



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Uso de la espirulina (*Astthrospira platensis*) en galletas para consumo humano y su impacto en la química sanguínea de estudiantes del IASA I

Guamán Lara, Katherin Mishel

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal PhD

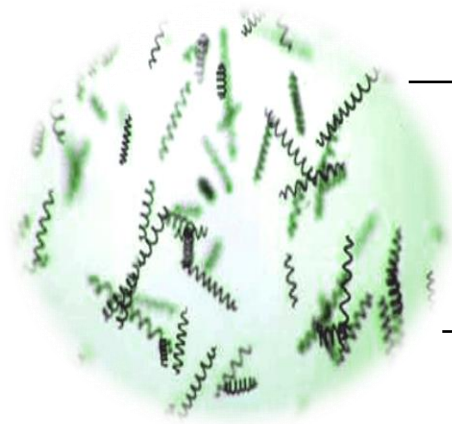
13 de febrero del 2023



JUAN CRISTÓBAL
ORTIZ TIRADO



ESPIRULINA



Cianobacteria, filamentosa, verde azulada, en forma de espiral.

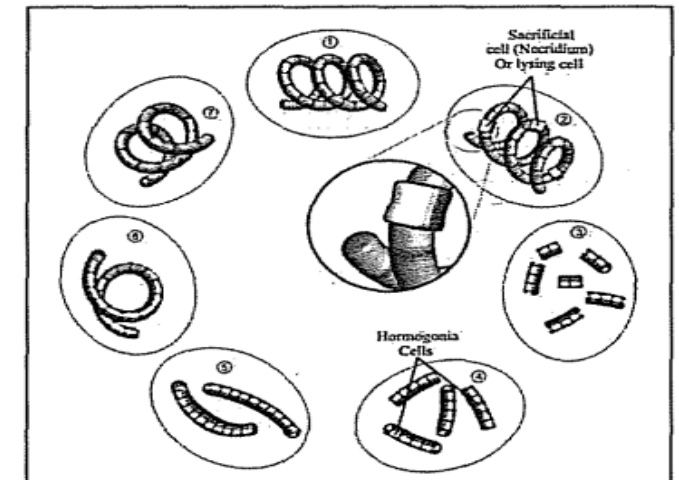
Ciclo de vida

1. Fragmentación del tricoma
2. Ampliación de células del hormogonio y proceso de maduración
3. Alargamiento del tricoma

Fases de crecimiento

Adaptación	Inóculo se adapta a condiciones ambientales
Aceleramiento	Componentes estructurales se activan ARN, proteína
Exponencial	Tasa de crecimiento alcanza su máximo
Desaceleración	División celular tiende a disminuir, déficit de nutrientes
Estacionaria	Tasa de mortalidad iguala a la de natalidad
Muerte	Falta de nutrientes, poca luz, mortalidad mayor que la natalidad

- Aguas saladas y alcalinas
- **Temperatura:** 25-35 °C
- **pH:** 9.5-10.5
- **Reproducción:** 24-72 h por bipartición.



Nota. Tomado de Sánchez, et al. (2003).

Producción a nivel mundial



shutterstock.com · 1455045581



- 50-70% Proteína
- 65% Aminoácidos
- 55% Lípidos
- 7% Minerales y pigmentos

Productos con espirulina

Pasteles, galletas, barras de granola, yogures, como suplementos o fuente de colorante.



Usos

- Alimentación humana y animal
- Productos farmacéuticos
- Cosméticos
- Acuicultura

No tiene membranas celulares, compuesta por película de mucopolisacáridos. Altamente digestible 88-92 %

Beneficios

Mejora el perfil hematológico
Mejora el sistema inmune
Protección antioxidante
Controla el colesterol y triglicéridos

Arthrospira platensis

Alimentación

Mayor necesidad del ser humanos, para el funcionamiento físico y mental del cuerpo



La desnutrición crónica infantil

Afecta

27.2% de niños menores de 2 años y a 1 de cada cuatro menores de 5 años

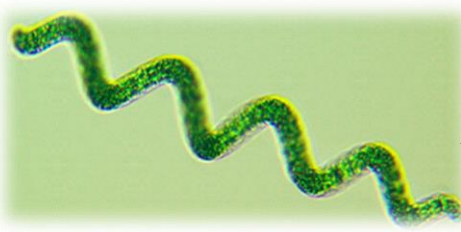
Sobrepeso/obesidad

Causas

- Alimentación pobre o inadecuada
- Falta de energía y nutrientes
- Consumo de productos "Chatarra"



Espirulina



Solución

- Aumenta niveles de energía
- Mejorar el apetito
- Combate la anemia
- Absorción rápida

Se propone

Galletas enriquecidas con espirulina

- Nueva alternativa de consumo
- Dar paso a la diversificación industrial.



OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de galletas enriquecidas con espirulina (*Arthrospira platensis*) en la química sanguínea de siete estudiantes del género femenino de la Carrera Agropecuaria IASA I

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Formular galletas isoprotéicas e isocalóricas con diferentes porcentajes de inclusión de espirulina.
- Caracterizar el contenido nutricional, proximal, microbiológico y organoléptico de las galletas con espirulina y el control.
- Evaluar la química sanguínea de siete estudiantes del IASA I con un consumo diario de galletas con espirulina.

Hipótesis alternativa (H1): La inclusión de espirulina (*Arthrospira platensis*) en galletas para consumo humano, cambia la composición sanguínea de las estudiantes del género femenino de 22 a 28 años del IASA I.

Hipótesis nula (H0): La inclusión de espirulina (*Arthrospira platensis*) en galletas para consumo humano, no cambia la composición sanguínea de las estudiantes del género femenino de 22 a 28 años del IASA I.

Ubicación del lugar de la investigación



Carrera Agropecuaria IASA I

Producción de espirulina - Laboratorio de acuicultura

Cosecha de biomasa – Proyecto piscícola pailones e invernadero

Elaboración de galletas – Taller de conservación y pos recolección.

Análisis sanguíneo

Laboratorio Clínico - Club de Leones Quito Carita de Dios

Masificación de *Arthrospira platensis*

Tubos de ensayo



Siembra: 1ml de la cepa+3 ml de medio mantenimiento.
Volumen: 10 ml.

Matraces



Realimentación: Medio mantenimiento
Volumen: 500 ml

Botellas



Realimentación: Medio de masificación
Volumen botellas: 4 L
Volumen baldes: 20 L

Baldes



Piscinas



Realimentación: Agua, bicarbonato, sal en grano y kristalón rojo.

