hora (30 minutos con los dedales sumergidos y 30 minutos en posición de enjuagado) después de lo cual se eliminó el solvente. Las tazas con el extracto etéreo se secaron en una estufa hasta peso constante, se enfrió en desecador y se pesó como se muestran en las figuras 14, 15 y 16.

Figura 14. Peso de la muestra de grasa



Fuente. Elaboración propia

Figura 15. Extracción de grasa



Fuente. Elaboración propia

Figura 16. Resultado de peso de muestra de extracción de grasa



Fuente. Elaboración propia

10.5.3. Cálculos

El porcentaje de extracto etéreo se cuantifica mediante la siguiente fórmula:

$$\%EE = \frac{PTF - Pti}{M} \times 100$$

En donde:

PTF = Peso taza al final de la extracción

PTi = Peso inicial de la tasa

M = muestra en g

10.6. Determinación de fibra cruda

La fibra cruda es el residuo orgánico insoluble que consiste principalmente en celulosa y cierta porción de lignina y hemicelulosa contenidas en la muestra original.

La denominación popular de fibra o fibra cruda, se refiere a las partes de la pared celular de los tejidos vegetales, las cuales no pueden ser digeridas por las enzimas del intestino. La fibra cruda está principalmente constituida por celulosa, hemicelulosa y pectinas (23).

Para determinar la fibra de una muestra es necesario trabajar con una muestra desengrasada y someterla a una hidrólisis ácida seguida de una hidrólisis alcalina con una posterior incineración del material insoluble para que por diferencia de peso determinar el contenido de carbohidratos no degradables (23).

El método más comúnmente usado es el que se basa en la digestión ácido-alcalina aunque se considera un método aproximado ya que se obtiene en el residuo de fibra cruda cantidades considerables de sustancias nitrogenadas de la pared celular y se pierden partes de lignina que se gelatiniza o disuelve (23).

10.6.1. Material, reactivos y equipo

- Crisol
- Vaso Berzelius
- Probeta 200 ml
- Vasos de precipitado
- Agitador de goma (gendarme)
- Pinzas para crisol
- Espátula
- Tamiz con malla de acero inoxidable de 200 mallas/ in²
- Mechero tripie y tela de asbesto
- Digestor LABCONCO

- Balanza analítica con precisión de 0.0001g
- Estufa de secado
- Mufla

10.6.2. Procedimiento

1. La muestra libre de grasa obtenida en la determinación de grasa se secó en la estufa a 100 a 105°C por toda la noche como se muestra en la figura 17.
2. Se colocó en un vaso Berzelius un gramo de muestra libre de grasa y seca.
3. Se agregaron 200 ml de H₂SO₄ 1.25% en ebullición y se colocó inmediatamente en la parrilla ya caliente del digestor LABCONCO (la llave del agua de los refrigerantes debe estar abierta), la mezcla debe empezar a hervir en menos de un minuto, se dejó digiriendo y en reflujo por 30 minutos, se agitó frecuentemente (no se dejó que la espuma subiera más de la mitad del vaso) como se muestra en la figura 18 y 19.
4. Se filtró el contenido del vaso en caliente por la malla del embudo, se lavó perfectamente bien el vaso con pequeñas porciones de agua destilada caliente, con ayuda del gendarme, se vertieron los lavados sobre la misma malla, se evitó hasta donde sea posible la pérdida de partículas de muestra para reducir el máximo error. Se lavó perfectamente el contenido de la malla hasta eliminar cualquier vestigio de acidez. Se transfirió totalmente el contenido de la malla al vaso Berzelius original y se agregaron 200 ml de NaOH 1.25% hirviendo y se colocó en el digestor. Se repitió la digestión por 30 minutos, igual que en el paso 3.
6. Se repitió el paso 4 (lavar hasta eliminar el pH alcalino agregando agua)

7. Se transferió totalmente la muestra al crisol y se llevó a peso constante a 100-105°C. Por 24 hrs. Se enfrió en desecador, se pesó, este fue el peso número 1.

8. Se llevó el crisol a la mufla a 550-600°C por una hora, para su calcinación se pasó a la estufa y se llevó a peso constante de nuevo se pesó y este fue el peso número 2.

Figura 17. Muestra para determinación de fibra



Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Muestra con ácido sulfúrico



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Ebullición de H_2SO_4



Fuente: Elaboración propia.

Fórmula:

$$FC = \frac{\text{Peso No. 1} - \text{peso número 2}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Peso de la muestra

10.7. Proceso de Elaboración de harina fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*)

10.7.1 Materiales

- Bowl
- Tazas medidoras
- Batidor globo
- Báscula

10.7.2. Ingredientes

- Polvo para hornear
- Harina de trigo integral
- Alga espirulina (*Arthrospira platensis*), en polvo
- Fécula de maíz
- Sal
- Bicarbonato de sodio
- Stevia
- Azúcar

10.7.3. Harina de trigo integral con alga espirulina (*Arthrospira platensis*), y azúcar

- Pesar en la báscula 1 ½ tza de harina de trigo integral, ¼ taza de fécula de maíz, 2 cdas de azúcar, ¼ cda de alga espirulina (*Arthrospira platensis*), 2 cdas de polvo para hornear y ¼ cda de bicarbonato de sodio.

- Vaciar todos los ingredientes en un bowl y mezclar hasta que todo esté perfectamente bien incorporado.

Nota: La cantidad indicada es para aproximadamente 3 porciones

10.7.4. Harina de trigo integral con alga espirulina (*Arthrospira platensis*), y stevia

- Pesar en la báscula 1 ½ tza de harina de trigo integral, ¼ taza de fécula de maíz, 1 sobre de stevia, ¼ cda de alga espirulina (*Arthrospira platensis*), 2 cdas de polvo para hornear y ¼ cda de bicarbonato de sodio.
- Vaciar todos los ingredientes en un bowl y mezclar hasta que todo esté perfectamente bien incorporado.

Nota: La cantidad indicada es para aproximadamente 3 porciones

10.7.5. Harina de trigo integral con alga espirulina (*Arthrospira platensis*), sin azúcar y sin stevia

- Pesar en la báscula 1 ½ tza de harina de trigo integral, ¼ taza de fécula de maíz, ¼ cda de alga espirulina (*Arthrospira platensis*), 2 cdas de polvo para hornear y ¼ cda de bicarbonato de sodio.
- Vaciar todos los ingredientes en un bowl y mezclar hasta que todo esté perfectamente bien incorporado.

Nota: La cantidad indicada es para aproximadamente 3 porciones

10.7.6. Harina de trigo integral sin alga espirulina (*Arthrospira platensis*), con azúcar

- Pesar en la báscula 1 ½ tza de harina de trigo integral, ¼ taza de fécula de maíz, 2 cdas de azúcar, 2 cdas de polvo para hornear y ¼ cda de bicarbonato de sodio.
- Vaciar todos los ingredientes en un bowl y mezclar hasta que todo esté perfectamente bien incorporado.

Nota: La cantidad indicada es para aproximadamente 3 porciones

10.7.7. Harina de trigo integral sin alga espirulina (*Arthrospira platensis*), con stevia

- Pesar en la báscula 1 ½ tza de harina de trigo integral, ¼ taza de fécula de maíz, 1 sobre de stevia, 2 cdas de polvo para hornear y ¼ cda de bicarbonato de sodio.
- Vaciar todos los ingredientes en un bowl y mezclar hasta que todo esté perfectamente bien incorporado.

