



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA

TESIS

**Caracterización y formulación de una bebida de maíz aditivada con soya y
espirulina . *Arthrospira Máxima Y Arthrospira Platensis***

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) QUIMICO(A)

AUTORES:

Bach. Burga Yovera, Jansel Yair

Bach. Sánchez Espinoza, Gabby Emivi

ASESOR:

M.Sc. Ing. Manuel Antonio Díaz Paredes

<https://orcid.org/0000-0003-1244-9991>

Lambayeque - Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA
TESIS

Caracterización y formulación de una bebida de maíz aditivada con soya y
espirulina . *Arthrospira Máxima Y Arthrospira Platensis*

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) QUIMICO(A)

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:

César Augusto Monteza Arbulu
Dr. Presidente

Sebastián Huangal Scheineder
Secretario

Renzo Bruno Chung Cumpa
M.Sc. Vocal

M.Sc. Manuel Antonio Díaz Paredes
Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN - 2025

Siendo las 11:00 am del miércoles 10 de diciembre del 2025, se reunieron en la sala de sustentación de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias los miembros del jurado evaluador de la Tesis Titulada: **Caracterización y formulación de una bebida de maíz aditivada con soya y espirulina "Arthrospira máxima y Arthrospira platensis"**; designados con Res. N°696-2024-D-FIQIA de fecha 20 de diciembre del 2024 y aprobada con Res. N°030-2025-D-FIQIA de fecha 29 de enero del 2025, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformados por los siguientes docentes:

- **Presidente:** Dr. Cesar Augusto Monteza Arbulu
- **Secretario:** Dr. Sebastian Huangal Scheineder
- **Vocal:** M.Sc. Renzo Bruno Chung Cumpa

La tesis fue asesorada por el M.Sc. Manuel Antonio Diaz Paredes, nombrado con Res. N°629-2024-D-FIQIA de fecha 18 de noviembre del 2024. El acto de sustentación es autorizado con Res. N°598-2025-D-FIQIA de fecha 04 de diciembre del 2025.

La Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres: **BURGA YOVERA JANSEL YAIR y SANCHEZ ESPINOZA GABBY EMIVI de la Escuela Profesional de Ingeniería Química**; y tuvo una duración de 80 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el calificativo de 16 (Dieciséis.....) en la escala vigesimal, mención BUENO.....

Por lo que quedan APTO (s) para obtener el Título Profesional de **INGENIERO (A) QUIMICO (A)** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:20 se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

Firmas

Presidente

Dr. CESAR AUGUSTO MONTEZA ARBULU

Vocal

M.Sc. RENZO BRUNO CHUNG CUMPA

Secretario

Dr. SEBASTIAN HUANGAL SCHEINER

Asesor

M.Sc. MANUEL ANTONIO DIAZ PAREDES

CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD

Yo Manuel Antonio Diaz Paredes , usuario revisor de la Tesis titulada:
**“CARACTERIZACION Y FORMULACION DE UNA BEBIDA DE MAIZ
ADITIVADA CON SOYA Y ESPIRULINA “Arthrospira máxima y Arthrospira”**

Cuyo autor (es) son:

1.- Burga Yovera , Jansel Yair , Identificado con DNI.N° 76259717

2.- Sanchez Espinoza Gabby Emivi,; identificado con documento de identidad
: 73016742 ;declaro que la evaluación realizada por el Programa informático,
ha arrojado un porcentaje de similitud 6%, verificables en el Resumen del
Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito (a) analizó reporte y concluyó que cada una de las coincidencias
detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y
que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el
uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos,

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva
del proceso.

Lambayeque, 09 de Septiembre del 2025



Manuel Antonio Diaz Paredes

DNI 16791060

Se Adjunta:

*Resumen de Reporte automatizado de similitudes
Recibo digital*

CARACTERIZACIÓN Y FORMULACION DE UNA BEBIDA DE MAIZ ADITIVADA CON SOYA Y ESPIRULINA

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

etd.lib.metu.edu.tr

Fuente de Internet

1%

2

vsip.info

Fuente de Internet

1%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

5

repositorio.upch.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

6

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

7

structure.m.u-tokyo.ac.jp

Fuente de Internet

<1%

8

aprenderly.com

Fuente de Internet

<1%



M.Sc. Manuel Antonio Díaz Paredes
DNI.N°16791060
Asesor



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: **Burga Yovera, Jansel Yair Sánchez Espinoza, Gabby**
Título del ejercicio: **Quick Submit**
Título de la entrega: **CARACTERIZACIÓN Y FORMULACION DE UNA BEBIDA DE MAIZ...**
Nombre del archivo: **informe_de_tesis_ma_z,_soya_y_espirulina_31-08-2025.docx**
Tamaño del archivo: **10.67M**
Total páginas: **118**
Total de palabras: **13,467**
Total de caracteres: **69,419**
Fecha de entrega: **02-sept-2025 02:02p. m. (UTC-0500)**
Identificador de la entrega: **2740403198**

M.Sc. Manuel Antonio Díaz Paredes
DNI.N°16791060
Asesor



DEDICATORIA

A mis padres, Elmer Burga y Lucia Yovera, por su amor incondicional, sus sacrificios y por ser mi inspiración constante. Gracias por enseñarme con el ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mi familia, por su apoyo inquebrantable, sus palabras de aliento en los momentos difíciles y por estar siempre presentes

Con gratitud y profundo respeto, dedico este trabajo a todos ustedes.

DEDICATORIA

A Dios, por guiarnos con sabiduría y fortaleza en cada paso de este proceso.

A mis padres Edwin Sanchez y Magaly Espinoza , por su amor, paciencia y apoyo incondicional día a día. Este logro es también de ustedes, por enseñarme a no rendirme nunca , retroceder jamás y a luchar por mis sueños. A mi hijo Walter por ser paciente y entender a mamá.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la fuerza para culminar esta etapa.

Al Ing. Manuel Diaz Paredes, nuestro asesor, por su guía, paciencia y compromiso en cada etapa de este trabajo. Su orientación ha sido fundamental para alcanzar este logro.

Y a la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por brindarme la formación académica y los valores que hoy me acompañan como profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	7
AGRADECIMIENTO	8
ÍNDICE	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE TABLAS	12
ÍNDICE DE ESQUEMAS	14
INDICE DE ANEXOS	15
RESUMEN	18
ABSTRACT.....	19
I. INTRODUCCIÓN	20
II. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS.....	22
2.1. Antecedentes	22
2.2. BASES TEÓRICAS	25
III. MÉTODOS Y MATERIALES	38
3.1. Área de ejecución	38
3.2. Tipo de investigación	39
3.3. Población y muestra	39
3.3.1. Población.....	39
3.3.2. Muestra:.....	39
3.4. Variables de estudio	39
3.5. Equipos y materiales de laboratorio, técnicas de análisis e instrumentos de recolección de datos.....	40
3.5.1. Materias primas e insumos.....	40
3.5.2. Material de laboratorio	41
3.5.3. Material personal.....	41
3.5.4. Equipos e instrumentos de laboratorio	41

3.6.	Técnicas.....	42
3.7.	Instrumentos de recolección de datos.....	42
3.8.	Metodología experimental.....	43
a.	Cultivo de Espirulina	43
b.	Recepción de Materia Prima	44
c.	Eliminación de impurezas.....	44
d.	Secado a 60°C por 4,5 horas	44
e.	Molienda y Tamizado (Malla 120)	45
f.	Obtención del polvo de espirulina	45
g.	Almacenado	45
a.	Selección y preparación del maíz jora	47
b.	Germinación del maíz	47
c.	Molienda	47
d.	Preparación del mosto.....	47
e.	Fermentación.....	47
f.	Filtrado y envasado	48
g.	Pasteurización y almacenamiento	48
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1	RESULTADOS	51
4.2.	DISCUSIÓN.....	80
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
5.1.	CONCLUSIONES.....	82
5.2.	RECOMENDACIONES	83
	ANEXOS	84
	Anexo A: DATOS DE LA MUESTRA	120
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Preparación artesanal de la Chicha de Jora	26
Figura 2:Maíz germinado o Jora.....	27
Figura 3: Bebida de Soya.....	28
Figura 4: Alga Espirulina	29
Figura 5:Cultivo artesanal de Espirulina	34
Figura 6: Cultivo de Espirulina a mayor escala.....	35
Figura 7: Obtención de la Espirulina	37
Figura 8: Secado de la Espirulina	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:Taxonomía del Zea Mays	25
Tabla 2:Composición nutricional por cada 100 gr de maíz	27
Tabla 3: Comparativo de Espirulina con otras proteínas.....	32
Tabla 4: Contenido de aminoácidos de la Espirulina	33
Tabla 5: Formulaciones para la elaboración una bebida de espirulina.....	39
Tabla 6: Operacionalización de variables:.....	40
Tabla 7: Técnicas de recolección de datos	42
Tabla 8: Condiciones óptimas de cultivo de espirulina	44
Tabla 9:Primer Diseño ANOVA de un factor (Diseño completamente al azar – DCA	517
Tabla 10: Pruebas post hoc	51
Tabla 11:Subconjuntos homogéneos	50
Tabla 12:Muestras – Olor - ANOVA	54
Tabla 13: Pruebas post hoc múltiples	55
Tabla 14: Subconjuntos homogéneos	56
Tabla 15: Muestras – Sabor	57
Tabla 16: Pruebas post hoc - Comparaciones múltiples	58
Tabla 17:Subconjuntos homogéneos	60
Tabla 18: Muestras – Textura.....	60

Tabla 19: Pruebas post hoc	61
Tabla 20: Subconjuntos homogéneos:	63
Tabla 21 Muestras – Adaptabilidad	63
Tabla 22 Pruebas post hoc - Comparaciones múltiples.....	64
Tabla 23 Tabla 1: Subconjuntos homogéneos – Adaptabilidad.....	65
Tabla 2 : Imágenes y graficas: Interpretaciones.....	66
Tabla 25 Muestras- proteínas	67
Tabla 26 Índice de gasto.....	67
Tabla 27 Regresión de componentes.....	68
Tabla 28 Distribución de proteínas	70
Tabla 29 Gráfico de proteínas-muestra.....	71
Tabla 30 adaptabilidad-muestra.....	72
Tabla 3: Boxplot: Color por muestra.....	73
Tabla 32 Tabla 4: Boxplot: Olor por muestra.....	74
Tabla 33 Gráfico de sabor-muestra.....	75
Tabla 34 Boxplot: Textura por muestra.....	76
Tabla 5: Gráfico de promedio adaptabilidad-muestra.....	72
Tabla 6: Matriz de correlación de atributos.....	73

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1: Diagrama de flujo para la obtención de Espirulina.....	43
Esquema 2: Diagrama de flujo para la elaboración de chicha de jora.....	46
Esquema 3: Diagrama de flujo para obtención de bebida de soya	49

INDICE DE ANEXOS

Imagen 1 Elaboración de CHICHA DE JORA	79
Imagen 2 Elaboración de Soya	79
Imagen 3 Elaboración de formulaciones madre	80
Imagen 4 Elaboración de formulaciones madre	80
Imagen 5 Elaboración de formulaciones madre	81
Imagen 6 Elaboración de formulaciones madre	81
Imagen 7 Elaboración de formulación madre.....	82
Imagen 8 Pesado de espirulina para F1,F4,F7.....	82
Imagen 9 Pesado de espirulina para F2, F5, F8.....	83
Imagen 10 Pesado de espirulina para F3,F6,F9.....	83
Imagen 11 Pesado de sorbato de potasio para todas las formulas.....	84
Imagen 12 Pesado de azúcar para todas las formulas	84
Imagen 13 Pesado de CMC para todas las formulas	85
Imagen 14 Adición de espirulina.....	85
Imagen 15 Adición de sorbato de potasio	86
Imagen 16 Adición de azúcar	86
Imagen 17 Preparación de CMC.....	87
Imagen 18 Solución Final.....	87
Imagen 19 Adición de formulación a licuadora industrial.....	88
Imagen 20 Adición de CMC a licuado.....	88
Imagen 21 Licuado para evitar separación de Fases.....	89
Imagen 22 Insumos y Producto terminado.....	89
Imagen 23 Muestras para análisis de método Kjeldahl	90
Imagen 24 Pasterización de muestras	90
Imagen 25 Muestras no resistentes a pasterización.....	91
Imagen 26 Separación de fases luego de pausterizar	91
Imagen 27 Peso de muestra para Análisis	92
Imagen 28 preparación de acido bórico al 4%.....	92
Imagen 29 Toma de muestra con micro pipeta	93
Imagen 30 Pesado de muestra para análisis.....	93
Imagen 31 Acondicionamiento de muestras	94
Imagen 32 Acondicionamiento de muestras	94
Imagen 33 Acondicionamiento de blancos	95

Imagen 34 Muestras luego de la digestión	95
Imagen 35 Muestras luego de digestión	96
Imagen 36 preparación de ácido bórico más indicador de Tashiro para entrar al proceso de destilación	96
Imagen 37 Destilación de muestra 1	97
Imagen 38 Destilación de muestra 2	97
Imagen 39 Destilación de muestra 3	98
Imagen 40 Destilación de muestra 4	98
Imagen 41 Destilación de muestra 5	99
Imagen 42 Destilación de muestra 6	99
Imagen 43 Destilación de muestra 7	100
Imagen 44 Destilación de muestra 8	100
Imagen 45 Destilación de muestra 9	101
Imagen 46 Muestra 10.....	101
Imagen 47 muestras dentro de mufla.....	102
Imagen 48 Mufla prendida	102
Imagen 49 cenizas totales.....	103
Imagen 50 determinación de humedad.....	103
Imagen 51 Pesado de muestra en balanza analítica	104
Imagen 52 cenizas	104
Imagen 53 tara de crisol	105
Imagen 54 peso de muestra	105
Imagen 55 tara de vaso.....	106
Imagen 56 Segunda xifoneada para determinación de grasas.....	106
Imagen 57 Soflex para determinación de grasas	107
Imagen 58 octava xifoneada para determinación de grasa	107
Imagen 59 Proceso de encuestas de las nueve muestras	108
Imagen 60 proceso de encuestas de las nueve muestras	108
Imagen 61 proceso de encuestas de las nueve muestras	109
Imagen 62 proceso de encuestas de las nueve muestras	109
Imagen 63 proceso de encuestas de las nueve muestras	110
Imagen 64 proceso de encuestas de las nueve muestras	110
Imagen 65 proceso de encuestas de las nueve muestras	111
Imagen 66 proceso de encuestas de las nueve muestras	111
Imagen 67 proceso de encuestas de las nueve muestras	112

Imagen 68 Charla de capacitación para equipo de NIR para determinación de proteínas	112
Imagen 69 Demostración de equipo NIR para determinación de proteínas	113
Imagen 70 graficas de modelado 3d de proteína presente en muestras	113
Imagen 71 grafica de absorbancia	114
Imagen 72 Grafica de absorbancia de muestra 9 analizada por equipo NIR	114
Imagen 73 modelado 3d de muestra 9 por equipo NIR	114
Anexo A.....	115

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo desarrollar y caracterizar una bebida funcional a base de maíz, enriquecida con harina de soya y microalgas del género *Arthrospira* (espirulina), específicamente *A. máxima* y *A. platensis*, evaluando su composición nutricional y aceptabilidad sensorial. Para ello se formularon nueve muestras experimentales con variaciones en la proporción de ingredientes funcionales, a fin de identificar la combinación óptima en términos de contenido proteico y aceptación del consumidor.

Se aplicaron análisis fisicoquímicos para determinar los niveles de proteína, ceniza, fibra y carbohidratos. La muestra M9 presentó el mayor contenido de proteína con 8.91 %, evidenciando el efecto sinérgico de la espirulina y la soya como fuentes proteicas de alta calidad biológica. Asimismo, se observaron incrementos en el contenido de ceniza (0.91 %) y fibra (hasta 0.88 %) en las formulaciones más enriquecidas, mientras que los carbohidratos mostraron una disminución relativa.

El análisis sensorial, realizado mediante prueba hedónica estructurada, permitió identificar que las formulaciones con niveles intermedios de espirulina obtuvieron los mejores puntajes en atributos como sabor y textura, aunque la apariencia fue afectada por el color verde característico del alga. La muestra M9 destacó como la mejor valorada sensorialmente.