Cosecha de la biomasa en campo



Interrupción de la aireación y paso de luz por dos días

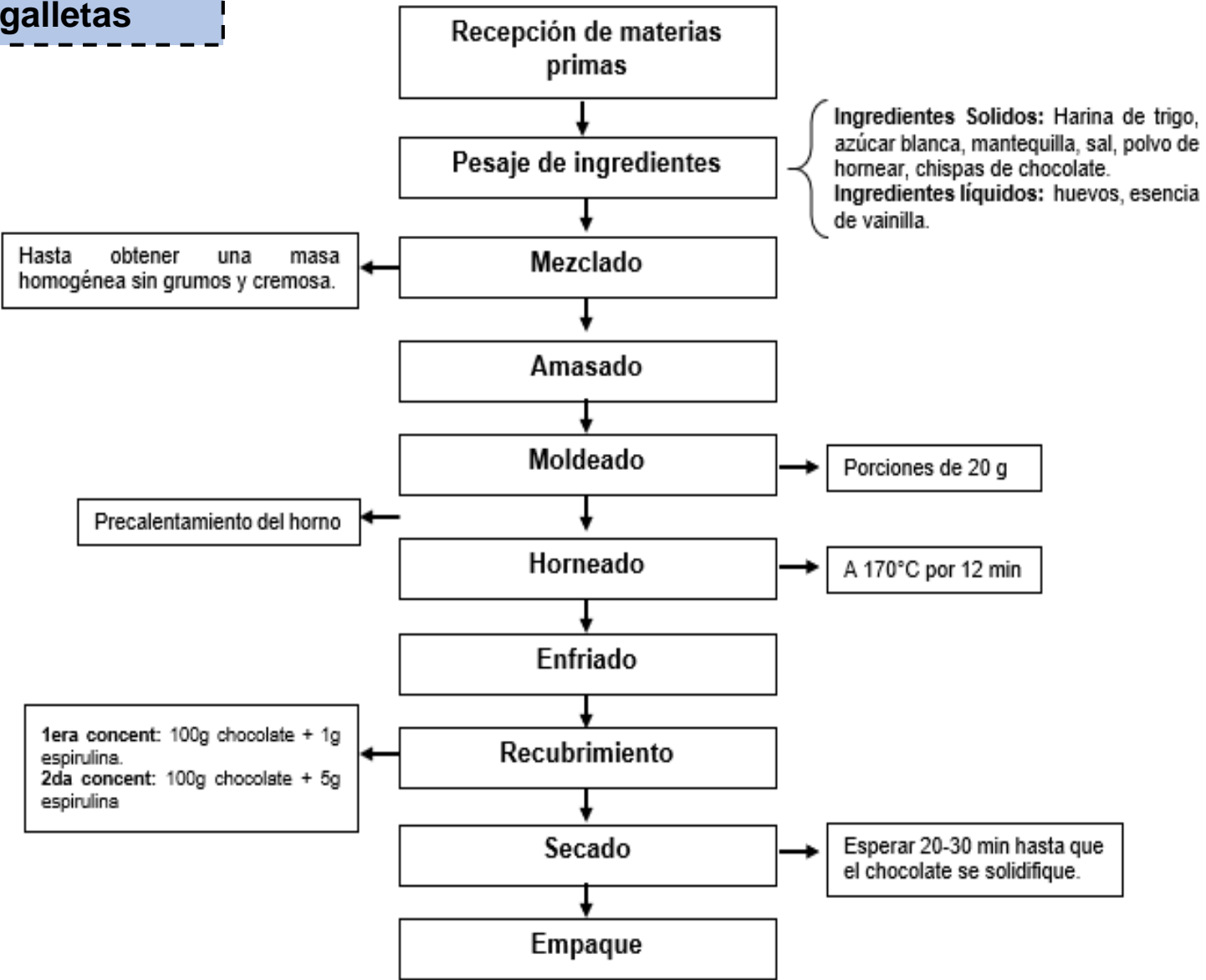


Formación de nata
Filtrado y recolección de la biomasa



Liofilizado
Molido
Envasado frascos estériles de 50g

Elaboración de galletas



Análisis proximal

Proteína- INIAP Santa Catalina

Grasa por el método de Soxhlet



$$\%G = \frac{B2 - B1}{m} \times 100$$

Donde:

B1= Peso del balón inicial

B2= Peso del balón con muestra final

m= Masa de la muestra en gramos

Fibra por el método gravimétrico



$$\%F = \frac{A - B}{C} \times 100$$

Donde:

A= Peso papel + muestra

B= Peso papel

C= Peso de la muestra

Ceniza por método gravimétrico



$$\%C = \frac{Pf - C}{M} \times 100$$

Donde

Pf= Peso final

C= Peso crisol

M= Peso de la muestra

Humedad por calentamiento en la estufa



$$\%H = \frac{M1 - M2}{M} \times 100$$

Donde

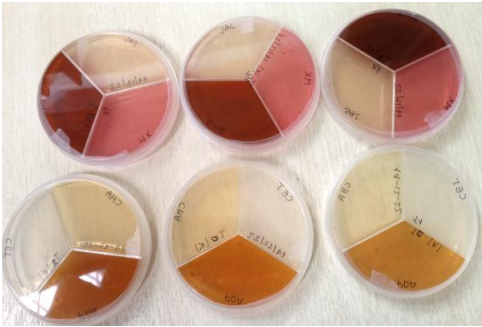
M= Peso de la muestra

M1= peso de la capsula más muestra húmeda

M2= Peso de la capsula más muestra seca.

Análisis microbiológico

Medio de cultivo	EMB	Enterobacterias
	MK	Coliformes
	SAL	<i>Salmonella</i>
	CHA	<i>Estafilococos</i>
	PDA	Mohos y levaduras
	CET	<i>Pseudomonas</i>



Análisis sanguíneo

Paciente en ayunas



Extracción de sangre mediante protocolo de laboratorio



Toma de 4 muestras cada 20 días



Muestra 1: 16/11/2022
Muestra 2: 06/12/2022
Muestra 3: 26/12/2022
Muestra 4: 15/01/2023



Análisis organoléptico

Tabla 1
Escala hedónica

Calificación	Parámetros evaluados			
	Olor	Color	Sabor	Textura
1.No me gusta	-	-	-	-
2. Me gusta poco	-	-	-	-
3.Ni me gusta ni me disgusta	-	-	-	-
4.Me gusta	-	-	-	-
5.Me gusta mucho	-	-	-	-