Nota: La cantidad indicada es para aproximadamente 3 porciones

10.7.8. Harina de trigo integral sin alga espirulina (*Arthrospira platensis*), sin azúcar y sin stevia

- Pesar en la báscula 1 ½ tza de harina de trigo integral, ¼ taza de fécula de maíz, 2 cdas de polvo para hornear y ¼ cda de bicarbonato de sodio.
- Vaciar todos los ingredientes en un bowl y mezclar hasta que todo esté perfectamente bien incorporado.
- *Nota: La cantidad indicada es para aproximadamente 3 porciones*

XI. ASPECTOS ÉTICOS

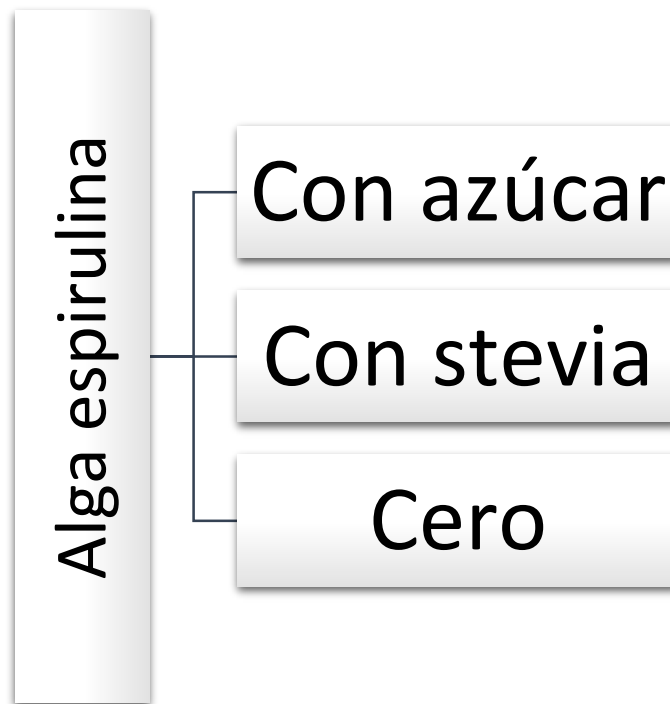
El presente trabajo titulado “Harina de trigo fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) rica en hierro y vitaminas para personas que padecen anemia”, cuenta con la aprobación de la directora de tesis, así como del comité de asesores.

Por el tipo de investigación se considera que no existen riesgos mayores para la población, ya que no se contó con una muestra poblacional, por lo tanto, no se realizaron pruebas sensoriales que pudieran poner en riesgo la salud e integridad de las personas.

XII. RESULTADOS

A continuación, se muestran las diferentes pruebas que se realizaron por triplicado a cada una de las muestras elaboradas con harina de trigo integral comercial adicionando el alga espirulina (*Arthrospira platensis*), así como a la harina integral sin adición de materia prima.

Figura 20. Tipos de harinas con alga espirulina (*Arthrospira platensis*)



12.1. Harina de trigo integral con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) y azúcar

12.1.1. Resultados de humedad

Se realizó un análisis de humedad a la prueba de harina de trigo integral con alga espirulina con azúcar. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de humedad arroja que cuenta con un promedio del 5.57%.

$$1.- 26.786 - 26.628 \times 100 / 3.000 = 5.26 \%$$

$$2.- 26.885 - 26.714 \times 100 / 3.000 = 5.7 \%$$

$$3.- 26.681 - 26.508 \times 100 / 3.000 = 5.76 \%$$

12.1.2. Resultados de ceniza

Se realizó un análisis de ceniza a la prueba de harina de trigo integral con alga espirulina con azúcar. De acuerdo a los cálculos, los resultados que se obtuvieron de la prueba de ceniza arrojan que cuenta con un promedio del 4.476%

$$1.- 12.685 - 12.551 \times 100 / 3.003 = 4.462 \%$$

$$2.- 13.217 - 13.084 \times 100 / 3.000 = 4.433 \%$$

$$3. 12.611 - 12.475 \times 100 / 3.000 = 4.533 \%$$

12.1.3. Resultados de grasa

Se realizó un análisis de grasa a la prueba de harina de trigo integral con alga espirulina con azúcar. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de grasa se tiene un promedio del 1.23%

$$1.- 32.657 - 32.617 \times 100 / 3.000 = 1.33 \%$$

$$2.- 32.028 - 31.984 \times 100 / 3.000 = 1.46 \%$$

$$3.- 30.997 - 30.970 \times 100 / 3.000 = 0.9 \%$$

12.1.4. Resultados de fibra

Se realizó un análisis de fibra a la prueba de harina de trigo integral con alga espirulina con azúcar. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de fibra arroja que cuenta con un promedio del 0.96%

$$1. 14.676 - 14.667 \times 100 / 1.000 = 0.9 \%$$

$$2.- 15.223 - 15.213 \times 100 / 1.000 = 1 \%$$

$$3.- 14.325 - 14.315 \times 100 / 1.000 = 1 \%$$

12.1.5. Resultados de proteína

Se realizó un análisis de proteína a la prueba de harina de trigo integral con alga espirulina con azúcar. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de proteína arroja que cuenta con un promedio del 8.12%

$$1.- 1.3 \times 0.1 / 0.100 = 1.3 \times 6.25 = 8.12 \%$$

$$2.- 1.3 \times 0.1 / 0.100 = 1.3 \times 6.25 = 8.12 \%$$

$$3.- 1.3 \times 0.1 / 0.100 = 1.3 \times 6.25 = 8.12 \%$$

12.2. Harina de trigo integral con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) y stevia

12.2.1. Resultados de humedad

Se realizó un análisis de humedad a la prueba de harina de trigo integral con alga espirulina con stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de humedad arroja que cuenta con un promedio del 7.06%

$$1.- 31.135 - 30.921 \times 100 / 3.000 = 7.1 \%$$

$$2.- 30.149 - 29.936 \times 100 / 3.000 = 7.1 \%$$

$$3.- 30.286 - 30.076 \times 100 / 3.000 = 7 \%$$

12.2.2. Resultados de ceniza

Se realizó un análisis de ceniza a la prueba de harina de trigo integral con alga espirulina con stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de ceniza arroja que cuenta con un promedio de 7.8%

$$1.- 11.870 - 11.623 \times 100 / 3.000 = 8.2 \%$$

$$2.- 14.672 - 14.441 \times 100 / 3.000 = 7.7 \%$$

$$3. 12.959 - 12.733 \times 100 / 3.000 = 7.5 \%$$

12.2.3. Resultados de grasa

Se realizó un análisis de grasa a la prueba de harina de trigo integral con alga espirulina con stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de grasa arroja que cuenta con un promedio de 0.86%

$$1.- 32.653 - 32.636 \times 100 / 3.000 = 0.5 \%$$

$$2.- 32.035 - 31.993 \times 100 / 3.000 = 1.4 \%$$

$$3.- 31.005 - 30.983 \times 100 / 3.000 = 0.7 \%$$

12.2.4. Resultados de fibra

Se realizó un análisis de fibra a la prueba de harina de trigo integral con alga espirulina con stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de fibra arroja que cuenta con un promedio de 0.86%

$$1. 15.222 - 15.213 \times 100 / 1.000 \text{ gr} = 0.9 \%$$

$$2.- 14.676 - 14.668 \times 100 / 1.000 \text{ gr} = 0.8 \%$$

$$3.- 14.320 - 14.311 \times 100 / 1.000 \text{ gr} = 0.9 \%$$

12.2.5. Resultados de proteína

Se realizó un análisis de proteína a la prueba de harina de trigo integral con alga espirulina con stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de proteína arroja que cuenta con un promedio del 8.12%

$$1.- 1.3 \times 0.1 / 0.100 = 1.3 \times 6.25 = 8.12 \%$$

$$2.- 1.3 \times 0.1 / 0.100 = 1.3 \times 6.25 = 8.12 \%$$

$$3.- 1.3 \times 0.1 / 0.100 = 1.3 \times 6.25 = 8.12 \%$$

12.3. Harina de trigo integral con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) sin azúcar y sin stevia

12.3.1. Resultados de humedad

Se realizó un análisis de humedad a la prueba de harina de trigo integral con alga espirulina sin azúcar y sin stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de humedad arroja que cuenta con un promedio de 8.4%