Los resultados permiten concluir que es posible formular una bebida de maíz con alto valor nutricional y buena aceptabilidad, mediante el uso controlado de soya y espirulina. Esta investigación aporta una alternativa funcional y sostenible para el desarrollo de productos con proyección en el mercado de alimentos saludables.

Palabras clave: bebida funcional, maíz, soya, espirulina, proteína, análisis sensorial.

ABSTRACT

This research aimed to develop and characterize a functional maize-based beverage enriched with soy flour and microalgae of the genus *Arthrospira* (spirulina), specifically *A. máxima* and *A. platensis*, by evaluating its nutritional composition and sensory acceptability. Nine experimental formulations were prepared with varying proportions of functional ingredients to identify the optimal combination in terms of protein content and consumer acceptance.

Physicochemical analyses were conducted to determine protein, ash, fiber, and carbohydrate levels. Sample M9 exhibited the highest protein content at 8.91%, confirming the synergistic effect of spirulina and soy as high-quality protein sources. Additionally, increases in ash (0.91%) and fiber (up to 0.88%) were observed in more enriched formulations, while total carbohydrates showed a slight decrease.

Sensory analysis, using a structured hedonic test, revealed that intermediate levels of spirulina yielded the best scores for attributes such as flavor and texture, although appearance was affected by the algae's characteristic green color. Sample M9 was rated highest in overall sensory evaluation.

The results demonstrate that it is feasible to formulate a nutritionally enriched and sensory-acceptable maize-based beverage through controlled incorporation of soy and spirulina. This study contributes a functional and sustainable alternative to the growing healthy food market.

Keywords: functional beverage, maize, soy, spirulina, protein, sensory evaluation.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la nutrición ha tomado una relevante importancia en un gran sector de la población, generándose gran interés en investigar acerca de las propiedades de los alimentos que consumimos, y cómo estos repercuten en nuestra salud.

En tal sentido, se pone énfasis en conocer su origen, sus aportes nutricionales, las cantidades que debemos ingerir y cómo podemos mejorar nuestra alimentación con productos que nos proporcionen y aporten mayores beneficios; también surge la necesidad de encontrar alimentos que representen una fuente de nutrientes, frente a la problemática de su escasez producida como consecuencia del cambio climático y disminución del agua apta para el consumo en el mundo.

Respecto a ello, encontramos investigaciones, que apuntan a la ubicación de alimentos alternativos entre los cuales sobresalen el cultivo y la producción de cianobacterias o microalgas como la espirulina, por tratarse estas microalgas de un recurso biológico renovable con el potencial de reemplazar la producción industrial convencional de productos químicos orgánicos y productos farmacéuticos, además, de que la biomasa de microalgas contiene carotenoides, vitaminas y otras biomoléculas que se utilizan ampliamente como complementos alimenticios. (Mehariya et al., 2021)

La biomasa de microalgas puede ofrecer para la nutrición humana, varios compuestos beneficiosos incluidos lípidos, proteínas, minerales y pigmentos. En este sentido, las microalgas se presentan como oportunidades para la investigación y desarrollo de alimentos. Así, el consumo de alimentos que contengan incorpore microalgas (por ejemplo, omega

3/proteínas) pueden comercializarse en forma de suplementos y otros productos innovadores, como las bebidas. Además, la producción de microalgas aporta ventajas a la seguridad alimentaria mundial y reduce el impacto ambiental relacionado con la expansión de la producción de alimentos en tierras agrícolas.(Oliveira & Bragotto, 2022)

Actualmente, a nivel internacional millones de personas en todo el mundo utilizan esta alga como complemento alimenticio de su dieta siguiendo las recomendaciones de las Naciones Unidas (O.N.U.) y la Organización Mundial de la Salud. En este informe realizado a partir del “Instituto Intergubernamental para el Uso de las Microalgas Spirulina contra la Malnutrición”, perteneciente a las Naciones Unidas (IIMSAM – Intergovernmental Institution for Use of Micro-Algae Spirulina Against Malnutrition – United Nations), se recomienda el empleo de Spirulina contra la malnutrición aguda en situaciones de las emergencias humanitarias, de malnutriciones de índole crónico, y para el desarrollo sostenible.

En ese contexto, la presente investigación tuvo como propósito el desarrollo de una bebida funcional a base de maíz , enriquecida con harina de soya y cepas de espirulina *Arthrospira máxima* y *Arthrospira platensis*, a fin de potenciar su valor nutricional y explorar su aceptabilidad sensorial. Para ello, se plantearon como objetivos específicos: (i) determinar la formulación con mayor porcentaje proteico de la bebida de maíz aditivada con soya y espirulina; (ii) realizar los análisis fisicoquímicos correspondientes, específicamente contenido de proteína, ceniza, fibra y carbohidratos; y (iii) evaluar organolépticamente la bebida desarrollada mediante un análisis sensorial controlado con paneles de consumidores no entrenados.

II. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS

2.1. Antecedentes

(Aprilia et al., 2025) Refiere este estudio que muchos niños entre 5 y 12 años no consumen la cantidad de proteína que necesitan, lo que puede afectar su digestión y la forma en que absorben los nutrientes. Por eso, este estudio creó una bebida instantánea tipo cereal con alto contenido de proteínas, hecha a base de espirulina (*Spirulina platensis*) y probióticos (*Lactiplantibacillus plantarum* Dad-13). También se agregó harina de sorgo para mejorar su valor nutritivo.

El objetivo fue evaluar el sabor, la textura, el valor nutricional y cuánto tiempo sobrevivían los probióticos durante el almacenamiento. Se probaron tres mezclas diferentes, con distintas proporciones de espirulina y harina de sorgo: 1:50, 3:48 y 5:46.

Los resultados mostraron que la fórmula más aceptada por los niños fue la de 1 % de espirulina y 50 % de harina de sorgo, ya que tenía mejor sabor, color más atractivo y textura más crujiente. Además, esta mezcla aportó 12,56 g de proteína y 4,68 g de fibra por cada 100 g del producto. También se comprobó que mantener la bebida a temperaturas más bajas ayudaba a conservar mejor los probióticos.

En resumen, esta bebida instantánea de cereal con espirulina puede ser un snack saludable y práctico para niños, con buen sabor y beneficios para la salud, gracias a su contenido de proteína, fibra y probióticos vivos.

(Bolaños-Quirós et al., 2024) en esta investigación se creó una bebida verde bastante nutritiva, usando espirulina como una fuente de proteína natural y sostenible. Esta bebida tiene un 2 % de espirulina, que es más de lo que traen otras bebidas parecidas que ya se venden, y cada vaso

de 300 mL aporta 5 gramos de proteína.

Además, es baja en sal (solo cubre el 3 % de lo que se recomienda al día), aporta proteína (10 %) y magnesio (13 %), y es muy rica en hierro (44 %) y vitamina C (105 %), lo que la hace ideal para una alimentación balanceada.

Para encontrar la mejor receta, se probaron diferentes mezclas y se pidió a personas que dieran su opinión sobre el sabor. Así se logró una bebida con bastante espirulina pero con un sabor que no se diferencia del de una bebida comercial común, lo cual es clave para que guste al público.

Este tipo de pruebas ayuda mucho a crear nuevos productos en la industria alimentaria. El estudio demuestra que sí se puede hacer una bebida así, que puede ser producida por cualquier empresa, grande o pequeña, interesada en vender en Costa Rica. Es una alternativa pensada para personas que buscan cuidar su salud sin dejar de disfrutar lo que toman.

(Gopal & Govindaraj, 2024) En este estudio se señala que la espirulina es una microalga con muchísima proteína, por eso se la considera una fuente natural y saludable de proteína. Hoy en día, se está usando en alimentos y bebidas para hacerlos más nutritivos. En este estudio, se creó una bebida llamada “Prot-Tea”, que mezcla espirulina con té verde, buscando una opción que sea nutritiva y rica en antioxidantes.

Se probaron tres recetas distintas, cambiando la cantidad de espirulina y té verde. La mejor fue la fórmula B, que tenía la misma cantidad de espirulina y té verde (1 g de cada uno), porque fue la que más antioxidantes y proteínas ofreció.

En resumen, Prot-Tea resultó ser una bebida funcional prometedora, ideal para personas que quieren cuidar su salud tomando algo natural, con proteínas y antioxidantes en una sola taza.

(Saenz Loayza & Valladares Leon, 2022) Existen experiencias de producción de una bebida

funcional con espirulina, cushuro y carambola usando 15 % de pulpa de cushuro, 25 % de carambola, 0,10 % de espirulina y 60 % de agua. Esta bebida fue muy bien recibida por los estudiantes de la institución educativa Luis Fabio Xammar Jurado, en el distrito de Santa María. La mayoría de ellos dijeron que les gustó mucho, especialmente en aroma (83,33 %), color (80 %), textura (83,33 %), sabor (73,33 %) y aceptación general (60 %).

También se comprobó que esta bebida tiene pocas calorías (97.1 kcal por cada 100 ml), aporta proteínas (2.9 g), hierro (8.4 mg/L) y calcio (136 mg/L). Además, cumple con los estándares de calidad, ya que no presenta microbios peligrosos como coliformes, salmonella ni hongos, según las normas sanitarias vigentes.

Durante tres meses, se dio esta bebida a 30 escolares (niños y niñas) y se observó que sus niveles de hemoglobina en la sangre aumentaron de forma moderada, sobre todo después del tercer mes. Se encontraron diferencias claras entre los resultados de cada mes. Según el análisis estadístico (medido con el índice D de Cohen), el impacto de la bebida fue pequeño el primer mes (0,218), pero creció bastante en el segundo (0,57) y aún más en el tercero (0,633), lo que indica que el efecto sobre la hemoglobina fue cada vez más fuerte.

(Barahona Guacollante et al., 2020) Según los resultados que se obtuvieron en la investigación se llegaron a las siguientes conclusiones:

Al analizar los datos con pruebas estadísticas (ANOVA y la prueba de Tukey), se vio que la mezcla de espirulina y maracuyá solo tuvo un efecto importante en dos cosas: la viscosidad (qué tan espesa era la bebida) y el pH (qué tan ácida o básica era). En cambio, la cantidad de sólidos solubles —como azúcares o sales— no cambió mucho entre las diferentes mezclas, eligiéndose el que tenía más espirulina (2,4 %) y cumplía con el objetivo de ofrecer una bebida bien nutritiva.

También se hizo una prueba para ver qué tanto le gustaba el producto a la gente, y se concluyó que la bebida fue bien aceptada.

2.2.BASES TEÓRICAS

2.2.1. El maíz, *Zea mays* L.

Es el principal alimento destinado al autoconsumo de los habitantes de la Sierra del Perú, después de la papa. Su consumo se presenta en forma de choclo, cancha, mote, harina precocida, bebidas, entre otras formas de uso, que alcanza unos 9,4 kilos de maíz por año, asimismo, es considerado un cultivo estratégico para para alimentación de las personas ubicados en estratos más pobres del país.(MIDAGRI, 2021)

El maíz es un cereal originario de América, cuya importancia en la alimentación humana ha permitido el desarrollo de culturas peruanas como Chavín, Nazca, Paracas, Chimú y del imperio Incaico, así como de los Mayas en Guatemala y los Aztecas en México. Se puede considerar al maíz como la base de la alimentación de las culturas americanas.

Tabla 7 :

Taxonomía del Zea Mays

<i>Reino</i>	<i>Vegetal</i>
<i>Clase</i>	<i>Monocotiledónea</i>
<i>Orden</i>	<i>Columifloras</i>
<i>Familia</i>	<i>Graminae</i>
<i>Sub familia</i>	<i>Panicoideae</i>
<i>Género</i>	<i>Zea</i>
<i>Especie</i>	<i>Zea mays L.</i>

2.2.2. La chicha de jora

Es una bebida alcohólica, originaria del Perú, que se obtiene por la fermentación de la materia azucarada contenida en el mosto de malta del maíz. Se elabora desde el tiempo de los incas y su consumo es masivo, no sólo en la región de la sierra, sino en la costa, además de constituir un insumo básico en la gastronomía peruana, fue común en todo el imperio incaico y hasta la actualidad se sigue elaborando en nuestro país y en otros de América del Sur como Ecuador, Colombia y Chile.

Figura 1:

Preparación artesanal de la Chicha de Jora



Nota: Recuperado de <https://www.markapacha.com/aqhapa-nawinta-malliykunapaq-para-catar-el-ojo-de-la-chicha/>

La fermentación es una técnica muy antigua que se ha usado por generaciones para preparar y conservar alimentos, especialmente en la región andina. Durante este proceso, actúan microorganismos como bacterias y levaduras, que son los responsables del sabor, olor y color que caracterizan a cada bebida.(Delgado-Ospina et al., 2022)

Las bebidas fermentadas como la chicha, el champús y el masato siguen siendo parte

importante de la vida diaria y de la cultura ancestral de los pueblos indígenas, las cuales se preparan principalmente a partir de maíz (*Zea mays*), aunque también se pueden usar otros granos como el trigo o el centeno.

Figura 2:

Maíz germinado o Jora



Nota: Recuperado de <https://www.markapacha.com/aqhapa-nawinta-malliykunapaq-para-catar-el-ojo-de-la-chicha/>

Tabla 8:

Composición nutricional por cada 100 gr de maíz

	Kcal	Chod g	Proteínas g	Fibra cruda g	Calcio mg	Fósforo mg	Tioamina mg	Riboflavina mg	Niacina mg
Maíz alazán (jora fresca)	289	62,3	5,4	0,5	23	275	0,28	0,4	3,4
Maíz alazán (jora seca)	347	73,8	7,0	1,7	38	346	0,38	0,29	3,6
Chicha de jora	28	5,8	0,4	0,2	22	18	0,02	0,1	0,2

Nota. Recuperado de <https://portalrevistas.aulavirtualusmp.pe/index.php/rc/article/view/1338>

2.2.3. SOYA

Desde hace miles años, los países orientales y más recientemente en los occidentales, la soya se ha considerado la principal fuente de proteína vegetal para consumo humano y animal, esto obedece a que en el grano integral la proteína representa alrededor del 40% de la materia seca. De igual manera que el resto de las proteínas, la soya aporta energía, aminoácidos esenciales y nitrógeno

La soya o soja (*Glycine max*), es una planta herbácea anual de origen del suroeste de Asia que está presente hace más de 5.000 años en la cadena alimenticia. Se dispersó rápidamente a China, Japón, Corea y Rusia que luego se propagó a la mayoría de países asiáticos. En Europa y América del Norte se introdujo como un cultivo de forraje en el siglo XX.

En la actualidad es una de las ocho leguminosas de más consumo en la alimentación humana debido a su contenido de entre 30 % y 35 % de proteínas, 20 % de grasas (en su mayoría insaturadas), aproximadamente 9 % de fibra y alrededor de 8 % de humedad en base seca (Zhu et al., 2023). A nivel mundial es de gran importancia por su adaptación en distintas zonas geográficas.