Degustación a 10 estudiantes del IASA I entre 22-28 años

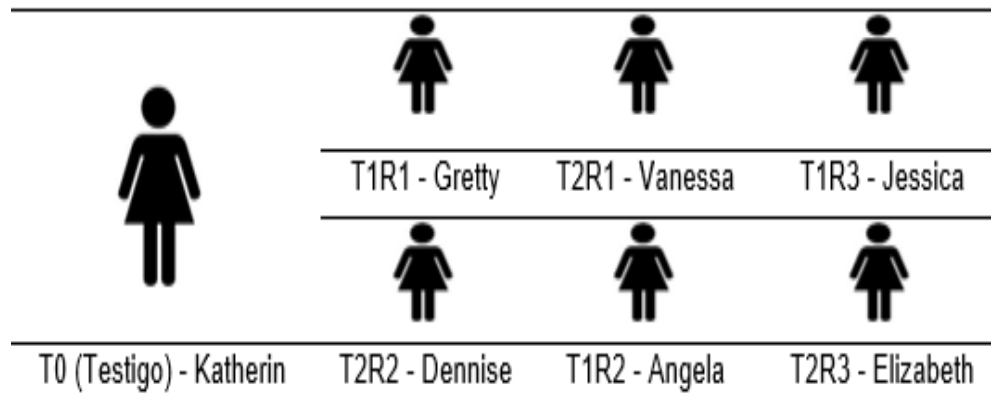
Tabla 2

Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Repetición	Descripción
T0	R0	Galleta (Testigo)
T1	R1	Galleta + 1 g de espirulina
	R2	
	R3	
T2	R1	Galleta + 5 g de espirulina
	R2	
	R3	

Tabla 3

Croquis de la distribución de los tratamientos



Género femenino
22-28 años
Estatura: 1,55 cm
7 unidades experimentales

Modelo matemático

Diseño Completamente al Azar (DCA)

$$y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

y_{ij} = Variación de la composición sanguínea.

μ = Media poblacional.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento en la dosis de espirulina.

ϵ_{ij} = Error experimental.

ANOVA

Prueba de comparación de medias de Tukey

Nivel de confianza del 95%

Variables a evaluar

Análisis sensorial

- 30 muestras de galleta con espirulina y testigo
- Grado de aceptación
 - Olor
 - Color
 - Sabor
 - Textura
 - Aceptación global del mejor tratamiento.

Química sanguínea

- 28 muestras de sangre
 1. Proteína total
 2. Biometría hemática:
 - Glóbulos rojos
 - Glóbulos blancos
 - Hematocrito
 - Hemoglobina
 3. Glucosa basal.

Tabla 4

Análisis proximal de la espirulina

Componentes	%
Proteína	50.33
Grasa total	5.87
Fibra	5.06
Ceniza	7.45
Humedad	5.87

Según Becker (2007) el contenido de proteína es por término medio superior en un 46-63% que cualquier otro alimento.

La norma NMX-F-508-1988 sugiere un contenido de 6% grasa, 0.9% fibra, 9% ceniza y 10% humedad.

Los valores de los nutrientes se encuentran dentro del rango de referencia según la NMX-F-508-1988

Tabla 5

Análisis proximal de las galletas

Componente	Testigo	1g espirulina	5g espirulina	NTE INEN 2085
Proteína %	7.19	7.59	8.91	Min 3.0
Grasa total %	4.10	4.69	5.18	Max 12
Fibra %	4.71	5.4	6.91	Max 10.0
Ceniza %	0.83	1.03	1.09	Max 3.0
Humedad %	5.51	5.55	7.25	Max 10.0

Lima *et al.* (2022) elaboraron galletas con 5 % de espirulina, tuvieron un aumento significativo en el contenido de proteína de 1,90% a 2,98%.

Gutiérrez & Tello (2018) mencionan que la grasa aumenta hasta un 13.7% debido al ácido gamma-linolénico y ácido graso poliinsaturado de la espirulina.

INN (Instituto Nacional de Nutrición) menciona que las galletas simples surtidas no contienen fibra dietética.

Chirinos & Vargas (2017) mencionan que un valor alto de ceniza es indicativo de impureza inorgánica, en su estudio obtuvieron 2,08%.