$$1.- 30.148 - 29.895 \times 100 / 3.000 = 8.4 \%$$

$$2.- 31.135 - 30.883 \times 100 / 3.000 = 8.4 \%$$

$$3.- 31.139 - 30.887 \times 100 / 3.000 = 8.4 \%$$

12.3.2. Resultados de ceniza

Se realizó un análisis de ceniza a la prueba de harina de trigo integral con alga espirulina sin azúcar y sin stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de ceniza arroja que cuenta con un promedio de 4.43%

$$1.- 13.792 - 13.669 \times 100 / 3.000 = 4.1 \%$$

$$2.- 14.566 - 14.434 \times 100 / 3.000 = 4.4 \%$$

$$3.- 11.770 - 11.625 \times 100 / 3.000 = 4.8 \%$$

12.3.3. Resultados de grasa

Se realizó un análisis de grasa a la prueba de harina de trigo integral con alga espirulina sin azúcar y sin stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de grasa arroja que cuenta con un promedio de 0.75%

$$1.- 31.257 - 31.241 \times 100 / 3.000 = 0.5 \%$$

$$2.- 32.019 - 31.985 \times 100 / 3.000 = 1.1 \%$$

$$3.- 31.331 - 32.312 \times 100 / 3.000 = 0.6 \%$$

12.3.4. Resultados de fibra

Se realizó un análisis de fibra a la prueba de harina de trigo integral con alga espirulina sin azúcar y sin stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de fibra arroja que cuenta con un promedio del 1.1%

$$1.- 11.635 - 11.624 \times 100 / 1.000 = 1.1 \%$$

$$2.- 11.750 - 11.739 \times 100 / 1.000 = 1.1 \%$$

$$3.- 14.446 - 14.435 \times 100 / 1.000 = 1.1 \%$$

12.3.5. Resultados de proteína

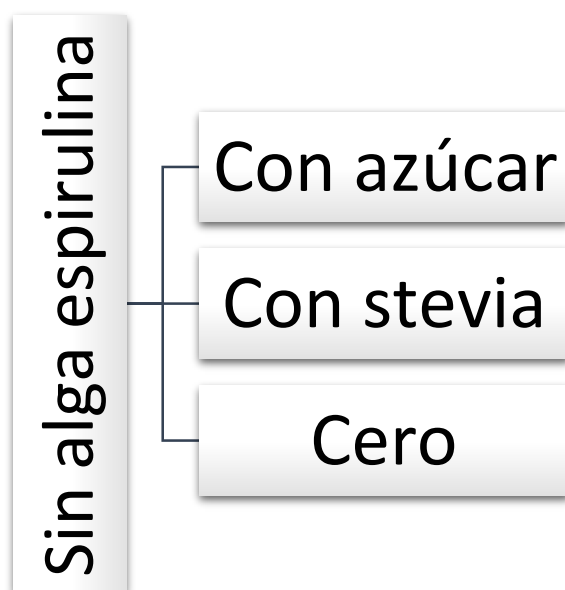
Se realizó un análisis de proteína a la prueba de harina de trigo integral con alga espirulina sin azúcar y sin stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de proteína arroja que cuenta con un promedio del 7.5%

$$1.- 1.2 \times 0.1 / 0.100 = 1.2 \times 6.25 = 7.5 \%$$

$$2.- 1.2 \times 0.1 / 0.100 = 1.2 \times 6.25 = 7.5 \%$$

$$3.- 1.2 \times 0.1 / 0.100 = 1.2 \times 6.25 = 7.5 \%$$

Figura 21. Tipos de harinas integral sin alga espirulina (*Arthrospira platensis*)



12.4. Harina integral sin alga espirulina (*Arthrospira platensis*) con azúcar

12.4.1. Resultados de humedad

Se realizó un análisis de humedad a la prueba de harina de trigo integral sin alga espirulina con azúcar. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de humedad arroja que cuenta con un promedio del 6.17%

$$1.- 25.673 - 25.492 \times 100 / 3.000 = 6.03 \%$$

$$2.- 25.76 - 25.572 \times 100 / 3.000 = 6.26 \%$$

$$3.- 25.399 - 25.212 \times 100 / 3.000 = 6.23 \%$$

12.4.2. Resultados de ceniza

Se realizó un análisis de ceniza a la prueba de harina de trigo integral sin alga espirulina con azúcar. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de ceniza arroja que cuenta con un promedio del 5.96%

$$1.- 13.425 - 13.245 \times 100 / 3.000 = 6 \%$$

$$2.- 11.940 - 11.762 \times 100 / 3.000 = 5.9 \%$$

$$3.- 14.977 - 14.795 \times 100 / 3.000 = 6 \%$$

12.4.3. Resultados de grasa

Se realizó un análisis de grasa a la prueba de harina de trigo integral sin alga espirulina con azúcar. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de grasa arroja que cuenta con un promedio del 0.53%

$$1.- 31.252 - 31.235 \times 100 / 3.000 = 0.5 \%$$

$$2.- 31.352 - 31.341 \times 100 / 3.000 = 0.3 \%$$

$$3.- 32.337 - 32.311 \times 100 / 3.000 = 0.8 \%$$

12.4.4. Resultados de fibra

Se realizó un análisis de fibra a la prueba de harina de trigo integral sin alga espirulina con azúcar. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de fibra arroja que cuenta con un promedio del 0.5%

$$1. 14.798 - 14.796 \times 100 / 1.000 = 0.2 \%$$

$$2.- 13.259 - 13.253 \times 100 / 1.000 = 0.6 \%$$

$$3.- 11.776 - 11.769 \times 100 / 1.000 = 0.7 \%$$

12.4.5. Resultados de proteína

Se realizó un análisis de proteína a la prueba de harina de trigo integral sin alga espirulina con azúcar. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de proteína arroja que cuenta con un promedio del 4.375%

$$1.- 0.7 \times 0.1 / 0.100 = 0.7 \times 6.25 = 4.375 \%$$

$$2.- 0.7 \times 0.1 / 0.100 = 0.7 \times 6.25 = 4.375 \%$$

$$3.- 0.7 \times 0.1 / 0.100 = 0.7 \times 6.25 = 4.375 \%$$

12.5. Harina de trigo integral sin alga espirulina (*Arthrospira platensis*) con stevia

12.5.1. Resultados de humedad

Se realizó un análisis de humedad a la prueba de harina de trigo integral sin alga espirulina con stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de humedad arroja que cuenta con un promedio de 8.9%

$$1.- 30.148 - 29.800 \times 100 / 3.000 = 8.9 \%$$

$$2.- 31.135 - 30.871 \times 100 / 3.000 = 8.8 \%$$

$$3.- 30.286 - 30.017 \times 100 / 3.000 = 8.9 \%$$

12.5.2. Resultados de ceniza

Se realizó un análisis de ceniza a la prueba de harina de trigo integral sin alga espirulina con stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de ceniza arroja que cuenta con un promedio del 3.08%

$$1.- 14.759 - 14.668 \times 100 / 3.003 = 3.03 \%$$

$$2.- 15.301 - 15.210 \times 100 / 3.000 = 3.03 \%$$

$$3. 14.397 - 14.301 \times 100 / 3.000 = 3.2 \%$$

12.5.3. Resultados de grasa

Se realizó un análisis de grasa a la prueba de harina de trigo integral sin alga espirulina con stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de grasa arroja que cuenta con un promedio del 0.6%

$$1.- 32.623 - 32.617 \times 100 / 3.000 = 0.2 \%$$

$$2.- 31.996 - 31.984 \times 100 / 3.000 = 0.4 \%$$

$$3.- 30.982 - 30.971 \times 100 / 3.000 = 0.3 \%$$

12.5.4. Resultados de fibra

Se realizó un análisis de fibra a la prueba de harina de trigo integral sin alga espirulina con stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de fibra arroja que cuenta con un promedio del 1.06%