Diversos estudios hechos tanto en laboratorio como en animales y personas han demostrado que la soya y sus componentes pueden ser muy beneficiosos para la salud. Por ejemplo, ayudan a prevenir enfermedades como la diabetes, el cáncer y problemas del corazón. También actúan como antioxidantes, es decir, protegen al cuerpo del desgaste celular. Estos efectos positivos

se deben principalmente a ciertos compuestos naturales que tiene la soya, como las isoflavonas, los péptidos, los fenoles y los fitoesteroles. (Cai et al., 2021)

Las bebidas de soya se están volviendo cada vez más populares, sobre todo entre las personas que no toleran la lactosa o que son alérgicas a las proteínas de la leche. Son una buena opción porque aportan proteínas de buena calidad, vitamina B, grasas saludables y compuestos naturales beneficiosos como los fitoesteroles, la lecitina de soya y las isoflavonas. En esta revisión se analizó el mercado de 52 bebidas de soya que se venden en España y otros países de Europa. Se vio que la mayoría de estas bebidas (un 60%) están enriquecidas con calcio y vitaminas. Esto muestra que mucha gente busca opciones que se acerquen al valor nutricional de la leche de vaca y que les ayuden a cubrir sus necesidades alimenticias básicas. (Olías et al., 2023)

Figura 3:

Bebida de Soya



Nota: Recuperado de <https://colpac.com.mx/bebida-de-soya-una-bebida-vegetal-completa-con-gran-sabor/>

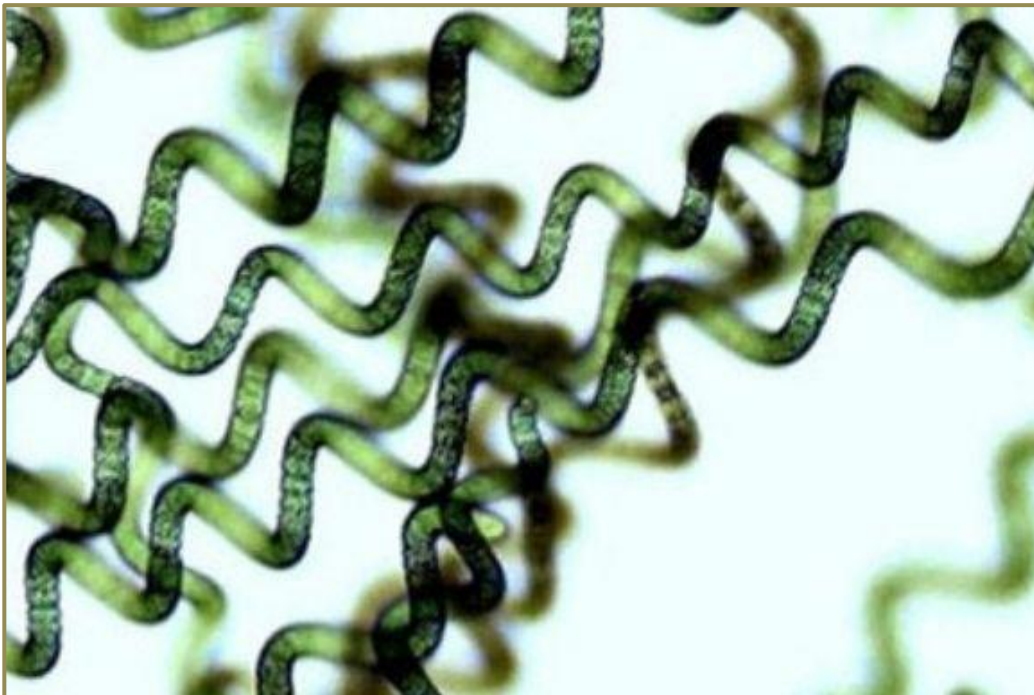
2.2.4. Espirulina

La *Arthrospira platensis*, la espirulina, que es un tipo de microalga rica en nutrientes, se presenta como una buena opción.

Esto se debe a que tiene muchas proteínas, vitaminas, minerales y compuestos beneficiosos como el betacaroteno y la ficocianina, los cuales aportan propiedades saludables: es antioxidante, anticancerígena, ayuda a controlar la diabetes, combate microbios y reduce la inflamación. Por eso, se considera un buen suplemento para la alimentación y también con fines médicos. (Musa et al., 2025)

Figura 4:

Alga Espirulina:



Nota: Recuperado de <https://sutacosmetic.com/ingredientes-2/>

La espirulina crece de forma natural en lagos ubicados en Perú, Chile, Birmania, Sahara y al este del continente africano. Sin embargo, su recolección en la naturaleza es poco

predecible debido a que la biomasa puede ser poco densa, es por eso que se cultiva en piscinas artificiales.

2.2.4.1. Características

En adecuadas condiciones de cultivo, la Espirulina presenta las siguientes características:

a) Color:

La espirulina es naturalmente un pigmento verde-azulado debido a su contenido de ficocianina y clorofila. Una vez que sea secada y empacada, debería tomar un color verde bosque. La espirulina con un tono verde oscuro es típicamente de mayor calidad debido a su alto contenido de ficocianina, otros nutrientes y contenido nutricional.

b) Sabor:

La espirulina puede tener un ligero sabor amargo o, en todo caso, sin sabor, si acaso es demasiado amargo o salado, probablemente no se haya cultivado en un ambiente adecuado. La espirulina de alta calidad se puede mezclar fácilmente con otras recetas de alimentos y bebidas con el efecto de que su sabor no se perciba.

c) Olor:

La espirulina debe tener un ligero aroma a mar. Si presentase un fuerte olor a pescado, podría significar que tiene un alto recuento de bacterias ricas en nutrientes fermentados haciendo que la espirulina sea pobre e inconsistente.

2.2.4.2. Valores Nutricionales

Se considera a la espirulina como un superalimento por el perfil de valores nutricionales que presenta. Ninguna comida, planta, grano o hierba lo puede igualar.

La espirulina es una fuente de proteínas de alta calidad (55-70%), carbohidratos (15-25%), fibra dietética (8-10%), grasas (6-9%) y minerales (7-13%). Contiene numerosas vitaminas, pigmentos (clorofilas, carotenoides y ficocianina) y compuestos fenólicos.(Podgórska-Kryszczuk, 2024).

Tabla 9:

Comparativo de Espirulina con otras proteínas

Producto	Contenido de proteína [%]
espirulina	55.00-70.00
carne de res	17.40-22.00
pollo	19.00-24.00
pez	19.20-22.00
queso parmesano	36.00
leche desnatada en polvo	36.00-37.00
miseria	25.80-26.00
trigo	11.88-13.20
arroz	7.76-10.30
semillas de girasol	20.78
semillas de calabaza	30.23
soja	35.35-40.30

Nota : Recuperado de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11596570>

Tabla 10:*Contenido de aminoácidos de la Espirulina*

Contenido de aminoácidos [mg/g]		
Básico	leucina	39,69-61,70
	triptófano	8.50-10.00
	metionina	8.07-17.10
	fenilalanina	19.02-33.30
	lisina	22.62-34.00
	treonina	33.00-39.61
	isoleucina	25.34-36.40
	valina	27.89-45.00
	histidina	10.00-27.39
	No esencial	prolina
tirosina		20.34-30.70
glicina		21.26-34.30
serina		20.35-33.00
arginina		26.13-44.70
alanina		42,80-50,20
ácido aspártico		57.9-63.10
ácido glutámico		83,9-92,00
cisteína		4.60-7.00

Nota : Recuperado de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11596570>

2.2.4.3. Cultivo en Laboratorio

En la experiencia peruana, la empresa Spirufresh, obtiene en laboratorio Espirulina de origen peruano. Se emplean condiciones de cultivo controlado, en cuanto a luminosidad, temperatura e inyección de aire como medio para homogeneizar los cultivos en pequeños volúmenes de 50 mL a 20 L. (Algatex, 2021)

Figura 5:

Cultivo artesanal de Espirulina



Nota: Recuperado de <https://felixmaocho.wordpress.com/2018/08/30/huerto-familiar-como-vivir-de-un-huerto-8-cultivar-spirulina/>

2.2.4.4. Producción

Los cultivos productivos se pueden realizar en biorreactores de 30 m³, y de 168 m² c/u de superficie, los cuales han sido diseñados con 5 cm de desnivel para facilitar el lavado posterior. Además, contienen agitadores (rueda de paletas de 4 palas).

Utilizan agua potable y una selección de nutrientes de grado alimentario en todo el proceso de producción.

Figura 6:

*Cultivo de *Espirulina* a mayor escala*



Nota: https://spirulinabecagli.it/en/pages/produzione-spirulina-e-coltivazione?srltid=AfmBOopduXojNXPZuHck1bexg3ym_8bJzzlRx-X9HLtO0shL2JcGtZq

Se necesita una cepa viva de espirulina (inóculo), respecto del volumen total del medio de cultivo del 10% al 20%.

El proceso de cultivo se lleva a cabo en sistemas controlados como estanques abiertos (pequeña producción) o fotobiorreactores (producción a gran escala)

Para su cultivo requiere agua alcalina con un pH óptimo de entre 9.5 a 10.5, para lograr este medio alcalino se puede emplear una dosis de 6 - 8 g/L (600 - 800 g por 100L) de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) o 2 - 4 g/L (200 - 400 g por 100L) de Carbonato de sodio (Na_2CO_3)

En relación a su temperatura, se debe mantener a de 30°C hasta 37°C, debido a que en temperaturas inferiores, el crecimiento es lento, y en temperaturas que superan los 40°C se produce estrés térmico y la posible muerte celular.

Por otra parte, requiere una exposición a iluminación proveniente de luz solar o lámparas LED o fluorescentes, por el período de 1 a 16 horas, no se debe superar este tiempo de exposición para permitirle realizar a las algas su proceso metabólico.

La espirulina se reproduce por división celular (24-48 horas) y se cosecha cuando alcanza la concentración óptima en el medio.

Otro aspecto importante a considerar en el cultivo de esta alga es que la aireación es fundamental en el cultivo de espirulina para mantener la homogeneidad del medio, asegurar un intercambio gaseoso adecuado (CO_2 y O_2), evitar la sedimentación de la biomasa y mejorar la fotosíntesis al distribuir uniformemente los nutrientes.

Para ello, dependiendo de la escala de producción se puede emplear bombas de aire, , para cultivos pequeños y medianos ; agitadores mecánicos como paletas o hélices que remueven el medio, en cultivos grandes y compresores de aire, para la inyección de burbujas finas en estanques para producción industrial.

Así también, la inyección de CO_2 aumenta la productividad, siendo el caudal de aire recomendado de 0,2 - 0,5 litros de aire por litro de cultivo por minuto (L/L/min).

2.2.4.5. Recolección

Se procede a la concentración de la biomasa (reducción de la cantidad de agua),

posteriormente se realizará el lavado de esta biomasa para retirar las sales.

Figura 7:

Obtención de la Espirulina

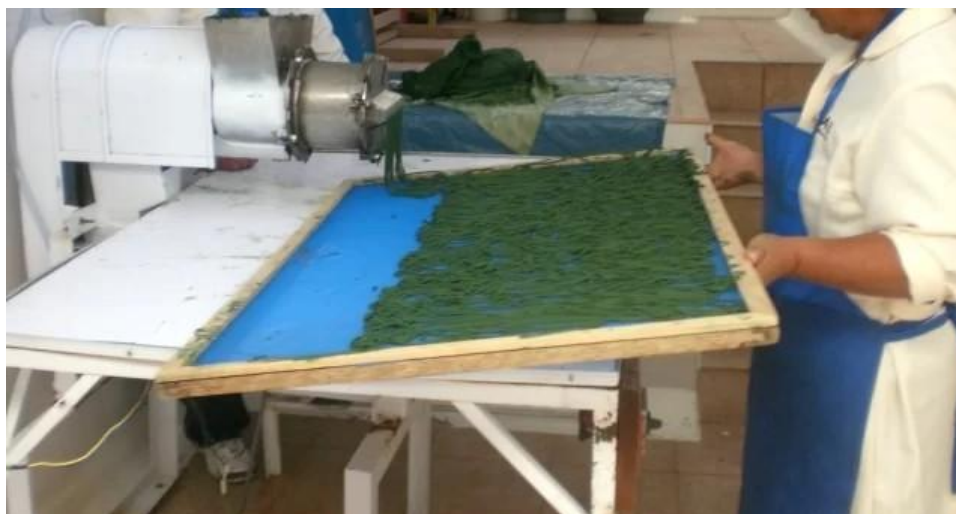


2.2.4.6. Secado

La biomasa se dispone sobre bandejas de secado y luego son introducidas en la cámara de secado. Se hace circular aire caliente y seco (40°C) en el interior de la cámara, por medio un extractor de aire que provoca una corriente ascendente, extrayendo la humedad de la biomasa de Espirulina, permitiendo que el secado se produzca en alrededor de 3 horas.

Figura 8:

Secado de la Espirulina



2.2.4.7. Prueba de aceptabilidad

Las pruebas empleadas para evaluar la preferencia, aceptabilidad o grado en que gusta un producto se conocen como " pruebas cuantitativas de consumo o pruebas orientadas al consumidor (POC), ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados.

III. MÉTODOS Y MATERIALES

3.1. Área de ejecución

El trabajo de investigación, se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, de la ciudad de Lambayeque, en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias – FIQIA.

3.2. Tipo de investigación

El trabajo de investigación realizada fue de carácter experimental.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población para dicha investigación está constituida por 60 muestras de bebida que serán evaluados.

3.3.2. Muestra:

Las muestras se obtendrán de cada una de las botellas las cuales permitirán identificar mediante análisis el porcentaje de proteína de cada una de ellas, así como, se aprovechará para realizar el ensayo de aceptabilidad y la respectiva encuesta.

Se planea un diseño bifactorial, con 4 niveles cada uno:

Tabla 11:

Formulaciones para la elaboración una bebida de espirulina

Formulación	% (Soya /maíz)		
	C ₁	C ₂	C ₃
F1	P ₁ C ₁	P ₁ C ₂	P ₁ C ₃
F2	P ₂ C ₁	P ₂ C ₂	P ₂ C ₃
F3	P ₃ C ₁	P ₃ C ₂	P ₃ C ₃

$$\begin{aligned} \text{Número Total de Pruebas} &= (\text{N}^\circ \text{ de matriz})(\text{N}^\circ \text{ de réplicas}) + 3\text{Probeta de control:} \\ &= (9)*(6) + 6 = 60 \end{aligned}$$

3.4. Variables de estudio

3.4.1. Variables independientes

Porcentaje de espirulina

Porcentaje de bebida de soya/maiz

3.4.2. Variables dependientes

Valor nutricional de la bebida de maíz aditivada con soya y Espirulina

Características organolépticas

Tabla 12:

Operacionalización de variables:

Variable	Dimensión	Indicador	Índice
Variable independiente			
Espirulina	P ₁ : 2gr/litro Espirulina	Peso	gr.
	P ₂ : 3gr/litro Espirulina		
	P ₃ : 5gr/litro Espirulina		
Soya/maiz	C ₁ : 12 lt soya/3 lt maíz(20%/80%)	Cantidad	lt
	C ₂ : 10.5 lt soya/4.5 lt maíz(30%/80%)		
	C ₃ : 7.5 lt soya/7.5 lt maíz(50%/50%)		
Variable dependiente:			
Características organolépticas Valor nutricional	Sabor	Escala hedónica	1 a 5 puntos %
	Olor		
	Color		
	Textura		
	Apariencia		
	Proteína	Contenido de proteínas	%

3.5. Equipos y materiales de laboratorio, técnicas de análisis e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Materias primas e insumos

Bebida de Soya

Espirulina

Bebida de maíz

cmc

sorbato

3.5.2. Material de laboratorio

Balanza

Tanque de operación

Depósito para almacenar materia prima

Depósito para mezclado

Refractómetro

3.5.3. Material personal

Guardapolvo

Cofia

Mascarilla

Guantes

3.5.4. Equipos e instrumentos de laboratorio

Equipo de determinación de proteína mediante extracción Soxhlet

Balanza electrónica marca Henkel

3.6. Técnicas

Tabla 13:

Técnicas de recolección de datos

Análisis	Criterios	Métodos	Equipos
Determinación de gramos de espirulina	Cantidad de espirulina deshidratado respecto al total de ingredientes	Método gravimétrico: Pesado antes y después del secado	Balanza analítica, horno deshidratador
Determinación de porcentaje de proteína	Método Kjeldahl	Digestor Kjeldahl, destilador, bureta, balanza analítica	Método Kjeldahl
Determinación de características organolépticas	Sabor, olor, textura, apariencia (escala hedónica)	Evaluación sensorial mediante panel de catadores	Fichas de evaluación sensorial, espacio acondicionado
Determinación de valor nutricional	Contenido de proteínas, grasas, humedad y ceniza	Análisis físico-químico (Kjeldahl para proteínas, Soxhlet para grasas, mufla para cenizas, desecador para humedad)	Digestor Kjeldahl, extractor Soxhlet, mufla, balanza analítica, estufa eléctrica

3.7. Instrumentos de recolección de datos

Los datos requeridos para la investigación se recolectarán mediante un cuaderno de campo donde se irán anotando los datos obtenidos de los ensayos, en el

laboratorio.