Torres *et al.* (2015) mencionan que, a mayor contenido de humedad, menor es su dureza, la presencia de moléculas de agua en la matriz ablandan y suavizan la estructura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 6

Formulación para la elaboración de galletas con 0g de espirulina

Materias primas	Cantidad (g)
Harina de trigo	540
Azúcar blanca	160
Mantequilla	250
Polvo de hornear	4
Esencia de vainilla	3
Sal	0.5
Huevos	150
Chocolate	100
Total	1207.5

Formulación mediante la función solver de Excel
Peso total de la receta 1207.5g

Tabla 7

Información nutricional de la galleta con 0g de espirulina (testigo)

Tamaño de la porción: 20g (1 galleta)			
Porciones por envase: 6 galletas			
	Receta	1 porción	VDR
Energía (Kcal)	4573.52	82.60	2000
Proteína (g)	76.80	1.38	50
Grasa total (g)	223	4.00	65
Carbohidratos (g)	574.20	10.40	300
Fibra (g)	14.67	0.25	25
Ceniza (g)	6.61	0.12	3
Sodio (mg)	445.96	8.05	2400

Por envase se obtiene 496 Kcal energía, 8.28g proteína, 24g grasa, 62g carbohidratos, 1.50g fibra, 0.72g ceniza, 48.30mg sodio, valores que se encuentran dentro de lo recomendado por la NTE INEN 2005.

Tabla 8

Formulación para la elaboración de galletas con 1g de espirulina

Materias primas	Cantidad (g)
Harina de trigo	540
Azúcar blanca	160
Mantequilla	250
Polvo de hornear	4
Esencia de vainilla	3
Sal	0.5
Huevos	150
Chocolate blanco	100
Espirulina	1
Total	1208.5

Formulación mediante la función solver de Excel
Peso total de la receta 1208.5 g.

Tabla 9

Información nutricional de la galleta con 1g de espirulina

Tamaño de la porción: 20g (1 galleta)			
Porciones por envase: 6 galletas			
	Receta	1 porción	VDR
Energía (Kcal)	5108.52	84.54	2000
Proteína (g)	84.95	1.41	50
Grasa (g)	252.71	4.18	65
Carbohidratos (g)	633.59	10.49	300
Fibra (g)	18.12	0.30	25
Ceniza (g)	8.47	0.14	3
Sodio (mg)	524.96	8.69	2400

Por envase se obtiene 507Kcal energía, 8.46g proteína, 25g grasa, 63g carbohidratos, 1.80g fibra, 0.84g ceniza, 52.14mg sodio, valores que se encuentran dentro de lo recomendado por la NTE INEN 2005.

Tabla 10

Formulación para la elaboración de galletas con 5g de espirulina

Materias primas	Cantidad (g)
Harina de trigo	540
Azúcar blanca	160
Mantequilla	250
Polvo de hornear	4
Esencia de vainilla	3
Sal	0.5
Huevos	150
Chocolate blanco	100
Espirulina	5
Total	1212.5

Formulación mediante la función solver de Excel
Peso total de la receta 1212.5g.

Tabla 11

Información nutricional de la galleta con 5g de espirulina

Tamaño de la porción: 20g (1 galleta)			
Porciones por envase: 6 galletas			
	Receta	1 porción	VDR
Energía (Kcal)	5108.52	84.26	2000
Proteína (g)	86.97	1.44	50
Grasa (g)	252.95	4.17	65
Carbohidratos (g)	633.59	10.45	300
Fibra (g)	18.32	0.30	25
Ceniza (g)	8.76	0.14	3
Sodio (mg)	524.96	8.66	2400

Por envase se obtiene 506Kcal energía, 8.64g proteína, 25g grasa, 63g carbohidratos, 1.80g fibra, 0.84g ceniza, 52.02mg sodio, valores que se encuentran dentro de lo recomendado por la NTE INEN 2005.

Análisis microbiológico

Tabla 12

Análisis microbiológico de las galletas con las dosis de espirulina

Medio de cultivo	Testigo	1g espirulina	5g espirulina
Agar (CHA)	-	-	-
MacConkey (MK)	-	-	-
Eosina Methylene Blue Agar (EMB)	-	-	-
Potato Dextrose Agar (PDA)	-	-	-
Cetrimide Agar Base (CET)	-	-	-
CHROMagar Salmonella (SAL)	-	-	-

Nota. Unidades Formadoras de Colonias (UFC)= (-) Ausente, (+-) < 100 UFC/20 µl permisible, (+) >500 UFC/20 µl crítico.