$$1. 12.713 - 12.705 \times 100 / 1.000 = 0.8 \%$$

$$2.- 12.555 - 12.547 \times 100 / 1.000 = 0.8 \%$$

$$3.- 11.770 - 11.757 \times 100 / 1.000 = 1.6 \%$$

12.5.5. Resultados de proteína

Se realizó un análisis de proteína a la prueba de harina de trigo integral sin alga espirulina con stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de proteína arroja que cuenta con un promedio del 5.625%

$$1.- 0.12 \times 0.1 / 0.100 = 0.12 \times 6.25 = 5.625 \%$$

$$2.- 0.12 \times 0.1 / 0.100 = 0.12 \times 6.25 = 5.625 \%$$

$$3.- 0.12 \times 0.1 / 0.100 = 0.12 \times 6.25 = 5.625 \%$$

12.6. Harina de trigo integral sin alga espirulina (*Arthrospira platensis*), sin azúcar y sin stevia

12.6.1. Resultados de humedad

Se realizó un análisis de humedad a la prueba de harina de trigo integral sin alga espirulina sin azúcar y sin stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de humedad arroja que cuenta con un promedio del 8.24%

$$1.- 17.789 - 17.538 \times 100 / 3.000 = 8.3 \%$$

$$2.- 17.785 - 17.544 \times 100 / 3.000 = 8.03 \%$$

$$3.- 18.211 - 17.959 \times 100 / 3.000 = 8.4 \%$$

12.6.2. Resultados de ceniza

Se realizó un análisis de ceniza a la prueba de harina de trigo integral sin alga espirulina sin azúcar y sin stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de ceniza arroja que cuenta con un promedio del 4.8%

$$1.- 12.625 - 12.477 \times 100 / 3.003 = 4.9 \%$$

$$2.- 13.217 - 13.071 \times 100 / 3.000 = 4.8 \%$$

$$3. 13.390 - 13.248 \times 100 / 3.000 = 4.7 \%$$

12.6.3. Resultados de grasa

Se realizó un análisis de grasa a la prueba de harina de trigo integral sin alga espirulina sin azúcar y sin stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de grasa arroja que cuenta con un promedio del 0.73%

$$1.- 31.999 - 31.977 \times 100 / 3.000 = 0.7 \%$$

$$2.- 32.011 - 31.988 \times 100 / 3.000 = 0.7 \%$$

$$3.- 31.266 - 31.242 \times 100 / 3.000 = 0.8 \%$$

12.6.4. Resultados de fibra

Se realizó un análisis de fibra a la prueba de harina de trigo integral sin alga espirulina sin azúcar y sin stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de fibra arroja que cuenta con un promedio del 1.4%

$$1. 11.751 - 11.738 \times 100 / 1.000 = 1.3 \%$$

$$2.- 12.494 - 12.477 \times 100 / 1.000 = 1.7 \%$$

$$3.- 13.260 - 13.248 \times 100 / 1.000 = 1.2 \%$$

12.6.5. Resultados de proteína

Se realizó un análisis de proteína a la prueba de harina de trigo integral sin alga espirulina sin azúcar y sin stevia. Según los cálculos y resultados que se obtuvieron de la prueba de proteína arroja que cuenta con un promedio del 0.625%

$$1.- 0.10 \times 0.1 / 0.100 = 0.1 \times 6.25 = 0.625 \%$$

$$2.- 0.10 \times 0.1 / 0.100 = 0.1 \times 6.25 = 0.625 \%$$

$$3.- 0.10 \times 0.1 / 0.100 = 0.1 \times 6.25 = 0.625 \%$$

A partir de las pruebas ya mencionadas se elaboraron tablas nutrimentales (tabla 10, 11, 12, 13, 14 y 15) de las diversas pruebas bromatológicas realizadas por triplicado para obtener resultados confiables.

12.7. Tablas de información nutrimental de los diferentes tipos de harinas.

Tabla 10. Información nutrimental de harina de trigo integral con alga espirulina

(*Arthrospira platensis*) y con azúcar

Harina de trigo integral con alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) con azúcar		
Proteína	8.12 g	Por cada 100 g
Grasa	1.23 g	Por cada 3.000 g
Fibra	0.96 g	Por cada 1.000 g
Se calcularon otros elementos como la ceniza y la humedad y estos fueron los resultados		
Ceniza	5.57 %	Por cada 3.000 g
Humedad	4.476%	Por cada 3.000 g

Fuente. Elaboración propia

La tabla 10 muestra las diferentes cantidades de macronutrientes que fueron obtenidos mediante las pruebas realizadas en las cantidades mencionadas. Cabe destacar que por 100 gr de muestra se obtuvo una cantidad importante de proteína a comparación de las demás pruebas que no contenían el alga espirulina.

Tabla 11. Información nutrimental de harina de trigo integral con alga espirulina

(*Arthrospira platensis*) y con stevia

Harina de trigo integral con alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) con stevia		
Proteína	8.12 g	Por cada 100 g
Grasa	0.86 g	Por cada 3.000 g
Fibra	0.86 g	Por cada 1.000 g
Se calcularon otros elementos como la ceniza y la humedad y estos fueron los resultados		
Ceniza	7.8%	Por cada 3.000 g
Humedad	7.06%	Por cada 3.000 g

Fuente. Elaboración propia

La tabla 11 muestra que la muestra analizada cuenta con una cantidad considerable de proteína por 100 gramos de la muestra, también como plus se observa que cuenta con menor cantidad de grasa en comparación con la muestra que cuenta con azúcar, esta muestra fue elaborada en su lugar con stevia como endulzante.

Tabla 12. Información nutrimental de harina de trigo integral con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) sin azúcar y sin stevia

Harina de trigo integral con alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) sin azúcar y sin Stevia		
Proteína	7.5 g	Por cada 100 g
Grasa	0.75 g	Por cada 3.000 g
Fibra	1.1 g	Por cada 1.000 g
Se calcularon otros elementos como la ceniza y la humedad y estos fueron los resultados		
Ceniza	4.43%	Por cada 3.000 g
Humedad	8.4%	Por cada 3.000 g

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 12 se muestran los resultados que la muestra de harina de trigo integral con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) sin azúcar y sin stevia cuenta con un poco menos de proteína en comparación con los resultados de las tablas 10 y 11, pero a su vez es un poco más alto en fibra y más bajo en grasa.

Tabla 13. Información nutrimental de harina de trigo integral sin alga espirulina (*Arthrospira platensis*) con azúcar

Harina de trigo integral sin alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) con azúcar		
Proteína	4.37 g	Por cada 100 g
Grasa	0.53 g	Por cada 3.000 g
Fibra	0.5 g	Por cada 1.000 g
Se calcularon otros elementos como la ceniza y la humedad y estos fueron los resultados		
Ceniza	6.96%	Por cada 3.000 g
Humedad	6.17%	Por cada 3.000 g

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 13 se muestran los resultados obtenidos del análisis a la muestra de harina de trigo integral sin alga espirulina (*Arthrospira platensis*) con azúcar, la cual nos dio como resultado cierta cantidad menos en proteína en comparación con las otras muestras las cuales contaban con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) con una variante de aproximadamente 4 gr menos, al igual que menos cantidad de grasa y fibra.

Tabla 14. Información nutrimental de harina de trigo integral sin alga espirulina (*Arthrospira platensis*) con stevia

Harina de trigo integral sin alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) con stevia		
Proteína	5.6 g	Por cada 100 g
Grasa	0.6 g	Por cada 3.000 g
Fibra	1.06 g	Por cada 1.000 g
Se calcularon otros elementos como la ceniza y la humedad y estos fueron los resultados		
Ceniza	3.08%	Por cada 3.000 g
Humedad	8.9%	Por cada 3.000 g

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 14 se muestra que la cantidad de proteína, es mayor que la de la muestra anterior de la tabla 13 obteniendo al igual un poco más de fibra y grasa.