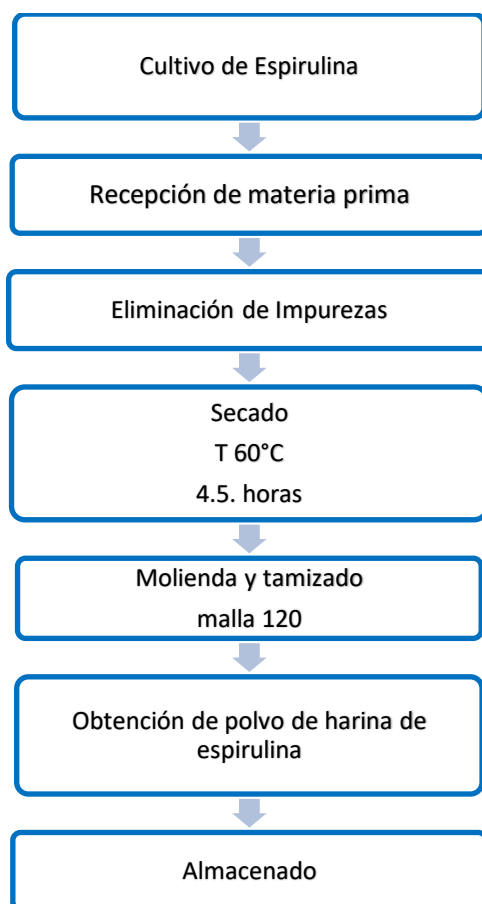
- Ficha de análisis fisicoquímico
- Ficha de análisis microbiológico
- Ficha de análisis sensorial

3.8. Metodología experimental

Para la obtención de Espirulina, se emplearon los siguientes procesos:

Esquema 1:

Diagrama de flujo para la obtención de Espirulina



a. Cultivo de Espirulina

Para que la espirulina se genere y multiplique, se deben mantener condiciones óptimas:

Tabla 14:

Condiciones óptimas de cultivo de espirulina

Factor	Condición Óptima
Temperatura	30 - 37 °C
pH	9,5 - 10,5
Iluminación	12 - 16 horas/día (luz solar o artificial)
Oxigenación	Aireación y agitación continua
Salinidad	10 - 30 g/L

b. Recepción de Materia Prima

Se recibe la biomasa de espirulina fresca, proveniente del cultivo en estanques abiertos o fotobiorreactores.

Seguidamente realizan controles de calidad iniciales, verificando su color verde-azulado intenso, olor característico y ausencia de signos de contaminación.

Se mide el pH y la concentración de biomasa para asegurar que cumpla con los parámetros de procesamiento.

c. Eliminación de impurezas

La espirulina se separa del medio de cultivo mediante filtración o centrifugado.

Se realizan lavados con agua potable o destilada para eliminar restos de sustrato, arena, partículas extrañas y materia orgánica no deseada. Si es necesario, se utilizan filtros de malla fina o sedimentación para asegurar una biomasa limpia y homogénea.

d. Secado a 60°C por 4,5 horas

La biomasa húmeda de espirulina se extiende en capas delgadas sobre bandejas de acero inoxidable o cintas transportadoras en un secador de aire caliente.

Se mantiene una temperatura controlada de 60°C para preservar los nutrientes y evitar la degradación de las proteínas y pigmentos (ficocianina).

El secado se lleva a cabo durante 4,5 horas hasta alcanzar un contenido de humedad inferior al 7% , lo que garantiza estabilidad y conservación.

e. Molienda y Tamizado (Malla 120)

La espirulina seca se somete a un proceso de molienda en molinos de martillos o de bolas, reduciendo su tamaño de partícula.

Se realiza un tamizado utilizando una malla 120 para obtener un polvo fino y homogéneo, ideal para su incorporación en suplementos, alimentos o productos cosméticos.

Se eliminan partículas gruesas o aglomeradas para mejorar la textura y solubilidad del polvo.

f. Obtención del polvo de espirulina

Una vez tamizada, la espirulina se presenta en forma de polvo fino de color verde-azulado intenso, con alto contenido en proteínas, vitaminas y antioxidantes.

Se realizan análisis microbiológicos y fisicoquímicos para garantizar su calidad, pureza y cumplimiento con las normativas de seguridad alimentaria.

g. Almacenado

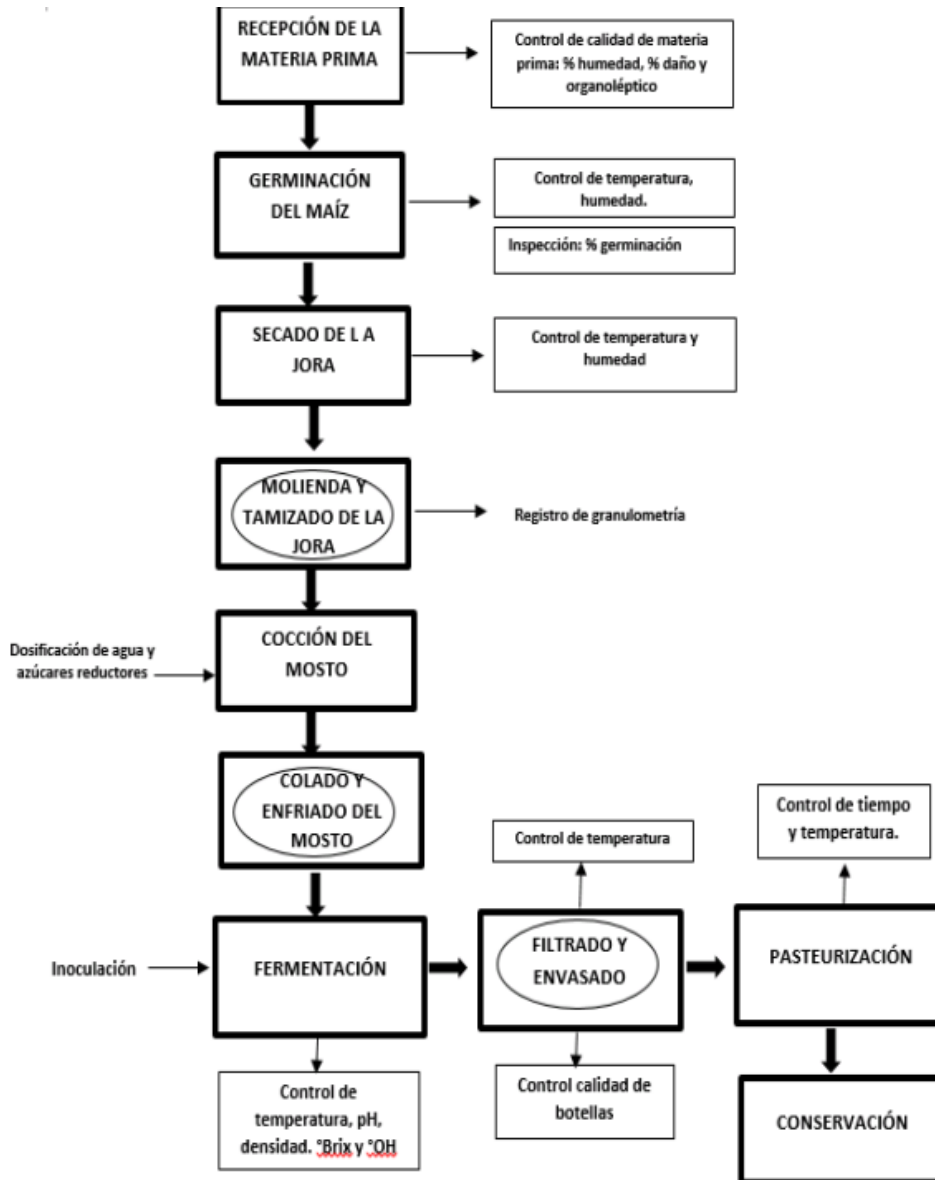
El polvo de espirulina se envasa en bolsas herméticas, recipientes de vidrio o envases de material barrera para protegerlo de la humedad, luz y oxidación.

Se almacena en un ambiente seco y fresco (temperatura inferior a 25°C , humedad relativa menor al 50%). Y se implementa un sistema de control de inventario y trazabilidad para garantizar la rotación adecuada del producto y mantener su

frescura.

Esquema 2:

Diagrama de flujo para la elaboración de chicha de jora



Nota. Recuperado de Optimización de parámetros del proceso de elaboración de chicha de jora. (Optimización de parámetros del proceso de elaboración de chicha de jora / Campus, s. f.)

a. Selección y preparación del maíz jora

Se inspecciona la materia prima para descartar granos con olores desagradables, moho o daño por insectos.

Se determina el porcentaje de humedad y pérdida por daño.

b. Germinación del maíz

Se colocando los granos en condiciones controladas (28°C y humedad alta) hasta que las raicillas alcancen 2-3 cm.

Luego se procede a deshidratar en un secador a 45°C por 24 horas hasta alcanzar un 7% de humedad final.

c. Molienda

Se muele el maíz jora en un molino hasta obtener un tamaño de partícula de 300 μm .

d. Preparación del mosto

Se mezcla 200 g de maíz jora molido con agua y se cocina por 2 horas, seguidamente se añaden 50 g de chancaca y 50 g de azúcar morena, hasta reducir a un volumen al 50% y se deja enfriar a 28°C.

e. Fermentación

Se filtra el mosto y se coloca en fermentadores de vidrio, se puede añadir 0,5 g de levadura *Saccharomyces cerevisiae* previamente activada.

Se fermenta de 60 a 72 horas, controlando parámetros como pH (4-4.3), densidad y grados Brix.

f. Filtrado y envasado

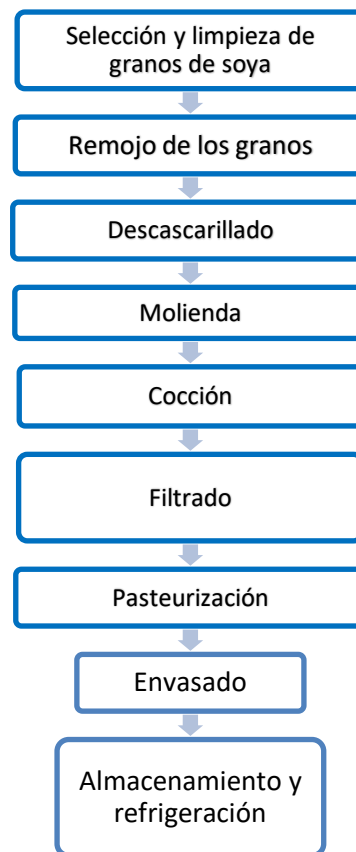
La chicha fermentada se filtra para retirar residuos sólidos y se envasa en botellas de vidrio esterilizadas.

g. Pasteurización y almacenamiento

Se somete a pasteurización a 80°C por 5 minutos, luego se sella al vacío y se conserva a temperatura ambiente hasta su evaluación sensorial.

Este proceso optimizado permite obtener una chicha de jora con buena calidad microbiológica y gran aceptación sensorial.

Esquema 3: Diagrama de flujo para obtención de bebida de soya



a. Selección y limpieza

Se escogen los granos de soya sanos, secos y sin impurezas. Se eliminan piedras, polvo y materia orgánica mediante cribas y lavado.

b. Remojo (Hidratación)

Los granos se remojan en agua potable durante 8–12 horas a temperatura ambiente para ablandarlos, activar enzimas y facilitar la eliminación de factores antinutricionales como los inhibidores de tripsina.

c. Descascarillado (opcional)

En algunos procesos, se retira la cáscara para mejorar la textura y el sabor de la bebida final.

d. Molienda

Los granos remojados se muelen con agua (relación 1:8 o 1:10 soya:agua) en molinos coloidales o licuadoras industriales, para obtener una pasta líquida.

e. Cocción

Se hierve o pasteuriza a 95–100 °C durante 15–20 minutos para inactivar los anti nutrientes, mejorar la digestibilidad y desarrollar sabor.

f. Filtrado o colado

Se separa la fase líquida (bebida) del residuo sólido conocido, utilizando mallas finas o prensas.

g. Pasteurización final o UHT

La bebida ya filtrada y formulada se somete a tratamiento térmico (Ej. 72–75 °C por 15–20 seg) para eliminar patógenos y prolongar su vida útil.

h. Envasado

En condiciones higiénicas (puede ser aséptico o convencional) en recipientes de vidrio o acero.

i. Refrigeración y almacenamiento

Se conserva a 4–6 °C en cámaras frías o puede ser almacenada a temperatura ambiente si fue sometida a tratamiento UHT.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

Tabla 15:

Primer Diseño ANOVA de un factor (Diseño completamente al azar – DCA

ANOVA

Color	Suma de cuadrados	gl	Media cuadráticaF	Sig.	
Entre grupos	46,800	8	5,850	2,452	,014
Dentro de grupos	622,800	531	1,173		
Total	669,600	539			

El uso del análisis estadístico llamado ANOVA, nos ayuda a saber si las diferencias en los puntajes que dieron los evaluadores son reales o si simplemente ocurrieron por casualidad. En este caso, el resultado dio un valor de significancia (p) de 0,14, lo cual es mayor que 0,05. Esto significa que no hubo diferencias significativas en el color entre las muestras evaluadas, considerando un total de 60 muestras. En otras palabras, aunque algunas hayan podido parecer ligeramente distintas, esas diferencias no fueron lo suficientemente fuertes o consistentes como para decir que un grupo tenía un color diferente al otro de manera estadísticamente confiable.

Tabla 16:

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Color

HSD Tukey

(I) Muestras	(J) Muestras	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
M1	M2	,067	,282	1,000	-,82	,95
	M3	-,200	,282	,999	-1,08	,68
	M4	-,200	,282	,999	-1,08	,68
	M5	-,333	,282	,960	-1,22	,55
	M6	-,100	,282	1,000	-,98	,78
	M7	-,233	,282	,996	-1,12	,65

	M8	-,400	,282	,890	-1,28	,48
	M9	-1,000*	,282	,014	-1,88	-,12
M2	M1	-,067	,282	1,000	-,95	,82
	M3	-,267	,282	,990	-1,15	,62
	M4	-,267	,282	,990	-1,15	,62
	M5	-,400	,282	,890	-1,28	,48
	M6	-,167	,282	1,000	-1,05	,72
	M7	-,300	,282	,979	-1,18	,58
	M8	-,467	,282	,773	-1,35	,42
	M9	-1,067*	,282	,006	-1,95	-,18
M3	M1	,200	,282	,999	-,68	1,08
	M2	,267	,282	,990	-,62	1,15
	M4	,000	,282	1,000	-,88	,88
	M5	-,133	,282	1,000	-1,02	,75
	M6	,100	,282	1,000	-,78	,98
	M7	-,033	,282	1,000	-,92	,85
	M8	-,200	,282	,999	-1,08	,68
	M9	-,800	,282	,110	-1,68	,08
M4	M1	,200	,282	,999	-,68	1,08
	M2	,267	,282	,990	-,62	1,15
	M3	,000	,282	1,000	-,88	,88
	M5	-,133	,282	1,000	-1,02	,75
	M6	,100	,282	1,000	-,78	,98
	M7	-,033	,282	1,000	-,92	,85
	M8	-,200	,282	,999	-1,08	,68
	M9	-,800	,282	,110	-1,68	,08
M5	M1	,333	,282	,960	-,55	1,22
	M2	,400	,282	,890	-,48	1,28
	M3	,133	,282	1,000	-,75	1,02
	M4	,133	,282	1,000	-,75	1,02
	M6	,233	,282	,996	-,65	1,12
	M7	,100	,282	1,000	-,78	,98
	M8	-,067	,282	1,000	-,95	,82
	M9	-,667	,282	,309	-1,55	,22
M6	M1	,100	,282	1,000	-,78	,98
	M2	,167	,282	1,000	-,72	1,05
	M3	-,100	,282	1,000	-,98	,78
	M4	-,100	,282	1,000	-,98	,78
	M5	-,233	,282	,996	-1,12	,65
	M7	-,133	,282	1,000	-1,02	,75
	M8	-,300	,282	,979	-1,18	,58
	M9	-,900*	,282	,042	-1,78	-,02
M7	M1	,233	,282	,996	-,65	1,12
	M2	,300	,282	,979	-,58	1,18
	M3	,033	,282	1,000	-,85	,92
	M4	,033	,282	1,000	-,85	,92
	M5	-,100	,282	1,000	-,98	,78
	M6	,133	,282	1,000	-,75	1,02
	M8	-,167	,282	1,000	-1,05	,72
	M9	-,767	,282	,146	-1,65	,12
M8	M1	,400	,282	,890	-,48	1,28
	M2	,467	,282	,773	-,42	1,35

	M3	,200	,282	,999	-,68	1,08
	M4	,200	,282	,999	-,68	1,08
	M5	,067	,282	1,000	-,82	,95
	M6	,300	,282	,979	-,58	1,18
	M7	,167	,282	1,000	-,72	1,05
	M9	-,600	,282	,457	-1,48	,28
M9	M1	1,000*	,282	,014	,12	1,88
	M2	1,067*	,282	,006	,18	1,95
	M3	,800	,282	,110	-,08	1,68
	M4	,800	,282	,110	-,08	1,68
	M5	,667	,282	,309	-,22	1,55
	M6	,900*	,282	,042	,02	1,78
	M7	,767	,282	,146	-,12	1,65
	M8	,600	,282	,457	-,28	1,48

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Aunque el análisis anterior (ANOVA) mostró que, en general, el color de las muestras no fue percibido como significativamente distinto, se realizó igualmente una comparación entre cada par de muestras. Sin embargo, como el ANOVA ya había indicado que no existían diferencias significativas, era poco probable que la prueba de Tukey encontrara diferencias relevantes. Tal como se esperaba, la prueba de Tukey no detectó diferencias claras entre pares de muestras, lo que refuerza la idea de que el color fue bastante similar en todas ellas, según la percepción de los panelistas.