La NTE INEN 5 establecen un máximo de 10^2 UFC/g en el caso de moho para productos horneados con cobertura o rellenos que no requieren refrigeración.

Lima *et al.* (2022) al incorporar espirulina en galletas no encontró coliformes, *Salmonella sp*, *Staphylococcus aureus* y *E. coli*, todas las muestras están dentro de los estándares sanitarios.

Massoud *et al.* (2016) mencionan que la espirulina inhibe el crecimiento de mohos y levaduras, actúa como un inhibidor microbiano debido a los fotoquímicos con propiedades antioxidantes.

Análisis organoléptico

Olor

Tabla 13

Promedio ± error estándar de la aceptación sensorial para el olor de galletas enriquecidas con espirulina

Tratamientos	Medias	n	E. E
Testigo	4.80	10	0.16 A
1g espirulina	4.60	10	0.16 A
5g espirulina	4.50	10	0.16 A

No presentó diferencias significativas ($p=0.3922$) los tres tratamientos indican buena aceptabilidad.

Color

Tabla 14

Promedio ± error estándar de la aceptación sensorial para el color de galletas enriquecidas con espirulina

Tratamientos	Medias	n	E. E
Testigo	4.80	10	0.15 A
1g espirulina	4.30	10	0.15 A
5g espirulina	3.60	10	0.15 B

Hubo diferencias significativas ($p=0.0001$), la galleta testigo es más aceptada que la galleta con 5g.

Molocco & Ventura (2019), afirman en su estudio que se debe al intenso color verde característico de la espirulina.

Análisis organoléptico

Sabor

Tabla 15

Promedio \pm error estándar de la aceptación sensorial para el sabor de galletas enriquecidas con espirulina

Tratamientos	Medias	n	E. E	
Testigo	4.20	10	0.12	B
1g espirulina	4.40	10	0.12	B
5g espirulina	4.90	10	0.12	A

Hubo diferencias significativas ($p=0.0032$) la galleta con 5g es más aceptada en relación al testigo.

Textura

Tabla 16

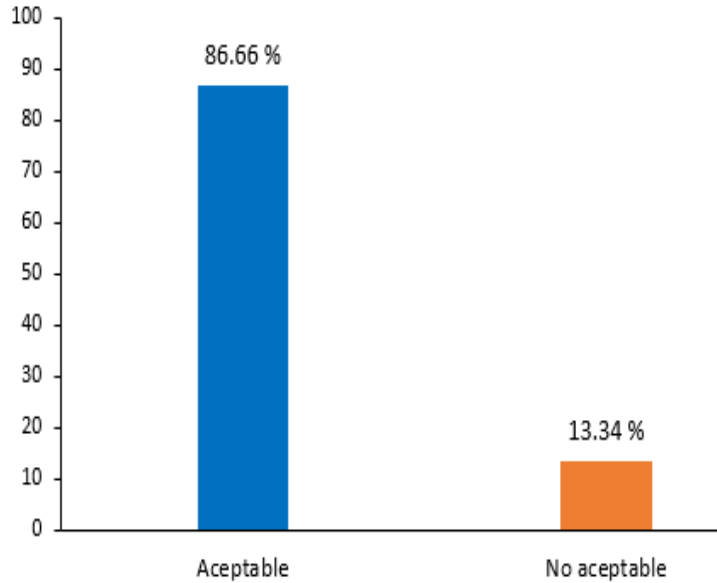
Promedio \pm error estándar de la aceptación sensorial para la textura de galletas enriquecidas con espirulina

Tratamientos	Medias	n	E. E	
Testigo	4.50	10	0.15	A
1g espirulina	4.30	10	0.15	A B
5g espirulina	3.80	10	0.15	B

Hubo diferencias significativas ($p=0.0088$), la galleta testigo es la más aceptada en relación a la galleta con 5g.