Tabla 15. Información nutrimental de harina de trigo integral sin alga espirulina (*Arthrospira platensis*) sin azúcar y sin stevia

Harina de trigo integral sin alga espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) sin azúcar y sin Stevia		
Proteína	0.625 g	Por cada 100 g
Grasa	0.7 g	Por cada 3.000 g
Fibra	1.4 g	Por cada 1.000 g
Se calcularon otros elementos como la ceniza y la humedad y estos fueron los resultados		
Ceniza:	4.8%	Por cada 3.000 g
Humedad:	8.24%	Por cada 3.000 g

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 15 se muestra que la cantidad de proteína, fibra y grasa es muy escasa ya que a comparación de las otras pruebas esta en específico es solo la harina tal cual sin algún endulzante y sin el alga espirulina (*Arthrospira platensis*).

Tabla 16. Composición química de los diferentes tipos de harina con y sin alga espirulina (*Arthrospira platensis*)

	Harina con alga y con azúcar	Harina con alga y con stevia	Harina con alga sin azúcar y sin stevia	Harina sin alga con azúcar	Harina sin alga con stevia	Harina sin alga sin azúcar y sin stevia
Ceniza	4.476%	7.8%	4.43%	5.96%	3.08%	4.8%
Humedad	5.57%	7.06%	8.4%	6.17%	8.9%	8.24%
Proteína	8.12%	8.12%	7.5%	4.375%	5.625%	0.625%
Grasa	1.23%	0.86%	0.75%	0.53%	0.6%	0.73%
Fibra	0.96%	0.86%	1.1%	0.5%	1.06%	1.4%

En la tabla 16 se muestra de manera resumida los resultados que se obtuvieron de las distintas pruebas a las distintas harinas

12.8. Costo de harina de trigo fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*)

- Harina de trigo integral tres estrellas tiene un costo de \$23 pesos el kilo
- El kilo de harina cuenta con 10 porciones por envase (1kg)
- 100 gr de harina tiene el costo de \$2.3 pesos
- Alga espirulina tiene un costo de \$60 pesos los 100 g
- La porción con la que cuenta la harina es de 10 g
- Los 10 gr tienen un costo de \$6 pesos
- Total por porcion de 100 g de harina de trigo integral fortificada con alga espirulina seria de \$8 pesos

XIII. DISCUSIÓN

El alga espirulina (*Arthrospira platensis*) es una cianobacteria rica en proteínas, aminoácidos, vitaminas, minerales y otros nutrientes, por lo que uno de sus principales usos es como suplemento alimenticio, ya sea en polvo, encapsulado, en tabletas, como sustituto de harina (en diferentes sabores), en pastas para sopa, botanas, salsas, barras de granola, golosinas o bebidas instantáneas de frutas o vegetales (10).

Actualmente se le emplea cada vez más como fuente de pigmentos naturales, vitaminas y ácidos grasos, así como para la obtención de aditivos utilizados en fórmulas farmacéuticas y alimentos (7).

Por otro lado, en los últimos años se han hecho diferentes estudios acerca de los efectos que la espirulina (*Arthrospira platensis*) tiene sobre algunos roedores y en el humano. Algunos de estos efectos son la inmuno-regulación, efectos antioxidantes, anticancerígenos, antivirales, antitóxicos y contra la hiperlipidemia y la hiperglicemia (13). Se ha comprobado a nivel experimental, su efectividad en el tratamiento de algunos tipos de alergias, anemia y leucemia (4). Por lo anterior es considerada como un promotor de la salud o nutraceutico (2).

Los resultados del presente estudio permitieron conocer que tan benéfico fue fortificar la harina de trigo integral con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) ya que al analizar los resultados se hizo la comparación con la misma harina, pero de diferente manera, quitando y agregando distintos ingredientes para poder conocer cuál fue la más benéfica como complemento al tratamiento médico de la anemia.

Los estudios de la harina analizada demostraron que tiene una mayor cantidad de beneficios en cuanto a nutrientes comparada con otras harinas de trigo integrales como lo son las ya mencionadas anteriormente harinas de trigo integral San Blas y tres estrellas ya que ésta al ser fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) se obtuvo una mayor cantidad de hierro lo que contribuye para el tratamiento de la anemia, considerando que también que es rica en vitaminas y minerales.

La harina de trigo integral con espirulina por cada 100 gramos muestra que el contenido de hierro es de 156.74 mg y de vitamina B1 es de 1.69 mg y vitamina B2 es 1.71 mg por lo que tiene un mayor aporte comparada con las de harina de trigo integral que tienen 6.74 mg de hierro y vitamina B1 es de 0.59 mg y vitamina B2 es 0.313 mg.

La anemia es un problema de salud significativamente alertante más en poblaciones de riesgo como lo son los niños, los adultos mayores y las personas que padecen desnutrición. Una dieta balanceada y enriquecida con nutrientes como lo son el hierro es de gran ayuda en el tratamiento de la anemia.

XIV. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- Los ingredientes que se eligieron que son la harina de trigo integral tres estrellas, el alga espirulina (*Arthrospira platensis*), cumplen con el aporte requerido de los nutrientes para la elaboración de la harina fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*).
- Se empleó el alga espirulina (*Arthrospira platensis*) para la elaboración de la harina de trigo integral fortificada.
- Se calculó el costo de elaboración y producción de la harina de trigo fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) para personas que padecen anemia, resultando accesible y considerando la calidad de los ingredientes del producto dando como resultado un costo de \$8 pesos por cada 100 g.
- Se analizó el porcentaje de humedad que contiene la harina fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) y la prueba que cuenta con menos humedad es la de harina de trigo integral con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) y azúcar, con 5.57% por muestra de 3.000 g.
- Se determinó el porcentaje de materia mineral o cenizas en la harina fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*), y la prueba que cuenta con menos cantidad es la de harina de trigo integral con alga espirulina (*Arthrospira platensis*), sin azúcar y sin stevia, cuenta con 4.43% por muestra de 3.0 gramos.

- Se analizó la cantidad de grasa que contiene la harina fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) y la prueba que cuenta con menos cantidad es la de harina de trigo integral con alga espirulina (*Arthrospira platensis*), sin azúcar y sin stevia, cuenta con 0.75% por muestra de 3.000 g.
- Se determinó el porcentaje de proteína cruda de la harina fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) y las pruebas que cuentan con mas cantidad es la de harina de trigo integral con alga espirulina (*Arthrospira platensis*), con azúcar y tambien la que tiene stevia, cuenta con 8.12% por muestra de 0.100 g.
- Se determinó el porcentaje de fibra cruda de la harina fortificada con alga espirulina (*Arthrospira platensis*) y la prueba que cuenta con mas cantidad es la de harina de trigo integral con alga espirulina (*Arthrospira platensis*), sin azúcar y sin stevia, cuenta con 1.1% por muestra de 1.000 g.
- Se determinó la cantidad de hierro con la que cuenta la harina de trigo integral tres estrellas a la cual se le agrego el alga espirulina (*Arthospira platensis*) según la información nutrimental de su etiqueta y cuenta con 6.746 mg por cada 100 g de producto.
- Se determinó la cantidad de hierro con la cual cuenta el alga espirulina (*Arthospira platensis*) que son 150 mg por cada 10 g agregados a la harina y se llevo a la conclusion de que el aporte de hierro en la harina de trigo fortificada es mayor a las marcas de harinas que se compararon anteriormente en el presente estudio de investigación.