Tabla 17:

Subconjuntos homogéneos

Color

HSD Tukey^a

Muestras	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M2	60	2,96	
M1	60	3,01	
M6	60	3,11	
M3	60	3,17	3,18
M4	60	3,18	3,18
M7	60	3,24	3,24
M5	60	3,33	3,33
M8	60	3,36	3,36
M9	60		4,02
Sig.		,654	,109

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 60,000.

Aquí se formaron grupos de muestras que, estadísticamente, comprendían colores similares. Si una muestra quedó sola en un subconjunto, esto indica que su color fue percibido como diferente respecto a las demás, como ocurrió con la M9. En cambio, cuando varias muestras se agruparon dentro del mismo grupo, estos productos fueron percibidos con colores similares por los panelistas.

Tabla 18

Muestras – Olor

ANOVA

Olor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	72,992	8	9,124	3,097	,002
Dentro de grupos	769,000	531	1,448		
Total	841,992	539			

El valor de significancia (p) del ANOVA fue 0,002, que es menor que 0,05, lo cual indica que sí hubo diferencias significativas en el olor entre las muestras. Es decir, los panelistas sí notaron que algunas muestras presentaron diferencias en el olor respecto a otras, y dichas diferencias no se deben al azar. Esto sugiere que la formulación o los ingredientes influyeron de manera perceptible en el aroma de las muestras.

Tabla 19:
Pruebas post hoc múltiples

(I) Muestras	(J) Muestras	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%		
				Sig.	Límite inferior Límite superior	
M1	M2	,033	,313	1,000	-,95	1,01
	M3	-,100	,313	1,000	-1,08	,88
	M4	-,333	,313	,979	-1,31	,65
	M5	-,267	,313	,995	-1,25	,71
	M6	-,267	,313	,995	-1,25	,71
	M7	-,400	,313	,937	-1,38	,58
	M8	-,733	,313	,322	-1,71	,25
	M9	-1,200*	,313	,005	-2,18	-,22
	M1	-,033	,313	1,000	-1,01	,95
M2	M3	-,133	,313	1,000	-1,11	,85
	M4	-,367	,313	,962	-1,35	,61
	M5	-,300	,313	,989	-1,28	,68
	M6	-,300	,313	,989	-1,28	,68
	M7	-,433	,313	,904	-1,41	,55
	M8	-,767	,313	,264	-1,75	,21
	M9	-1,233*	,313	,003	-2,21	-,25
	M1	,100	,313	1,000	-,88	1,08
M3	M2	,133	,313	1,000	-,85	1,11
	M4	-,233	,313	,998	-1,21	,75
	M5	-,167	,313	1,000	-1,15	,81
	M6	-,167	,313	1,000	-1,15	,81
	M7	-,300	,313	,989	-1,28	,68
	M8	-,633	,313	,530	-1,61	,35
	M9	-1,100*	,313	,015	-2,08	-,12
	M1	,333	,313	,979	-,65	1,31
M4	M2	,367	,313	,962	-,61	1,35
	M3	,233	,313	,998	-,75	1,21
	M5	,067	,313	1,000	-,91	1,05
	M6	,067	,313	1,000	-,91	1,05
	M7	-,067	,313	1,000	-1,05	,91
	M8	-,400	,313	,937	-1,38	,58
	M9	-,867	,313	,131	-1,85	,11
	M1	,267	,313	,995	-,71	1,25
M5	M2	,300	,313	,989	-,68	1,28
	M3	,167	,313	1,000	-,81	1,15

Comparaciones

	M4	-,067	,313	1,000-1,05	,91
	M6	,000	,313	1,000-,98	,98
	M7	-,133	,313	1,000-1,11	,85
	M8	-,467	,313	,860 -1,45	,51
	M9	-,933	,313	,076 -1,91	,05
	M1	,267	,313	,995 -,71	1,25
	M2	,300	,313	,989 -,68	1,28
	M3	,167	,313	1,000-,81	1,15
M6	M4	-,067	,313	1,000-1,05	,91
	M5	,000	,313	1,000-,98	,98
	M7	-,133	,313	1,000-1,11	,85
	M8	-,467	,313	,860 -1,45	,51
	M9	-,933	,313	,076 -1,91	,05
	M1	,400	,313	,937 -,58	1,38
	M2	,433	,313	,904 -,55	1,41
	M3	,300	,313	,989 -,68	1,28
M7	M4	,067	,313	1,000-,91	1,05
	M5	,133	,313	1,000-,85	1,11
	M6	,133	,313	1,000-,85	1,11
	M8	-,333	,313	,979 -1,31	,65
	M9	-,800	,313	,212 -1,78	,18
	M1	,733	,313	,322 -,25	1,71
	M2	,767	,313	,264 -,21	1,75
	M3	,633	,313	,530 -,35	1,61
M8	M4	,400	,313	,937 -,58	1,38
	M5	,467	,313	,860 -,51	1,45
	M6	,467	,313	,860 -,51	1,45
	M7	,333	,313	,979 -,65	1,31
	M9	-,467	,313	,860 -1,45	,51
M9	M1	1,200*	,313	,005 ,22	2,18
	M2	1,233*	,313	,003 ,25	2,21
	M3	1,100*	,313	,015 ,12	2,08
	M4	,867	,313	,131 -,11	1,85
	M5	,933	,313	,076 -,05	1,91
	M6	,933	,313	,076 -,05	1,91
	M7	,800	,313	,212 -,18	1,78
	M8	,467	,313	,860 -,51	1,45

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

La prueba de Tukey permitió identificar con mayor precisión qué combinaciones de muestras fueron percibidas con olores significativamente distintos. Al incrementarse el tamaño muestral, se redujo el error estándar, lo que permitió evidenciar con mayor claridad las diferencias entre algunas formulaciones. En particular, la muestra M9 presentó diferencias significativas en el olor frente a varias de las demás muestras, lo que indica que su aroma fue percibido de manera

distinta por los panelistas. En contraste, otras muestras no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí, lo que sugiere que mantuvieron perfiles de olor similares. Gracias a esta prueba, se pudo identificar con mayor detalle cuáles muestras destacaron por su aroma y cuáles se mantuvieron sensorialmente semejantes.

Tabla 20:
Subconjuntos homogéneos

Olor		Subconjunto para alfa = 0.05	
HSD Tukey ^a			
Muestras	N	1	2
M2	60	2,65	
M1	60	2,68	
M3	60	2,78	
M5	60	2,88	2,88
M6	60	2,91	2,91
M4	60	2,98	2,98
M7	60	3,05	3,05
M8	60	3,37	3,37
M9	60		3,83
Sig.		,198	,076

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 60,000.

Aquí se formaron grupos de muestras que, estadísticamente olían parecido. Si una muestra quedó sola en un subconjunto, eso quiere decir que su olor fue muy diferente a los demás, hablamos de la M9. En cambio, si varias cayeron dentro del mismo grupo, entonces esos productos fueron percibidos con aromas similares.

Tabla 21:
Muestras – Sabor

ANOVA					
Sabor					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	111,600	8	13,950	4,651	,000
Dentro de grupos	782,800	531	1,474		
Total	894,400	539			

El valor de significancia (p) del ANOVA fue 0.000, que es menor que 0.05, lo cual indica que sí hubo diferencias significativas en el sabor entre las muestras. Es decir, los encuestados sí notaron que algunas muestras presentaban sabores diferentes a otras, y esas diferencias no se deben al azar. Esto sugiere que la formulación o los ingredientes afectaron el aroma de manera perceptible.

Tabla 22:

Pruebas post hoc - Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Sabor

HSD Tukey

(I) Muestras	(J) Muestras	Diferencia de			Intervalo de confianza al 95%	
		medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior
M1	M2	,400	,316	,940	-,59	1,39
	M3	,467	,316	,866	-,52	1,46
	M4	,167	,316	1,000	-,82	1,16
	M5	-,333	,316	,980	-1,32	,66
	M6	,033	,316	1,000	-,96	1,02
	M7	-,067	,316	1,000	-1,06	,92
	M8	-,467	,316	,866	-1,46	,52
	M9	-1,100*	,316	,017	-2,09	-,11
	M1	-,400	,316	,940	-1,39	,59
M2	M3	,067	,316	1,000	-,92	1,06
	M4	-,233	,316	,998	-1,22	,76
	M5	-,733	,316	,334	-1,72	,26
	M6	-,367	,316	,964	-1,36	,62
	M7	-,467	,316	,866	-1,46	,52
	M8	-,867	,316	,139	-1,86	,12
	M9	-1,500*	,316	,000	-2,49	-,51
	M1	-,467	,316	,866	-1,46	,52
	M2	-,067	,316	1,000	-1,06	,92
M3	M4	-,300	,316	,990	-1,29	,69
	M5	-,800	,316	,223	-1,79	,19
	M6	-,433	,316	,908	-1,42	,56
	M7	-,533	,316	,754	-1,52	,46
	M8	-,933	,316	,082	-1,92	,06
	M9	-1,567*	,316	,000	-2,56	-,58
	M1	-,167	,316	1,000	-1,16	,82
	M2	,233	,316	,998	-,76	1,22
	M3	,300	,316	,990	-,69	1,29
M4	M5	-,500	,316	,814	-1,49	,49
	M6	-,133	,316	1,000	-1,12	,86
	M7	-,233	,316	,998	-1,22	,76
	M8	-,633	,316	,543	-1,62	,36
	M9	-1,267*	,316	,003	-2,26	-,28
	M1	,333	,316	,980	-,66	1,32
	M2	,733	,316	,334	-,26	1,72
	M3	,800	,316	,223	-,19	1,79

	M4	,500	,316	,814	-,49	1,49
	M6	,367	,316	,964	-,62	1,36
	M7	,267	,316	,995	-,72	1,26
	M8	-,133	,316	1,000	-1,12	,86
	M9	-,767	,316	,275	-1,76	,22
M6	M1	-,033	,316	1,000	-1,02	,96
	M2	,367	,316	,964	-,62	1,36
	M3	,433	,316	,908	-,56	1,42
	M4	,133	,316	1,000	-,86	1,12
	M5	-,367	,316	,964	-1,36	,62
	M7	-,100	,316	1,000	-1,09	,89
	M8	-,500	,316	,814	-1,49	,49
	M9	-1,133*	,316	,012	-2,12	-,14
M7	M1	,067	,316	1,000	-,92	1,06
	M2	,467	,316	,866	-,52	1,46
	M3	,533	,316	,754	-,46	1,52
	M4	,233	,316	,998	-,76	1,22
	M5	-,267	,316	,995	-1,26	,72
	M6	,100	,316	1,000	-,89	1,09
	M8	-,400	,316	,940	-1,39	,59
	M9	-1,033*	,316	,033	-2,02	-,04
M8	M1	,467	,316	,866	-,52	1,46
	M2	,867	,316	,139	-,12	1,86
	M3	,933	,316	,082	-,06	1,92
	M4	,633	,316	,543	-,36	1,62
	M5	,133	,316	1,000	-,86	1,12
	M6	,500	,316	,814	-,49	1,49
	M7	,400	,316	,940	-,59	1,39
	M9	-,633	,316	,543	-1,62	,36
M9	M1	1,100*	,316	,017	,11	2,09
	M2	1,500*	,316	,000	,51	2,49
	M3	1,567*	,316	,000	,58	2,56
	M4	1,267*	,316	,003	,28	2,26
	M5	,767	,316	,275	-,22	1,76
	M6	1,133*	,316	,012	,14	2,12
	M7	1,033*	,316	,033	,04	2,02
	M8	,633	,316	,543	-,36	1,62

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

La prueba de Tukey permitió identificar qué combinaciones de muestras se percibieron con olores distintos. Por ejemplo, si la muestra A fue significativamente diferente a la B, pero no a la C, eso se refleja claramente aquí. Gracias a esta prueba, se pudo ver con más detalle cuáles muestras destacaban más por su aroma (ya sea mejor o peor percibido) y cuáles se mantenían similares.

Tabla 23 :
Subconjuntos homogéneos

Sabor

HSD Tukey^a

Muestras	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M3	60	2,60	
M2	60	2,66	
M4	60	2,90	
M6	60	3,02	
M1	60	3,05	
M7	60	3,12	
M5	60	3,35	3,35
M8	60	3,48	3,48
M9	60		4,16
Sig.		,061	,255

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 60,000.

Aquí se formaron grupos de muestras que, estadísticamente comprendían un sabor parecido. Si una muestra quedó sola en un subconjunto, eso quiere decir que su sabor fue muy diferente a los demás hablamos de la M9.

Tabla 24:
Muestras – Textura

ANOVA

Textura

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	37,570	8	4,696	1,578	,131
Dentro de grupos	776,800	261	1,463		
Total	814,370	539			

El valor de significancia (p) del ANOVA fue 0.131, que es mayor que 0.05, lo cual indica que no hubo diferencias significativas en la textura entre las muestras. Es decir, los encuestados no notaron que algunas muestras presentaban texturas diferente a otras.