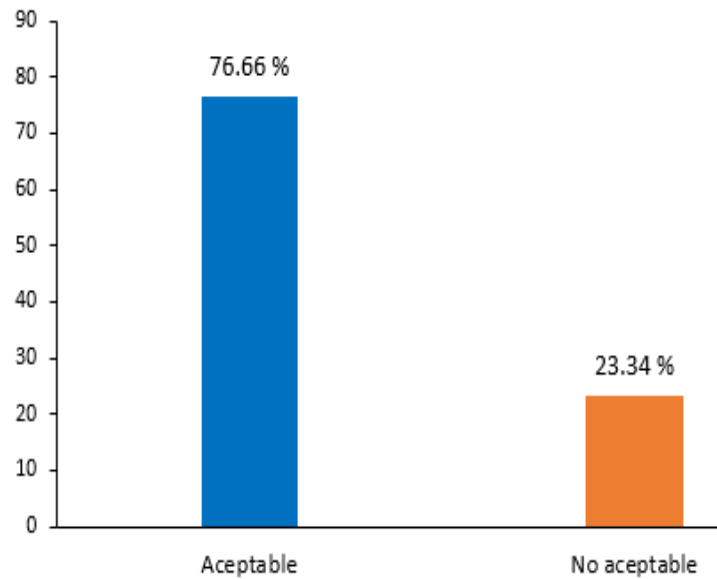
Aceptación global

Testigo



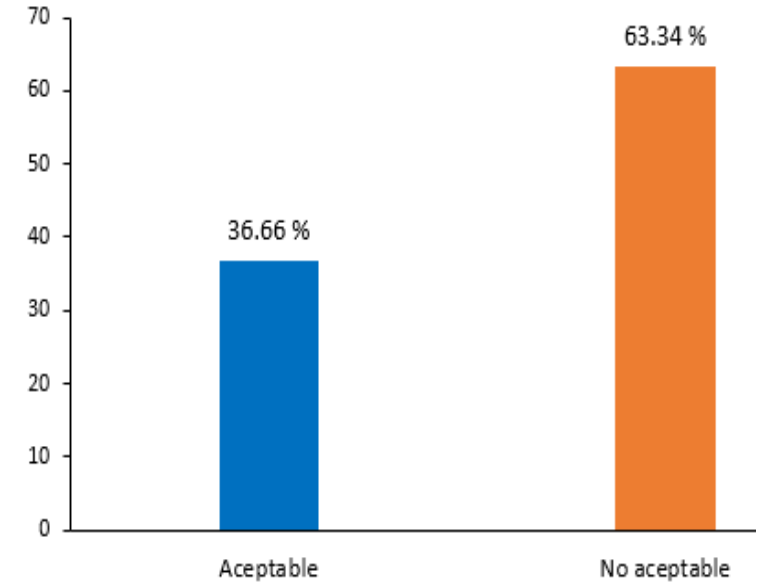
El 86.66% acepta consumir la galleta testigo por su buen olor, color, sabor y textura.

1g espirulina



El 76.66% acepta consumir la galleta con 1g de espirulina.

5g espirulina



El 36.66% acepta consumir la galleta con 5g de espirulina.

Sacheva *et al.* (2015) mencionan que la incorporación de altas dosis de *Arthrospira platensis* afecta negativamente los atributos sensoriales.

Análisis sanguíneo

Proteína

Tabla 17

Promedio ± error estándar del contenido de proteína en sangre

Tratamientos	Medias	N	E. E	Valor referencia
Testigo	6.80	4	0.16 B	6.2-8 g/dL
1g espirulina	7.23	12	0.10 AB	
5g espirulina	7.72	12	0.10 A	

El consumo de 5g de espirulina aporta más proteína, en comparación con el testigo (p=0.016)

Glucosa

Tabla 18

Promedio ± error estándar del contenido de glucosa en sangre

Tratamientos	Medias	N	E. E	Valor referencia
Testigo	79.81	4	0.77 A	60-110 mg/dL
1g espirulina	81.44	12	0.44 A	
5g espirulina	82.12	12	0.44 A	

Aumenta el contenido de glucosa en los tres tratamientos pero no de manera significativa (p=0.1376).

Análisis sanguíneo

Glóbulos blancos

Tabla 19

Promedio ± error estándar del contenido de glóbulos blancos en sangre

Tratamiento	Medias	n	E. E	Valor referencia
Testigo	7.35	4	0.13 B	5.0-10 x10 ³ células/mL
1g espirulina	7.63	12	0.07 B	
5g espirulina	8.13	12	0.07 A	

El consumo de 5g aumenta los glóbulos rojos debido pigmento azul de la ficocianina que posee la espirulina (Parikh *et al.*, 2001).