- Se determinó la cantidad de hierro que aporta la harina de trigo fortificada con alga espirulina (*Arthospira platensis*) de acuerdo a la información nutrimental de la etiqueta que se uso para la elaboración de este producto y el alga espirulina (*Arthospira platensis*) dando como resultado la cantidad de 156.746 mg por cada 100 g y se llegó a la conclusión que el aporte de estos dos productos en conjunto es mucho mayor a la de las harinas de trigo integral comerciones que no estan fortificadas, dando como mejor opcion la harina de trigo integral con alga espirulina (*Arthospira platensis*) con stevia.

XV. RECOMENDACIONES

Como recomendaciones se sugiere que al analizar los ingredientes de la harina de trigo integral fortificada con alga espirulina (*Arthospira platensis*) sea de manera mas precisa, es decir se analice con mayor precision la cantidad de hierro y vitaminas en los análisis bromatológicos, al igual poder buscar mas opciones de harinas como las de trigo integral organicas.

Tambien poder someter la harina con alga a temperaturas de cocción para poder verificar si sus propiedades no modifican y si es asi ver en que y cuales nutrientes existe la modificación

Sería de mucha relevancia poder acompañar la harina con el tratamiento en pacientes con anemia por un tiempo definido estando en observacion los pacientes para ver que beneficioso puede llegar a ser.

XVI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Estilo de Vida Bienestar. Dirección: 7 beneficios de la harina integral que debes conocer. Univision. Consultado el 19 de febrero de 2024.
2. Castro A, Borbon N, Simental J, Gomez E. Consumo de Spirulina spp. (Arthrospira) como una alternativa en la nutrición humana. Una Revisión bibliográfica. Revista de Investigación Académica sin frontera: División de Ciencias Económicas y Sociales [Internet]. Revista de Investigacion Academica sin frontera. [citado 5 de diciembre de 2022]. Dirección: <https://revistainvestigacionacademicasinfrontera.unison.mx/index.php/RDIASF/article/view/159>
3. Hernández Rodríguez J. Espirulina como producto natural con potencialidades para su empleo en pacientes con diabetes mellitus. Rev Cuba Endocrinol [Internet]. Abril de 2021 [citado 5 de diciembre de 2022]; 32(1). Dirección: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1561-29532021000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=en
4. FAO, Crecencia de hierro y otras anemias nutricionales. Capitulo 13. Consultado el día 19 de febrero del 2024. Dirección: Capítulo 13: Carencia de hierro y otras anemias nutricionales (fao.org)
5. Villalba Clara. 2018. Bioprospección de Arthrospira platensis nativa del chaco paraguay como propuesta alternativa para fines alimentarios. Dirección: https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/tesis_claravillalba.pdf
6. Vonshak, A. y Tomaselli, L. 1996. "Arthrospira (Spirulina): Systematics and Ecophysiology. The ecology of Cyanobacteria". Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Holland. Dirección:

https://www.researchgate.net/publication/227003721_Arthrospira_Spirulina_Systematics_and_Ecophysiology

7. C. Jiménez, B.R. Cossío, F.X. Niell Relación entre variables fisicoquímicas y productividad en estanques abiertos para la producción de *Espirulina*: Un modelo predictivo del rendimiento algal. *Acuicultura*, 221 (2003), pp. 331-345
Dirección: Relación entre variables fisicoquímicas y productividad en estanques abiertos para la producción de *Espirulina*: un modelo predictivo del rendimiento de algas - ScienceDirect
8. Chamorro, G; Barrón, B; Vázquez, J. 2008. Toxicology Studies and Antitoxic Properties of Spirulina. Dirección: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Vz7SpjEsE3IC&oi=fnd&pg=PA27&dq=Toxicology+Studies+and+Antitoxic+Properties+of+Spirulina.&ots=O1WMSyRwzh&sig=mLotmE1lSICStoszWfYSkxRT5I#v=onepage&q=Toxicology%20Studies%20and%20Antitoxic%20Properties%20of%20Spirulina.&f=false>
9. Pedraza, G. 1989. Cultivo de *Spirulina* máxima para suplementación proteica. *Livestock Research for Rural Development*. Dirección: Cultivo de *Spirulina* maxima para suplementación proteica (cipav.org.co)
10. Ramírez- Moreno, L., y Olvera-Ramírez, R. 2006. Uso tradicional y actual de *Spirulina* sp. (*Arthrospira* sp.). *Interciencia*, Vol. 31, (9) pp. 657-663. Dirección: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33912009.pdf>
11. Burgess, A. & Glasauer, P. 2006. Guía de nutrición de la familia. Anexo I: Nutrientes en los alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la

- Agricultura y la Alimentación, (FAO). Roma. Dirección: fao.org/4/y5740s/y5740s00.htm
12. Ródenas P. Las algas en la dieta. *Natura Medicatrix*. 2003 junio 2018; 21 (5):286-292. Dirección: Las algas en la dieta - Dialnet (unirioja.es)
 13. Liu Y, Xu L, Cheng N, Lin L, Zhang C (2000). Inhibitory effect of phycocyanin from *Spirulina platensis* on the growth of human leukemia K562 cells. Dirección: [A_1008132210772\[1\].pdf](#)
 14. Serban MC, Sahebkar A, Dragan S, Stoichescu-Hogea G, Ursoniu S, Andrica F, Banach M. A systematic review and meta-analysis of the impact of *Spirulina* supplementation on plasma lipid concentrations. *Clin Nutr*. 2016 Aug;35(4):842-51. Dirección: Una revisión sistemática y metaanálisis del impacto de la suplementación con espirulina en las concentraciones plasmáticas de lípidos - PubMed (nih.gov)
 15. Gallardo-Rodríguez, J. et al., 2012. Bioactives from microalgal dinoflagellates. *Biotechnology Advances*. Dirección: Bioactives from microalgal dinoflagellates - ScienceDirect
 16. Miczke, A., Szulińska, M., & Hansdorfer-Korzon, R. (2016). Effects of spirulina consumption on body weight, blood pressure, and endothelial function in overweight hypertensive Caucasians: a double-blind, placebo-controlled, randomized trial. *European review for medical and pharmacological sciences*, 20(1), 150-156. Dirección: [Art. 1.1475/ringraziamenti \(europeanreview.org\)](http://Art.1.1475/ringraziamenti.europeanreview.org)
 17. SIAP. 2010. (Servicio de informacion Agroalimentaria y Pesquera). SAGARPA. México. Dirección: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>
 18. Conahcyt. Trigo. 2023. Dirección: Trigo (conahcyt.mx)

19. Bressiani, J., T. Oro, G.S. Santetti, J.L. Almeida, T.E. Bertolin, M. Gómez & L.C. Gutkoski. 2017. Properties of whole grain wheat flour and performance in bakery products as a function of particle size. *Journal of Cereal Science* 75: 269-277.
Dirección: Propiedades de la harina de trigo integral y rendimiento en productos de panadería en función del tamaño de partícula - ScienceDirect
20. Valeria Lizette Coral Torre. Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de siete alimentos: yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca, chocho, avena laminada, harina de maíz y harina de trigo integral. 2014. Dirección: content (puce.edu.ec)
21. Anemia. Consultado el 13 de marzo de 2024. Dirección: Anemia (who.int)
22. Mejía-Rodríguez F., Mundo-Rosas V., García-Guerra A., Mauricio-López ER., Shamah-Levy T., Villalpando S., De la Cruz-Góngora V. Prevalencia de anemia en la población mexicana: análisis de la Ensanut Continua 2022. *Salud Pública Mex.* 2023; 65(supl 1):S225-S230. Dirección: <https://doi.org/10.21149/14771>
23. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Medicina y Nutrición. Manual de prácticas de laboratorio de bromatología y análisis químico de alimentos. Editado por el departamento de tecnología de alimentos de la licenciatura en nutrición. 2023.