Tabla 25 :
Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Textura

HSD Tukey

(I) Muestras	(J) Muestras	Diferencia de			Intervalo de confianza al 95%	
		medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior
M1	M2	,200	,315	,999	-,79	1,19
	M3	,067	,315	1,000	-,92	1,05
	M4	,033	,315	1,000	-,95	1,02
	M5	-,033	,315	1,000	-1,02	,95
	M6	-,100	,315	1,000	-1,09	,89
	M7	-,033	,315	1,000	-1,02	,95
	M8	-,367	,315	,963	-1,35	,62
	M9	-,733	,315	,329	-1,72	,25
	M2	M1	-,200	,315	,999	-1,19
M3		-,133	,315	1,000	-1,12	,85
M4		-,167	,315	1,000	-1,15	,82
M5		-,233	,315	,998	-1,22	,75
M6		-,300	,315	,990	-1,29	,69
M7		-,233	,315	,998	-1,22	,75
M8		-,567	,315	,683	-1,55	,42
M9		-,933	,315	,079	-1,92	,05
M3		M1	-,067	,315	1,000	-1,05
	M2	,133	,315	1,000	-,85	1,12
	M4	-,033	,315	1,000	-1,02	,95
	M5	-,100	,315	1,000	-1,09	,89
	M6	-,167	,315	1,000	-1,15	,82
	M7	-,100	,315	1,000	-1,09	,89
	M8	-,433	,315	,906	-1,42	,55
	M9	-,800	,315	,218	-1,79	,19
	M4	M1	-,033	,315	1,000	-1,02
M2		,167	,315	1,000	-,82	1,15
M3		,033	,315	1,000	-,95	1,02
M5		-,067	,315	1,000	-1,05	,92
M6		-,133	,315	1,000	-1,12	,85
M7		-,067	,315	1,000	-1,05	,92
M8		-,400	,315	,939	-1,39	,59
M9		-,767	,315	,270	-1,75	,22
M5		M1	,033	,315	1,000	-,95
	M2	,233	,315	,998	-,75	1,22
	M3	,100	,315	1,000	-,89	1,09
	M4	,067	,315	1,000	-,92	1,05
	M6	-,067	,315	1,000	-1,05	,92
	M7	,000	,315	1,000	-,99	,99
	M8	-,333	,315	,979	-1,32	,65

M6	M9	-,700	,315	,394	-1,69	,29
	M1	,100	,315	1,000	-,89	1,09
	M2	,300	,315	,990	-,69	1,29
	M3	,167	,315	1,000	-,82	1,15
	M4	,133	,315	1,000	-,85	1,12
	M5	,067	,315	1,000	-,92	1,05
	M7	,067	,315	1,000	-,92	1,05
	M8	-,267	,315	,995	-1,25	,72
	M9	-,633	,315	,537	-1,62	,35
M7	M1	,033	,315	1,000	-,95	1,02
	M2	,233	,315	,998	-,75	1,22
	M3	,100	,315	1,000	-,89	1,09
	M4	,067	,315	1,000	-,92	1,05
	M5	,000	,315	1,000	-,99	,99
	M6	-,067	,315	1,000	-1,05	,92
	M8	-,333	,315	,979	-1,32	,65
	M9	-,700	,315	,394	-1,69	,29
	M8	M1	,367	,315	,963	-,62
M2		,567	,315	,683	-,42	1,55
M3		,433	,315	,906	-,55	1,42
M4		,400	,315	,939	-,59	1,39
M5		,333	,315	,979	-,65	1,32
M6		,267	,315	,995	-,72	1,25
M7		,333	,315	,979	-,65	1,32
M9		-,367	,315	,963	-1,35	,62
M9		M1	,733	,315	,329	-,25
	M2	,933	,315	,079	-,05	1,92
	M3	,800	,315	,218	-,19	1,79
	M4	,767	,315	,270	-,22	1,75
	M5	,700	,315	,394	-,29	1,69
	M6	,633	,315	,537	-,35	1,62
	M7	,700	,315	,394	-,29	1,69
	M8	,367	,315	,963	-,62	1,35

La prueba de Tukey permitió identificar qué combinaciones de muestras se percibieron con olores distintos. Por ejemplo, si la muestra A fue significativamente diferente a la B, pero no a la C, eso se refleja claramente aquí. Gracias a esta prueba, se pudo ver con más detalle cuáles muestras destacaban más por su aroma (ya sea mejor o peor percibido) y cuáles se mantenían similares.

Tabla 26 :
Subconjuntos homogéneos

Textura		
HSD Tukey ^a		
Subconjunto para alfa = 0.05		
Muestras	N	1
M2	60	3,12
M3	60	3,25
M4	60	3,28
M1	60	3,33
M5	60	3,35
M7	60	3,35
M6	60	3,38
M8	60	3,68
M9	60	4,05
Sig.		,085

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 60,000.

Aquí se formaron grupos de muestras que, estadísticamente comprendían una textura parecida.

Si una muestra quedó sola en un subconjunto, eso quiere decir que su textura fue muy diferente a los demás hablamos de la M9. En cambio, si varias cayeron dentro del mismo grupo, entonces esos productos fueron percibidos con texturas similares.

Tabla 27:
Muestras – Adaptabilidad

ANOVA					
Adaptabilidad					
	Suma de	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	968,726	8	121,091	3,881	,000
Dentro de grupos	8144,466	531	15,341		
Total	9113,192	539			

El valor de significancia (p) del ANOVA fue 0.000, que es mayor que 0.05, lo cual indica que si hubo diferencias significativas en la adaptabilidad entre las muestras. Es decir, los encuestados si notaron que algunas muestras presentaban una adaptabilidad diferente a otras.

Tabla 28:
Pruebas post hoc - Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Adaptabilidad

HSD Tukey

(I) Muestras	(J) Muestras	Diferencia de medias (I-Desv. Error)		Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
M1	M2	,700	1,020	,999	-2,49	3,89
	M3	,233	1,020	1,000	-2,96	3,42
	M4	-,333	1,020	1,000	-3,52	2,86
	M5	-,967	1,020	,990	-4,16	2,22
	M6	-,433	1,020	1,000	-3,62	2,76
	M7	-,733	1,020	,998	-3,92	2,46
	M8	-1,967	1,020	,595	-5,16	1,22
	M9	-4,033*	1,020	,003	-7,22	-,84
	M2	M1	-,700	1,020	,999	-3,89
M3		-,467	1,020	1,000	-3,66	2,72
M4		-1,033	1,020	,984	-4,22	2,16
M5		-1,667	1,020	,785	-4,86	1,52
M6		-1,133	1,020	,972	-4,32	2,06
M7		-1,433	1,020	,895	-4,62	1,76
M8		-2,667	1,020	,186	-5,86	,52
M9		-4,733*	1,020	,000	-7,92	-1,54
M3		M1	-,233	1,020	1,000	-3,42
	M2	,467	1,020	1,000	-2,72	3,66
	M4	-,567	1,020	1,000	-3,76	2,62
	M5	-1,200	1,020	,961	-4,39	1,99
	M6	-,667	1,020	,999	-3,86	2,52
	M7	-,967	1,020	,990	-4,16	2,22
	M8	-2,200	1,020	,437	-5,39	,99
	M9	-4,267*	1,020	,001	-7,46	-1,08
	M4	M1	,333	1,020	1,000	-2,86
M2		1,033	1,020	,984	-2,16	4,22
M3		,567	1,020	1,000	-2,62	3,76
M5		-,633	1,020	,999	-3,82	2,56
M6		-,100	1,020	1,000	-3,29	3,09
M7		-,400	1,020	1,000	-3,59	2,79
M8		-1,633	1,020	,803	-4,82	1,56
M9		-3,700*	1,020	,010	-6,89	-,51
M5		M1	,967	1,020	,990	-2,22
	M2	1,667	1,020	,785	-1,52	4,86
	M3	1,200	1,020	,961	-1,99	4,39
	M4	,633	1,020	,999	-2,56	3,82
	M6	,533	1,020	1,000	-2,66	3,72
	M7	,233	1,020	1,000	-2,96	3,42
	M8	-1,000	1,020	,987	-4,19	2,19
	M9	-3,067	1,020	,070	-6,26	,12

M6	M1	,433	1,020	1,000	-2,76	3,62
	M2	1,133	1,020	,972	-2,06	4,32
	M3	,667	1,020	,999	-2,52	3,86
	M4	,100	1,020	1,000	-3,09	3,29
	M5	-,533	1,020	1,000	-3,72	2,66
	M7	-,300	1,020	1,000	-3,49	2,89
	M8	-1,533	1,020	,853	-4,72	1,66
	M9	-3,600*	1,020	,014	-6,79	-,41
	M7	M1	,733	1,020	,998	-2,46
M2		1,433	1,020	,895	-1,76	4,62
M3		,967	1,020	,990	-2,22	4,16
M4		,400	1,020	1,000	-2,79	3,59
M5		-,233	1,020	1,000	-3,42	2,96
M6		,300	1,020	1,000	-2,89	3,49
M8		-1,233	1,020	,954	-4,42	1,96
M9		-3,300*	1,020	,036	-6,49	-,11
M8		M1	1,967	1,020	,595	-1,22
	M2	2,667	1,020	,186	-,52	5,86
	M3	2,200	1,020	,437	-,99	5,39
	M4	1,633	1,020	,803	-1,56	4,82
	M5	1,000	1,020	,987	-2,19	4,19
	M6	1,533	1,020	,853	-1,66	4,72
	M7	1,233	1,020	,954	-1,96	4,42
	M9	-2,067	1,020	,526	-5,26	1,12
	M9	M1	4,033*	1,020	,003	,84
M2		4,733*	1,020	,000	1,54	7,92
M3		4,267*	1,020	,001	1,08	7,46
M4		3,700*	1,020	,010	,51	6,89
M5		3,067	1,020	,070	-,12	6,26
M6		3,600*	1,020	,014	,41	6,79
M7		3,300*	1,020	,036	,11	6,49
M8		2,067	1,020	,526	-1,12	5,26

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

La prueba de Tukey permitió identificar qué combinaciones de muestras se percibieron con olores distintos. Por ejemplo, si la muestra A fue significativamente diferente a la B, pero no a la C, eso se refleja claramente aquí. Gracias a esta prueba, se pudo ver con más detalle cuáles muestras destacaban más por su aroma (ya sea mejor o peor percibido) y cuáles se mantenían similares.

Tabla 29:

Subconjuntos homogéneos - Adaptabilidad

HSD Tukey^a

Muestras	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
M2	60	11,35	
M3	60	11,78	
M1	60	12,02	

M4	60	12,02	
M6	60	12,35	
M7	60	12,35	
M5	60	12,48	12,48
M8	60	12,75	12,75
M9	60		16,05
Sig.		,141	,070

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 60,000.

Aquí se formaron grupos de muestras que, estadísticamente comprendían una adaptabilidad parecida. Si una muestra quedó sola en un subconjunto, eso quiere decir que su adaptabilidad fue muy diferente a los demás hablamos de la M9. En cambio, si varias cayeron dentro del mismo grupo, entonces esos productos fueron percibidos con texturas similares.

Tabla 30 :

Imágenes y graficas: Interpretaciones

Muestras - Adaptabilidad

```

Muestras
M9    15.850000
M8    13.900000
M5    12.975000
M7    12.750000
M6    12.480000
M4    12.350000
M1    12.020000
M3    11.780000
M2    11.350000
Name: Adaptabilidad, dtype: float64

```

Podemos ver que la muestra M9 es la que destaca claramente, pues obtuvo el valor más alto en adaptabilidad, esto quiere decir que fue la más aceptada, la que encajó mejor con lo que la mayoría esperaba. Le siguen de cerca la M8 y M5, que también obtuvieron buenos puntajes. Las demás, como la M2 o M3, se quedaron un poco más abajo, indicando que tal vez no conectaron tanto con el gusto general.

Tabla 31:

Muestras- proteínas

Muestras	Proteínas	
8	M9	8.91
7	M8	7.49
6	M7	5.46
5	M6	4.82
3	M4	4.46
4	M5	4.24
2	M3	3.62
1	M2	3.15
0	M1	1.74

La muestra M9 vuelve a resaltar, siendo la que contiene más cantidad de proteínas. Esto le da un punto extra si lo que se busca es valor nutricional. También la M8 y M7 tienen una cantidad decente, aunque por debajo de M9. Las muestras M1, M2 y M3 están más abajo en la lista, lo que significa que tienen menos aporte proteico.

Tabla 32:

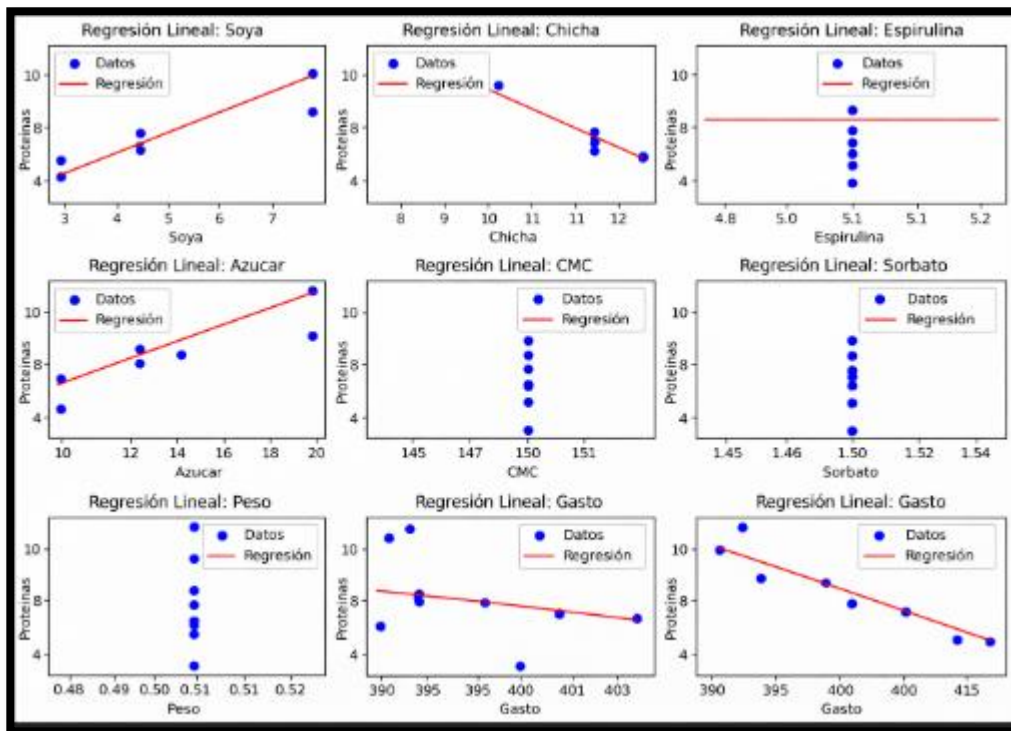
Índice de gasto

Muestras	Índice	
8	M9	1.980000
7	M8	1.920513
6	M6	1.785185
5	M4	1.784000
3	M5	1.766667
4	M7	1.761290
1	M2	1.657895
2	M3	1.645455
0	M1	1.338462

La muestra M9 es la más importante, es la que lidera el índice de gasto, lo que quiere decir que es la que más vale la pena pagar según los encuestados. También la M8 y M5 obtuvieron buenos puntajes en esta parte, lo que refuerza la idea de que fueron bien valoradas por su sabor, textura o presentación. Las más bajas, como M2 y M3, se percibieron con menos valor, y la gente probablemente no estaría tan dispuesta a comprarlas.

Tabla 33:

Regresión de componentes

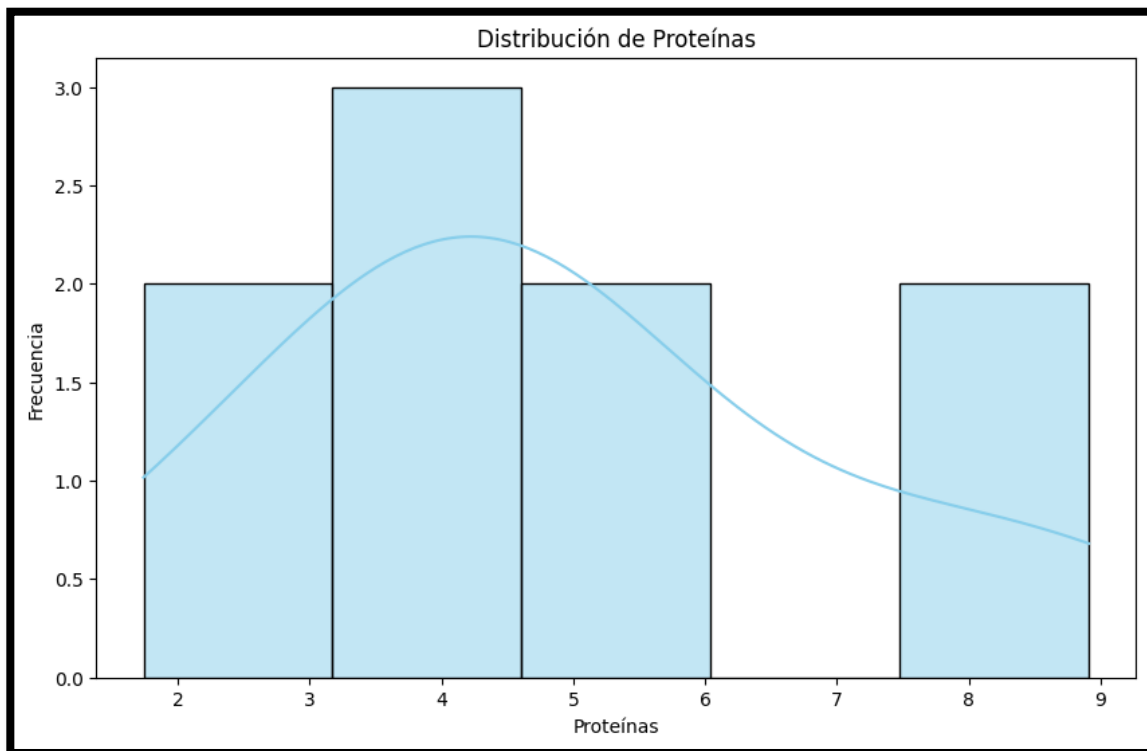


- Soya: Se observa una relación positiva clara entre la cantidad de soya y el contenido de proteínas. A medida que aumenta la soya en la formulación, también se incrementa el nivel de proteínas. La pendiente ascendente de la recta confirma que la soya es un aporte directo y relevante de proteína, lo cual es coherente con su composición nutricional y con el objetivo de enriquecer proteicamente la bebida.
- Chicha: Presenta una relación negativa con el contenido de proteínas, evidenciada por una pendiente descendente. Esto sugiere que, a mayor proporción de chicha en la formulación, el nivel de proteínas tiende a disminuir. Esto no implica que la chicha reduzca proteínas, sino que probablemente esté sustituyendo ingredientes con mayor aporte proteico, diluyendo así el contenido total de proteína.
- Espirulina: Los datos se concentran en un mismo valor de espirulina, formando una línea vertical. Debido a la ausencia de variación en este ingrediente, no es posible

establecer una relación estadística entre la espirulina y el contenido de proteínas. Por lo tanto, no se puede concluir si su presencia influye o no en el nivel proteico dentro de este conjunto de muestras.