Glóbulos rojos

Tabla 20

Promedio ± error estándar del contenido de glóbulos rojos en sangre

Tratamiento	Medias	n	E. E	Valor referencia
Testigo	4.10	4	0.21 B	4.0 - 5.0 x10 ⁶ células/mL
1g espirulina	4.43	12	0.12 AB	
5g espirulina	5.11	12	0.12 A	

Sacheva *et al.* (2004) tuvo un aumento a 4,09x10⁶ células/mL, se debe al hierro altamente disponible presente en la espirulina.

La clorofila ayuda a construir glóbulos rojos, ofrece al cuerpo una forma más absorbible de magnesio ayudando a eliminar las toxinas del torrente sanguíneo mientras oxigena la sangre (Microgreen, 2022).

Análisis sanguíneo

Hematocrito

Tabla 21

Promedio ± error estándar del contenido de hematocrito en sangre

Tratamiento	Medias	N	E. E	Valor referencia
Testigo	45.10	4	0.42 B	37.0-48.0%
1g espirulina	45.24	12	0.24 B	
5g espirulina	46.88	12	0.24 A	

Sacheva *et al.* (2004), tuvo un aumento a 44,4%, los 5g espirulina también aumentaron el contenido de hematocrito a 46,88%.

Hemoglobina

Tabla 22

Promedio ± error estándar del contenido de hemoglobina en sangre

Tratamiento	Medias	N	E. E	Valor referencia
Testigo	14.95	4	0.13 B	12.0-16.0 g/dL
1g espirulina	15.15	12	0.08 B	
5g espirulina	15.95	12	0.08 A	

Sacheva *et al.* (2004), tuvo un aumento a 12,5g/dL, los 5g espirulina también aumentaron el contenido de hemoglobina a 16,95g/dL.

La espirulina puede actuar como una proteína similar a la insulina reduciendo los niveles de azúcar en sangre y elevando los niveles de hemoglobina (Parikh *et al.*, 2001)

CONCLUSIONES

- Se formuló galletas isoprotéicas e isocalóricas utilizando 540g de harina de trigo, 160g de azúcar, 250g de mantequilla, 4g de polvo de hornear, 2ml de esencia de vainilla, 3 huevos y 0.50g de sal, se incluyó la espirulina en dosis de 1 y 5 g mediante un recubrimiento con chocolate para evitar desnaturalizar la proteína a altas temperaturas.
- El contenido nutricional de las galletas se determinó mediante el análisis de energía, proteína, grasa, carbohidratos, fibra, ceniza y sodio en 100 g de alimento comestible para cada una de las materias primas tomado de la tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica.
- En el análisis proximal se determinó que la galleta con 5 gramos de espirulina presenta mejores características nutritivas; 8.91% de proteína, 5.18% grasa total, 6.91% fibra, 1.09% ceniza y 7.25% humedad, En el análisis microbiológico no se evidenció crecimiento de ningún microorganismo lo que indica que son aptas para el consumo humano
- En el análisis organoléptico la galleta enriquecida con 1 gramo de espirulina fue la que mayor aceptación tuvo para los atributos analizados, el 76.66 % de los encuestados prefieren consumir este producto debido a que la coloración y sabor de la microalga es menos intenso.
- En la evaluación de la química sanguínea por dos meses se determina que el consumo de 5 gramos de espirulina aumenta el contenido de proteína en $7.72 \pm 0,10$ g/dL, los glóbulos blancos en $8,13 \pm 0,07 \times 10^3$ células/mL, los glóbulos rojos en $5,11 \pm 0,12 \times 10^6$ células/mL, el hematocrito en $46,88 \pm 0,24$ % y la hemoglobina en $15,95 \pm 0,08$ g/dL.

RECOMENDACIONES

- Buscar otras alternativas de incorporar la espirulina a las galletas para obtener mejor aceptabilidad en cuanto al color.
- Probar esta investigación en personas veganas ya que este tipo de personas no consumen la proteína de origen animal y se puede obtener mejores resultados y cambios en la química sanguínea.
- Analizar aspectos como: exploración física, pruebas de aptitud de aprendizaje, valoración de salud mental para comprobar la influencia de la espirulina en la salud humana.

AGRADECIMIENTOS