XVII. GLOSARIO

Ácidos grasos. Son el tipo de grasa más abundante en los alimentos donde se encuentra mayoritariamente formando parte de los triglicéridos.

Actividad antimicrobiana. Conjunto de compuestos que tienen la capacidad de eliminar o reducir la proliferación de microbios.

Alga espirulina. Cianobacteria que pertenece al phylum Cianobacteria y que en la naturaleza habita en lagos alcalinos de zonas tropicales.

Algas marinas. Son organismos fotosintéticos acuáticos. Algunas especies son unicelulares.

Alimentación saludable. Aporta todos los nutrientes importantes y la energía que cada persona necesita para mantenerse sana.

Aminoácidos esenciales. Son componentes proteicos necesarios para el correcto funcionamiento del organismo que se deben tomar necesariamente con la dieta.

Aminoácidos no esenciales. Son aquellos que el cuerpo humano puede sintetizar por sí mismo.

Anemia ferropénica. Ocurre cuando el cuerpo no tiene suficiente hierro. El hierro ayuda a producir glóbulos rojos. La anemia por deficiencia de hierro es la forma más común de anemia.

Calorías. Las calorías son una unidad de medida de energía. Se utilizan para medir la cantidad de energía que los seres humanos incorporamos a través de alimentos y bebidas.

Carbohidratos. Son biomoléculas que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, y que están formados por moléculas de azúcar que al descomponerse crean glucosa, sustancia que sirve como combustible del cuerpo, al proporcionar energía y potencia en todas sus funciones.

Desnutrición. Estado patológico de distintos grados de seriedad y de distintas manifestaciones clínicas, causado por la asimilación deficiente de alimentos ingeridos por el organismo.

Diabetes. Es una enfermedad crónica (de larga duración) que afecta la forma en que el cuerpo convierte los alimentos en energía.

Glóbulos rojos. Es una célula de la sangre, concretamente la más numerosa. La hemoglobina es uno de sus principales componentes.

Harina de trigo integral. Es un alimento integral usado frecuentemente en panadería que se obtiene de moler tanto la cáscara y el germen, como la vaina del trigo.

Hierro. Es el oligoelemento más abundante del organismo, es un componente de la hemoglobina responsable del transporte del oxígeno de los pulmones a las distintas partes del cuerpo.

Minerales. Son nutrientes inorgánicos esenciales que el cuerpo necesita para funcionar correctamente. Estos no pueden ser producidos naturalmente por nuestro cuerpo por lo que debemos incluirlos en nuestra dieta diaria.

Nutrición. Proceso a través del cual el cuerpo humano extrae los nutrientes de los alimentos que ingerimos para mantenerse vivo y con energía.

Orientación alimentaria. Conjunto de acciones que proporcionan información básica, científicamente válida y sistematizada, que permite desarrollar habilidades, actitudes y prácticas que favorecen el adoptar una dieta correcta.

Proteínas. Son macromoléculas conformadas por una o más cadenas de aminoácidos, que cumplen una gran variedad de funciones en los organismos vivos, como las enzimas proteicas, algunas se utilizan para el almacenamiento de energía, otras para transportar y algunas con fines estructurales.

Vitaminas. Sustancias esenciales y necesarias para el correcto funcionamiento de un cuerpo. Estos nutrientes actúan como catalizadores de los procesos fisiológicos que se producen en el organismo, provocando la liberación de energía y facilitándoles a las enzimas los elementos químicos.

XVIII. ANEXOS

18.1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

	Ene 2023	Feb 2023	Mar 2023	Abr 2023	May 2023	Jun 2023	Ago 2023	Sep 2023	Oct 2023	Nov 2023	Feb 2024	Mar 2024
Portada												X
Índice General, Índice de Gráficas e Índice de Tablas											X	X
Resumen												X
Abstract												X
Introducción		X										
Justificación del estudio del objeto: pertinencia o relevancia, etc.												X
Objetivo general	X											
Objetivos específicos	X											
Hipótesis y preguntas de investigación		X										
Planteamiento del problema			X									
Marco Teórico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Materiales y métodos						X						
Trabajo experimental			X	X	X	X	X	X	X	X		
Resultados y discusiones										X	X	X
Conclusiones											X	X
Recomendaciones												X
Bibliografía	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Glosario										X	X	X
Cronograma de trabajo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Anexos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 17. Resultados de humedad de alga espirulina (*Arthospira platensis*) con azúcar

	Crisol solo	Muestra	Procesado
Crisol #1	23.786 g	3.000 g	26.628 g
Crisol #2	23.885 g	3.000 g	26.714 g
Crisol #3	23.681 g	3.000 g	26.508 g
Promedio	23.784 g	3.000 g	26.616 g

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 18. Resultados de ceniza de alga espirulina (*Arthospira platensis*) con azúcar

	Crisol solo	Muestra	Procesado
Crisol #1	12.551 g	3.003 g	12.685 g
Crisol #2	13.084 g	3.000 g	13.217 g
Crisol #3	12.475 g	3.000 g	12.611 g
Promedio	12.703 g	3.001 g	12.837 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Resultados de grasa de alga espirulina (*Arthospira platensis*) con azúcar

	Muestra	Vaso	Peso solo	Procesado
Hoja #1	3.000 g	#1	32.617 g	32.657 g
Hoja #2	3.000 g	#2	31.984 g	32.028 g
Hoja #3	3.000 g	#3	30.970 g	30.997
Promedio	3.000 g		31.857 g	31.894 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Resultados de fibra de alga espirulina (*Arthospira platensis*) con azúcar

	Muestra	Peso 1	Peso 2
Vaso #1	1.000 g	14.676 g	14.667 g
Vaso #2	1.000 g	15.223 g	15.213 g
Vaso #3	1.000 g	14.325 g	14.315 g
Promedio	1.000 g	14.741 g	14.731 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Resultados de proteína de alga espirulina (*Arthospira platensis*) con azúcar

	Muestra	Selenio	MI
#1	0.100 g	0.600 g	1.3 ml
#2	0.100 g	0.600 g	1.3 ml
#3	0.100 g	0.600 g	1.3 ml
Promedio	0.100 g	0.600 g	1.3 ml

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Resultados de humedad de alga espirulina (*Arthospira platensis*) con stevia

	Crisol solo	Muestra	Procesado
Crisol #1	28.137 g	3.000 g	30.921 g
Crisol #2	27.149 g	3.000 g	29.936 g
Crisol #3	27.286 g	3.000 g	30.076 g
Promedio	27.524 g	3.000 g	30.311 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Resultados de ceniza de alga espirulina (*Arthospira platensis*) con stevia

	Cisol solo	Muestra	Procesado
Crisol #1	11.623 g	3.000 g	11.870 g
Crisol #2	14.441 g	3.000 g	14.672 g
Crisol #3	12.733 g	3.000 g	12.959 g
Promedio	12.932 g	3.000 g	13.167 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Resultados de grasa de alga espirulina (*Arthospira platensis*) con stevia

	Muestra	Vaso	Peso solo	Procesado
Hoja #1	3.000 g	#1	32.636 g	32.653 g
Hoja #2	3.000 g	#2	31.993 g	32.035 g
Hoja #3	3.000 g	#3	30.983 g	31.005 g
Promedio	3.000 gr		31.870 g	31.897 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Resultados de fibra de alga espirulina (*Arthospira platensis*) con stevia

	Muestra	Peso 1	Peso 2
Vaso #1	1.000 g	15.222 g	15.213 g
Vaso #2	1.000 g	14.676 g	14.668 g
Vaso #3	1.000 g	14.320 g	14.311 g
Promedio	1.000 g	14.739 g	14.730 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Resultados de proteína de alga espirulina (*Arthospira platensis*) con stevia