- **Azúcar:** Se aprecia una tendencia levemente positiva, aunque débil. La pendiente ascendente indica que, en algunas formulaciones, mayores cantidades de azúcar coinciden con valores ligeramente superiores de proteínas; sin embargo, esta relación no es fuerte ni determinante. Esto es esperable, ya que el azúcar no es un ingrediente proteico, y su efecto sobre las proteínas es indirecto o marginal.
- **CMC y Sorbato:** En ambos casos, los puntos se encuentran concentrados en un único valor, lo que impide analizar una relación entre estos ingredientes y el contenido de proteínas. Esto ocurre porque se utilizó la misma cantidad de CMC y sorbato en todas las muestras, por lo que no existe variabilidad suficiente para evaluar su influencia.
- **Peso:** Los valores de peso también se encuentran agrupados, sin una variación significativa entre muestras. Debido a ello, no es posible establecer una relación clara entre el peso y el contenido de proteínas en este análisis.
- **Gasto:** Se observa una ligera relación negativa entre el gasto y el contenido de proteínas. Esto sugiere que, a mayor gasto percibido, podría existir una leve tendencia a un menor contenido proteico. No obstante, esta relación es débil y no concluyente, lo que indica que el gasto del consumidor podría estar influenciado por otros factores, como sabor, aceptabilidad o percepción general del producto, más allá del nivel de proteínas.

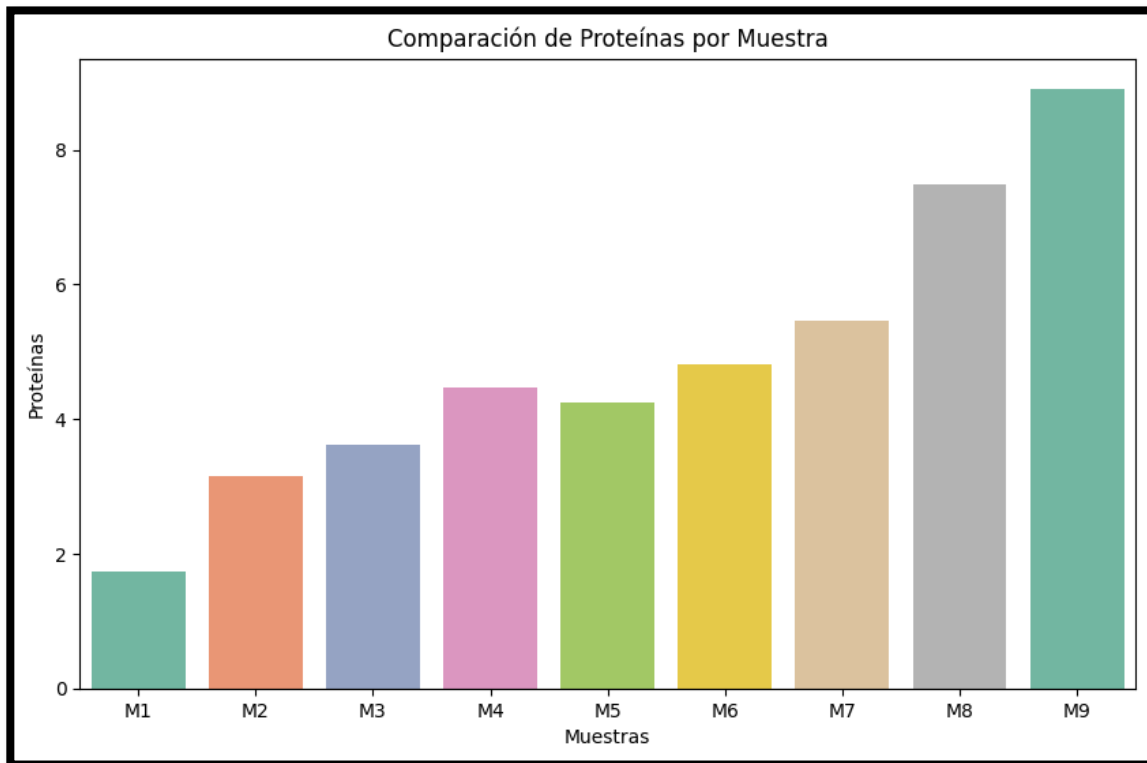
Tabla 34:
Distribución de proteínas



Esta gráfica muestra cómo están repartidos los niveles de proteína entre todas las muestras, es decir, nos da una idea de qué tan frecuente es que una muestra tenga cierta cantidad de proteína, podemos observar que la curva, donde la mayoría de las muestras se agrupan en valores intermedios, pero algunas se van a los extremos. Lo más importante aquí es notar cuál muestra tiene el valor más alto de proteínas, y en este caso, la muestra M9 es la que lidera. Se posiciona al extremo derecho del gráfico, representando el nivel más alto de proteínas entre todas las muestras, en cambio, hay otras muestras que se concentran más hacia el centro o incluso hacia el lado izquierdo (como M1 o M2), lo que indica que tienen niveles más bajos de proteína.

Tabla 35

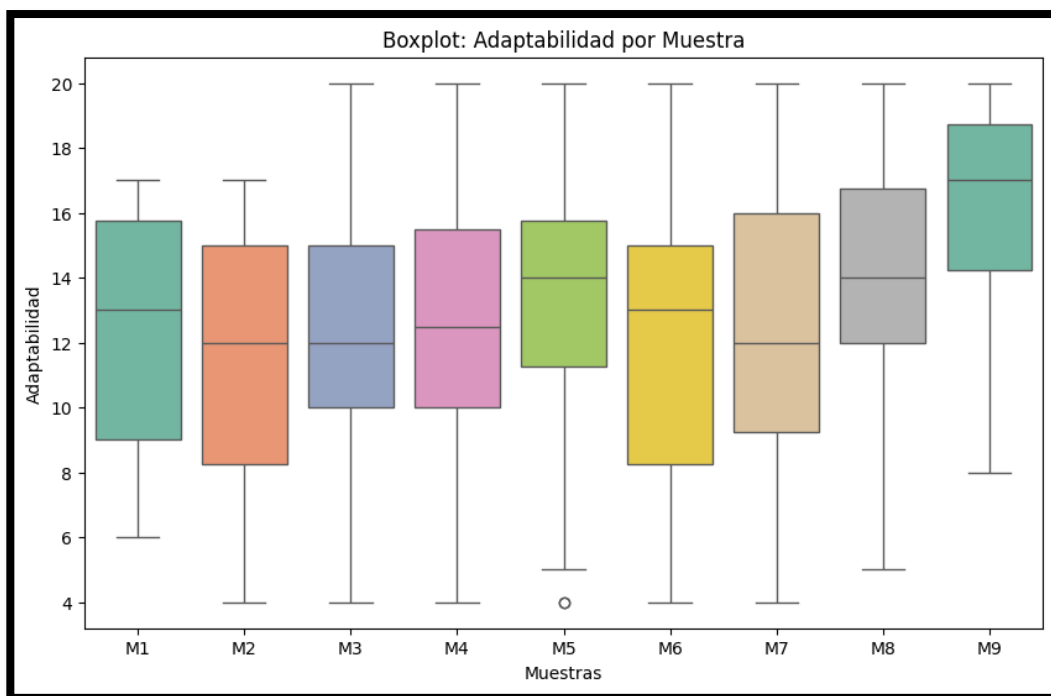
Gráfico de proteínas % - muestra



Este gráfico compara directamente el contenido de proteínas en cada una de las muestras, mientras más alta la barra, más proteínas tiene la muestra, la muestra M9 es la que sobresale claramente, con la barra más alta de todas. Le siguen la M8 y M7, que también tienen buen contenido proteico, aunque no tanto como M9. Las que tienen menor cantidad son M1 y M2, que se quedan bastante abajo.

Tabla 36:

Adaptabilidad-muestra

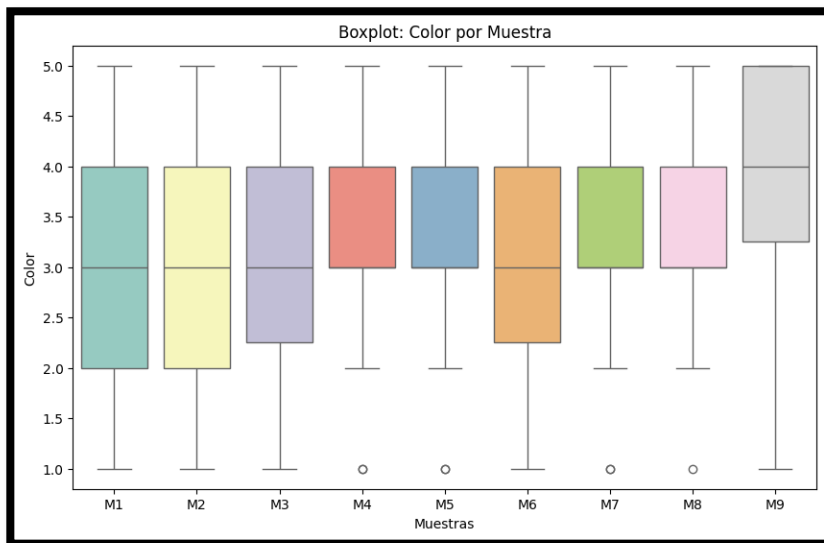


Aquí se nos muestra cómo fue percibida cada muestra en cuanto a su adaptabilidad, es decir, qué tan fácil o agradable fue de aceptar por parte los encuestados, la muestra M9 predomina entre todas las muestras, seguida de cerca por M8 y M5. Esto indica que M9 no solo es la más nutritiva, sino también la más aceptada.

Gráfico de color-muestra

Tabla 37:

Boxplot: Color por muestra

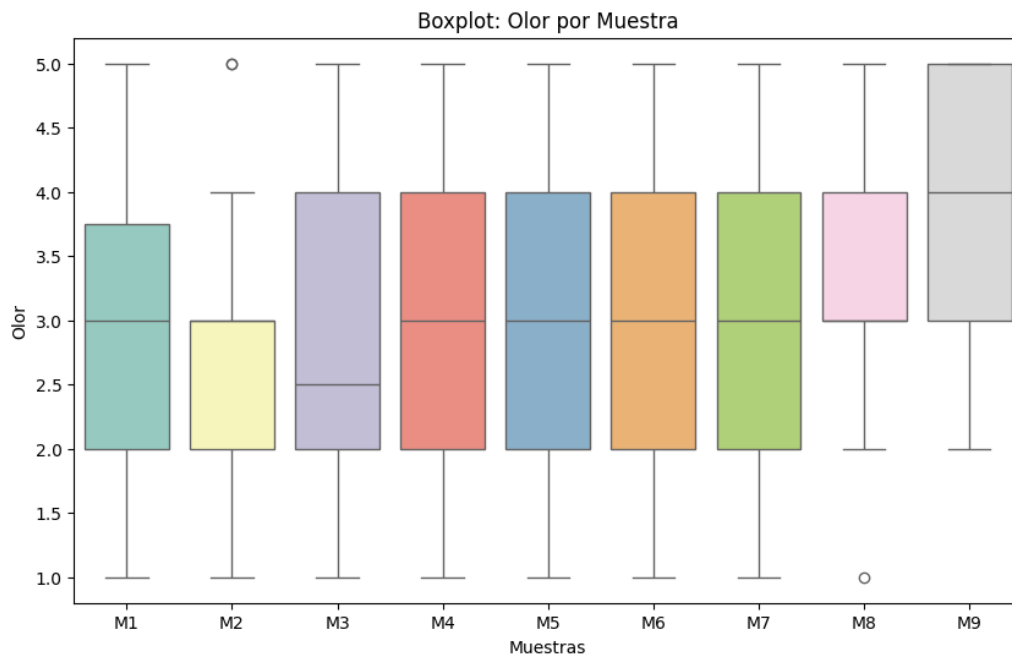


Este gráfico muestra cómo evaluaron los encuestados el color de cada muestra. Aunque aquí las diferencias son un poco menos relevantes, la M9 también tiene el puntaje más alto, lo que quiere decir que visualmente fue la más atractiva. Las demás, como M2 y M1, quedaron con puntuaciones más bajas, lo que sugiere que su color no fue tan agradable a la vista.

Gráfico de olor-muestra

Tabla 38:

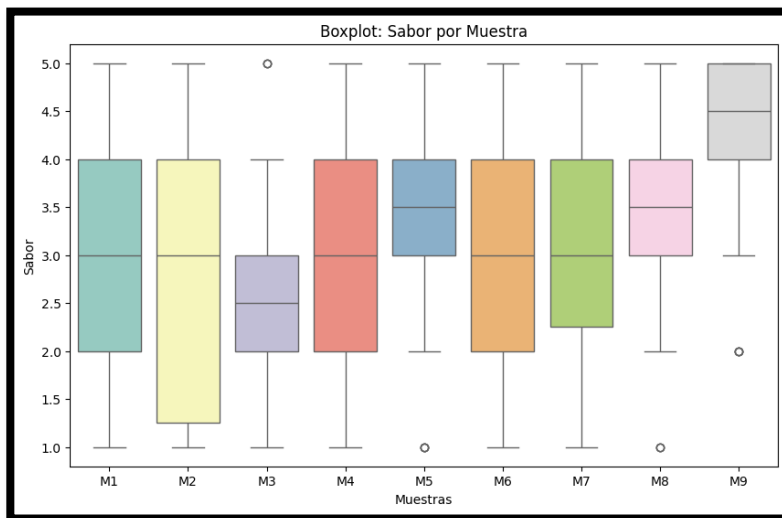
Boxplot: Olor por muestra



Esta gráfica nos muestra qué tan agradable fue el aroma de cada muestra. Aquí también sobresale claramente la muestra M9, que obtuvo el puntaje más alto. Esto significa que fue la que mejor olió para los panelistas. Le siguen la M8 y M7, mientras que M1 y M2 se ubicaron en la parte más baja de la escala.

Tabla 39 :

Gráfico de sabor-muestra

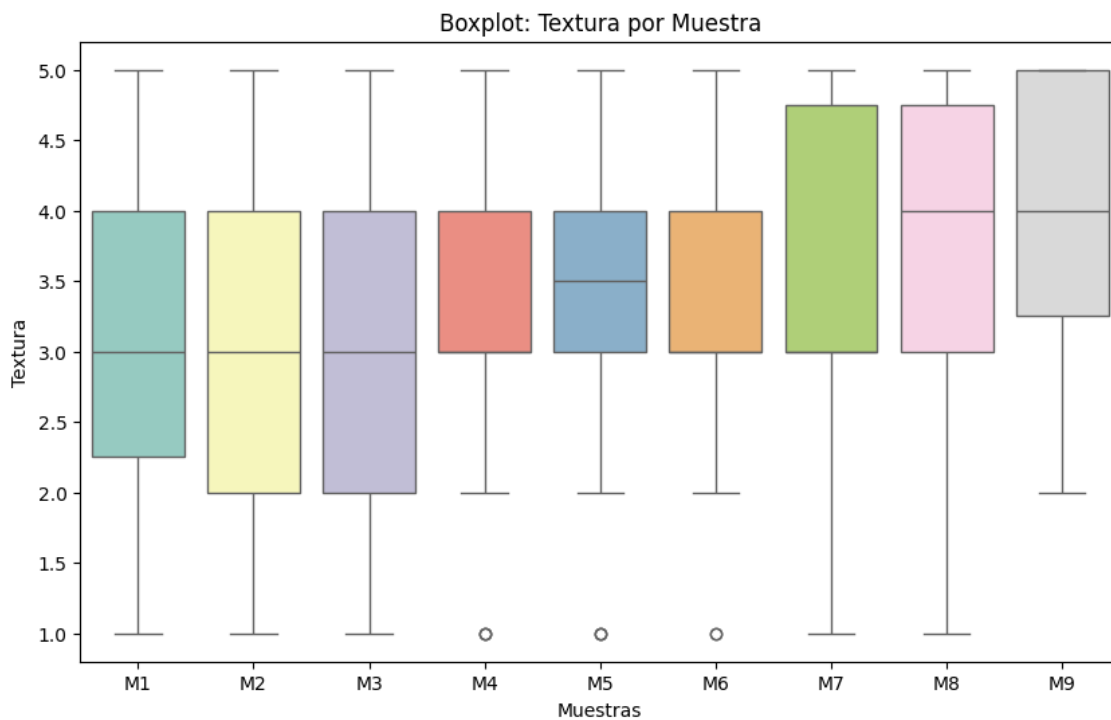


La muestra M9 es la predominante, esto se debe a que fue la mejor evaluada en cuanto al gusto, lo cual es clave, ya que es uno de los aspectos más importantes para que un producto tenga éxito. También destacan M8 y M5, mientras que M3 y M2 obtuvieron los puntajes más bajos.