	Muestra	Selenio	MI
#1	0.100 g	0.600 g	1.3 ml
#2	0.100 g	0.600 g	1.3 ml
#3	0.100 g	0.600 g	1.3 ml
Promedio	0.100 g	0.600 g	1.3 ml

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Resultados de humedad de alga espirulina (*Arthospira platensis*) sin azúcar y sin stevia

	Crisol solo	Muestra	Procesado
Crisol #1	27.148 g	3.000 g	29.895 g
Crisol #2	27.287 g	3.000 g	30.883 g
Crisol #3	28.138 g	3.000 g	30.887 g
Promedio	27.524 g	3.000 g	30.555 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Resultados de ceniza de alga espirulina (*Arthospira platensis*) sin azúcar y sin stevia

	Crisol solo	Muestra	Procesado
Crisol #1	13.669 g	3.000 g	13.792 g
Crisol #2	14.434 g	3.000 g	14.566 g
Crisol #3	11.625 g	3.000 g	11.770 g
Promedio	13.242 g	3.000 g	13.376 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Resultados de grasa de alga espirulina (*Arthospira platensis*) sin azúcar y sin stevia

	Muestra	Vaso	Peso solo	Procesado
Hoja #1	3.000 g	#1	31.241 g	31.257 g
Hoja #2	3.000 g	#2	31.985 g	32.019 g
Hoja #3	3.000 g	#3	32.312 g	32.331 g
Promedio	3.000 g		31.846 g	31.869 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Resultados de fibra de alga espirulina (*Arthospira platensis*) sin azúcar y sin stevia

	Muestra	Peso 1	Peso 2
Vaso #1	1.000 g	11.635 g	11.624 g
Vaso #2	1.000 g	11.750 g	11.739 g
Vaso #3	1.000 g	14.446 g	14.435 g
Promedio	1.000 g	12.610 g	12.599 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Resultados de proteína de alga espirulina (*Arthospira platensis*) sin azúcar y sin stevia

	Muestra	Selenio	MI
#1	0.100 g	0.600 g	1.2 ml
#2	0.100 g	0.600 g	1.2 ml
#3	0.100 g	0.600 g	1.2 ml
Promedio	0.100 g	0.600 g	1.2 ml

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Resultados de humedad sin alga espirulina (*Arthospira platensis*) con azúcar

	Crisol solo	Muestra	Procesado
Crisol #1	22.673 g	3.000 g	25.492 g
Crisol #2	22.760 g	3.000 g	25.572 g
Crisol #3	22.399 g	3.000 g	25.212 g
Promedio	22.610 g	3.000 g	25.425 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Resultados de ceniza sin alga espirulina (*Arthospira platensis*) con azúcar

	Crisol solo	Muestra	Procesado
Crisol #1	13.245 g	3.000 g	13.425 g
Crisol #2	11.762 g	3.000 g	11.940 g
Crisol #3	14.795 g	3.000 g	14.977 g
Promedio	13.267 g	3.000 g	13.447 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Resultados de grasa sin alga espirulina (*Arthospira platensis*) con azúcar

	Muestra	Vaso	Peso solo	Procesado
Hoja #1	3.000 g	#1	31.235 g	31.252 g
Hoja #2	3.000 g	#2	31.341 g	31.352 g
Hoja #3	3.000 g	#3	32.311 g	32.337 g
Promedio	3.000 g		31.629 g	31.647 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Resultados de fibra sin alga espirulina (*Arthospira platensis*) con azúcar

	Muestra	Peso 1	Peso 2
Vaso #1	1.000 g	14.798 g	14.796 g
Vaso #2	1.000 g	13.259 g	13.253 g
Vaso #3	1.000 g	11.776 g	11.769 g
Promedio	1.000 g	13.277 g	13.272 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Resultados de proteína sin alga espirulina (*Arthospira platensis*) con azúcar

	Muestra	Selenio.	MI
#1	0.100 g	0.600 g	0.7 ml
#2	0.100 g	0.600 g	0.7 ml
#3	0.100 g	0.600 g	0.7 ml
Promedio	0.100 g	0.600 g	0.7 ml

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Resultados de humedad sin alga espirulina (*Arthospira platensis*) con stevia

	Crisol solo	Muestra	Procesado
Crisol #1	27.148 g	3.000 g	29.880 g
Crisol #2	28.135 g	3.000 g	30.871 g
Crisol #3	27.268 g	3.000 g	30.017 g
Promedio	27.517 g	3.000 g	30.256 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Resultados de ceniza sin alga espirulina (*Arthospira platensis*) con stevia

	Crisol solo	Muestra	Procesado
Crisol #1	14.668 g	3.003 g	14.759 g
Crisol #2	15.210 g	3.000 g	15.301 g
Crisol #3	14.301 g	3.000 g	14.397 g
Promedio	14.726 g	3.001 g	14.819 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Resultados de grasa sin alga espirulina (*Arthospira platensis*) con stevia

	Muestra	Vaso	Peso solo	Procesado
Hoja #1	3.000 g	#1	32.617 g	32.623 g
Hoja #2	3.000 g	#2	31.984 g	31.996 g
Hoja #3	3.000 g	#3	30.971 g	30.982 g
Promedio	3.000 g		31.857 g	31.867 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Resultados de fibra sin alga espirulina (*Arthospira platensis*) con stevia

	Muestra	Peso 1	Peso 2
Vaso #1	1.000 g	12.713 g	12.705 g
Vaso #2	1.000 g	12.555 g	12.547 g
Vaso #3	1.000 g	11.770 g	11.757 g
Promedio	1.000 g	12.346 g	12.336 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Resultados de proteína sin alga espirulina (*Arthospira platensis*) con stevia

	Muestra	Selenio	MI
#1	0.100 g	0.600 g	0.9 ml
#2	0.100 g	0.600 g	0.9 ml
#3	0.100 g	0.600 g	0.10 ml
Promedio	0.100 g	0.600 g	0.9 ml

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Resultados de humedad sin alga espirulina (*Arthospira platensis*), sin azúcar, sin stevia

	Crisol solo	Muestra	Procesado
Crisol #1	14.789 g	3.000 g	17.538 g
Crisol #2	14.785 g	3.000 g	17.544 g
Crisol #3	15.211 g	3.000 g	17.959 g
Promedio	14.928 g	3.000 g	11.694 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Resultados de ceniza sin alga espirulina (*Arthospira platensis*), sin azúcar, sin stevia

	Crisol solo	Muestra	Procesado
Crisol #1	12.477 g	3.003 g	12.625 g
Crisol #2	13.071 g	3.000 g	13.217 g
Crisol #3	13.248 g	3.000 g	13.390 g
Promedio	12.932 g	3.001 g	13.077 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Resultados de grasa sin alga espirulina (*Arthospira platensis*), sin azúcar, sin stevia

	Muestra	Vaso	Peso solo	Procesado
Hoja #1	3.000 g	#1	31.977 g	31.999 g
Hoja #2	3.000 g	#2	31.988 g	32.011 g
Hoja #3	3.000 g	#3	31.242 g	31.266 g
Promedio	3.000 g		31.735 g	31.758 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Resultados de fibra sin alga espirulina (*Arthospira platensis*) sin azúcar, sin stevia

	Muestra	Peso 1	Peso 2
Vaso #1	1.000 g	11.751 g	11.738 g
Vaso #2	1.000 g	12.494 g	12.477 g
Vaso #3	1.000 g	13.260 g	13.248 g
Promedio	1.000 g	12.501 g	12.487 g

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. Resultados de proteína sin alga espirulina (*Arthospira platensis*) sin azúcar, sin stevia

	Muestra	Selenio	MI
#1	0.100 g	0.600 g	0.10 ml
#2	0.100 g	0.600 g	0.10 ml
#3	0.100 g	0.600 g	0.10 ml
Promedio	0.100 g	0.600 g	0.10 ml

Fuente: Elaboración propia