Gráfico de textura-muestra

Tabla 40:

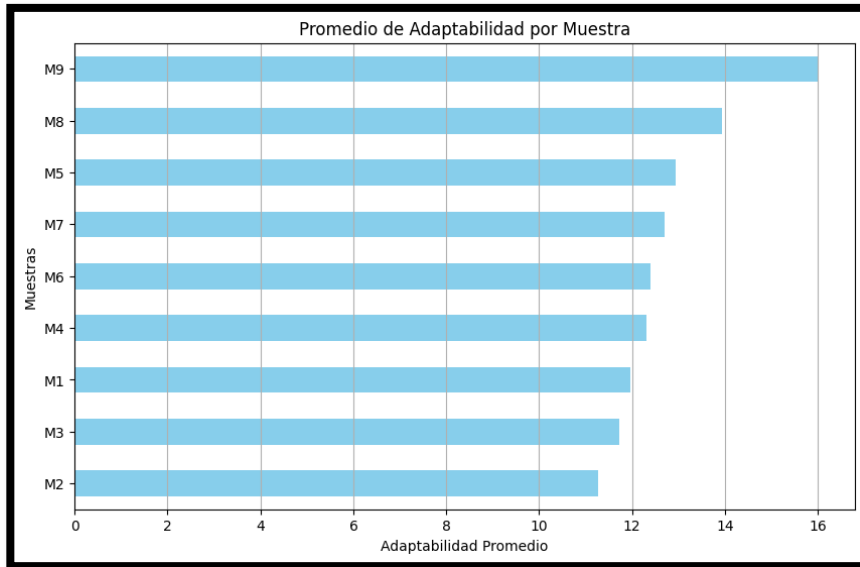
Boxplot: Textura por muestra



Esta gráfica se enfoca en cómo se sintió la textura al consumir cada muestra. Aunque en este aspecto hay menos diferencia entre las muestras, M9 vuelve a estar en el tope, indicando que también fue percibida como la de mejor textura. Otras como M8 y M6 también se comportaron bien, pero sin superar a M9.

Tabla 41:

Gráfico de promedio adaptabilidad-muestra

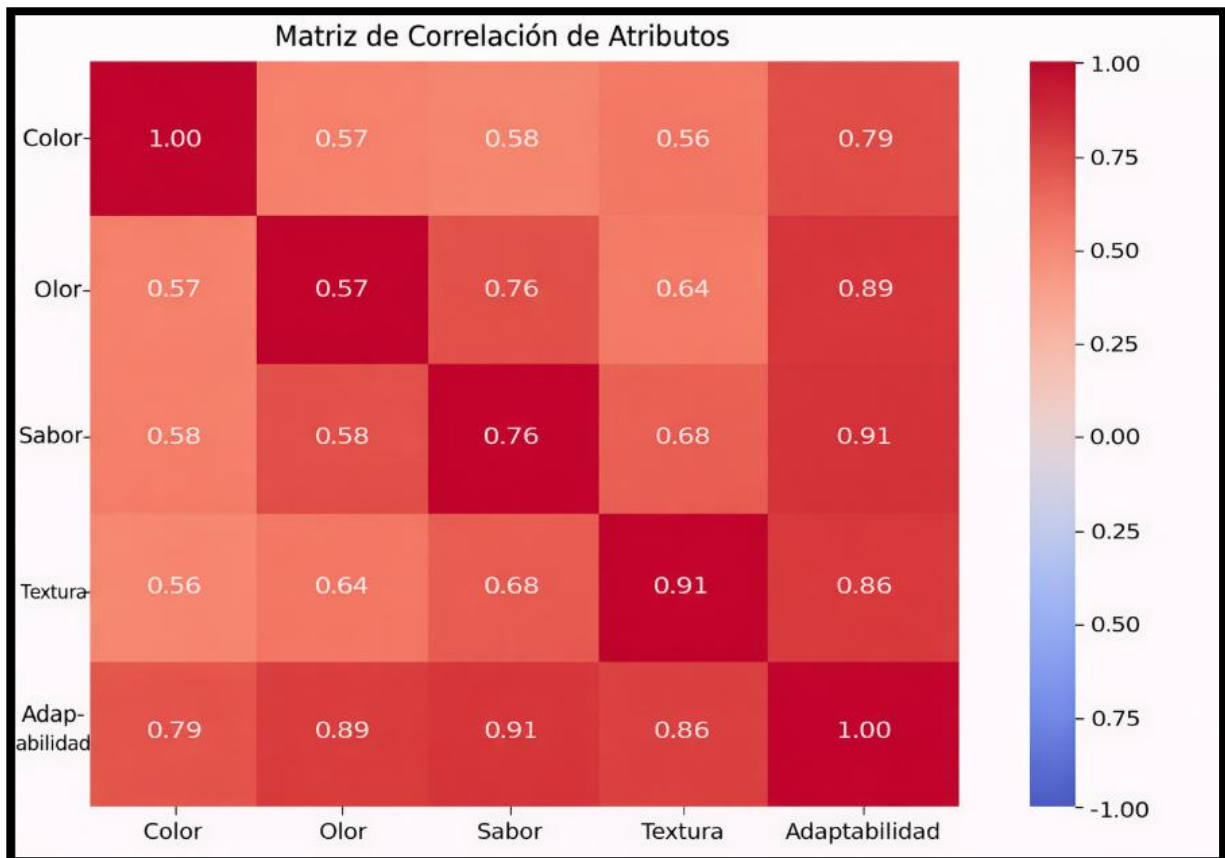


Este último gráfico muestra un resumen general de la adaptabilidad, promediando todo lo evaluado por los encuestados, tal como ya se veía apreciando en los otros gráficos, la M9 es nuevamente la que predomina. Es la que tiene el promedio más alto, lo que reafirma que es la más equilibrada, tanto en valor nutricional como en preferencia sensorial.

Matriz de correlación

Tabla 42:

Matriz de correlación de atributos



Esta matriz nos muestra qué tan relacionadas están entre sí variables como color, olor, sabor, textura, adaptabilidad y proteínas. Los valores de correlación van de -1 a 1 , donde:

Un valor cercano a 1 indica una relación fuerte y positiva (si una variable aumenta, la otra también).

Un valor cercano a -1 indica una relación negativa.

Un valor cercano a 0 indica poca o ninguna relación.

Al trabajar con 60 muestras, las correlaciones observadas son más estables y confiables, ya que se reduce el efecto del azar.

Lo que se observa en la matriz

Relaciones fuertes (alta correlación)

Sabor y adaptabilidad ($\approx 0,91$): Es la relación más fuerte observada. Esto confirma que el sabor es el

factor más determinante en la aceptación del producto. Si una muestra sabe bien, es mucho más probable que sea considerada adaptable o aceptable por el público.

Olor y adaptabilidad ($\approx 0,89$): Una buena percepción del olor está fuertemente asociada con una mayor adaptabilidad. Esto es lógico, ya que el aroma es una de las primeras sensaciones que influyen en la aceptación del producto.

Textura y adaptabilidad ($\approx 0,86$): La textura también muestra una relación fuerte con la adaptabilidad. Una sensación agradable al beber o consumir el producto mejora significativamente la percepción global.

Olor y sabor ($\approx 0,76$): Existe una alta relación entre ambos atributos, lo que refuerza la idea de que el olor influye directamente en cómo se percibe el sabor, debido a la estrecha conexión entre el olfato y el gusto.

Relaciones moderadas

Color con los demás atributos ($\approx 0,56 - 0,58$): El color presenta una correlación positiva moderada con olor, sabor y textura. Esto indica que, aunque el color contribuye a la percepción general, no es el principal factor de aceptación, sino más bien un elemento complementario.

Color y adaptabilidad ($\approx 0,79$): Esta relación es más alta que con otros atributos, lo que sugiere que un color atractivo puede influir en la aceptación inicial del producto, aunque no sustituye a una buena experiencia sensorial.

Relación con proteínas

Proteínas y adaptabilidad (baja a moderada): La relación entre el contenido proteico y la adaptabilidad es más baja en comparación con los atributos sensoriales. Esto indica que, aunque el aporte nutricional es importante, no es el principal criterio de aceptación para los evaluadores.

Proteínas con olor, sabor y textura: Las correlaciones son bajas, lo que refuerza la idea de que un mayor contenido proteico no garantiza una mejor experiencia sensorial.

En resumen

Las variables sensoriales, especialmente sabor, olor y textura, son las que más influyen en la adaptabilidad del producto.

El sabor es el atributo más determinante en la aceptación general.

El color aporta a la percepción inicial, pero no define por sí solo la aceptación.

El contenido de proteínas destaca principalmente por su valor nutricional, pero tiene poca relación con la aceptación sensorial.

4.2. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación evidencian que la incorporación de harina de soya y espirulina (*Arthrospira maxima* y *Arthrospira platensis*) en la formulación de bebidas a base de maíz influye de manera importante tanto en la composición nutricional como en las características sensoriales del producto final. Al trabajar con un total de 60 muestras, los resultados presentan mayor consistencia y permiten analizar con mayor confianza el comportamiento de cada formulación.

La formulación M9, caracterizada por una mayor proporción de soya y espirulina, destacó claramente al presentar el mayor contenido de proteína (8,91 %), cumpliendo de manera directa con el primer objetivo planteado en esta investigación. Este resultado era esperable, ya que la literatura científica reconoce a la espirulina como una fuente altamente concentrada de proteínas, con valores que oscilan entre 55 % y 70 %, además de aportar aminoácidos esenciales. De igual manera, la harina de soya contribuyó de forma significativa al incremento del contenido proteico, reforzando el valor nutricional de la bebida.

En relación con los análisis fisicoquímicos, se observaron diferencias claras entre las formulaciones evaluadas. El contenido de ceniza, indicador del aporte mineral, mostró valores

que variaron entre 0,31 % y 0,91 %, dependiendo de la formulación. Las muestras con mayor inclusión de espirulina presentaron porcentajes más altos de ceniza, lo cual resulta coherente, considerando que esta microalga es rica en minerales. En este sentido, la muestra M9 alcanzó el valor más alto (0,91 %), reflejando un adecuado aporte mineral. En los anexos se reporta también un valor puntual de 0,19 % de ceniza en otra muestra, lo que probablemente corresponde a una formulación con menor proporción de espirulina o soya.

Respecto al contenido de fibra, se registró un valor máximo de 0,88 % en la formulación F3, atribuible principalmente a la harina de soya, reconocida por su aporte de fibra dietaria. Por otro lado, los carbohidratos totales mostraron una ligera disminución en aquellas formulaciones con mayor incorporación de espirulina, lo cual es coherente con el desplazamiento del perfil nutricional hacia una mayor fracción proteica, sin afectar de manera drástica el equilibrio general del producto.

En cuanto a la evaluación sensorial, los resultados muestran que la apariencia (color) fue el atributo más afectado por la presencia de espirulina, debido a su color verde característico, el cual no siempre resulta familiar o atractivo para el consumidor. Sin embargo, este efecto negativo no se replicó con la misma intensidad en otros atributos sensoriales. De hecho, la formulación F3 obtuvo buenos puntajes en sabor y textura, lo que demuestra que una dosificación adecuada de ingredientes funcionales puede lograr un balance favorable entre valor nutricional y aceptabilidad.

Este comportamiento se ve reforzado por los análisis estadísticos y de correlación realizados, donde se observó que atributos como sabor, olor y textura tienen una relación directa y fuerte con la adaptabilidad, siendo el sabor el factor más influyente en la aceptación general del producto. En contraste, el contenido de proteínas, si bien es relevante desde el punto de vista nutricional, no mostró una relación directa fuerte con la aceptabilidad sensorial, lo que indica

que el consumidor prioriza la experiencia sensorial por encima del valor nutricional al momento de evaluar el producto.

Estos resultados concuerdan con estudios previos que señalan que la espirulina debe incorporarse de manera cuidadosa en productos alimentarios, ya que concentraciones elevadas pueden afectar negativamente ciertos atributos sensoriales, mientras que niveles intermedios permiten aprovechar sus beneficios nutricionales sin comprometer la aceptación del consumidor.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

5.1.1. La formulación M9, caracterizada por una mayor proporción de harina de soya y espirulina, alcanzó el mayor contenido proteico (8,91 %), lo que confirma la eficacia de estos ingredientes como fuentes proteicas para el enriquecimiento nutricional de bebidas a base de maíz.

5.1.2 Las formulaciones que incorporaron espirulina y harina de soya presentaron un incremento significativo en los contenidos de proteína, ceniza y fibra, mientras que el contenido de carbohidratos mostró una tendencia a disminuir. Este comportamiento refuerza el carácter funcional y saludable del producto, evidenciando que la adición de estos ingredientes mejora el perfil nutricional sin comprometer su estabilidad.

5.1.3. Desde el punto de vista sensorial, las formulaciones con incorporación de espirulina lograron niveles adecuados de aceptación, destacando principalmente en los atributos de sabor y textura, los cuales mostraron una fuerte relación con la adaptabilidad del producto. Si bien el color fue el atributo más sensible a la presencia de espirulina, se observó que una dosificación controlada permite mantener un balance favorable entre

valor nutricional y aceptabilidad sensorial.

5.2. RECOMENDACIONES

- 5.2.1. Se recomienda estandarizar el nivel de incorporación de espirulina en la formulación, con el fin de asegurar un equilibrio adecuado entre el valor nutricional y la aceptación sensorial en bebidas funcionales a base de maíz.
- 5.2.2. Se sugiere realizar estudios de vida útil y estabilidad fisicoquímica, poniendo especial énfasis en la conservación de los compuestos bioactivos presentes en la espirulina, así como en la estabilidad del color, sabor y textura durante el almacenamiento.
- 5.2.3. Se recomienda ampliar la caracterización nutricional del producto mediante análisis específicos de aminoácidos, minerales y compuestos antioxidantes, que permitan definir con mayor precisión su aporte funcional y nutricional.
- 5.2.4. Se considera pertinente validar el producto con paneles de consumidores más amplios y aplicar pruebas de mercado, con el objetivo de evaluar su potencial de aceptación comercial e identificar el perfil del consumidor objetivo.
- 5.2.5. Finalmente, se recomienda evaluar la viabilidad técnico-económica de la producción de la bebida a escala piloto, incorporando criterios de sostenibilidad, uso de insumos locales y su posible aplicación en programas de alimentación pública o en emprendimientos alimentarios innovadores.

ANEXOS



Imagen 1 Elaboración de CHICHA DE JORA



Imagen 2 Elaboración de Soya



Imagen 3 Elaboración de formulaciones madre



Imagen 4 Elaboración de formulaciones madre



Imagen 5 Elaboración de formulaciones madre



Imagen 6 Elaboración de formulación madre



Imagen 7 Elaboración de formulaciones madre



Imagen 8 Pesado de espirulina para F1,F4,F7



Imagen 9 Pesado de espirulina para F2, F5, F8

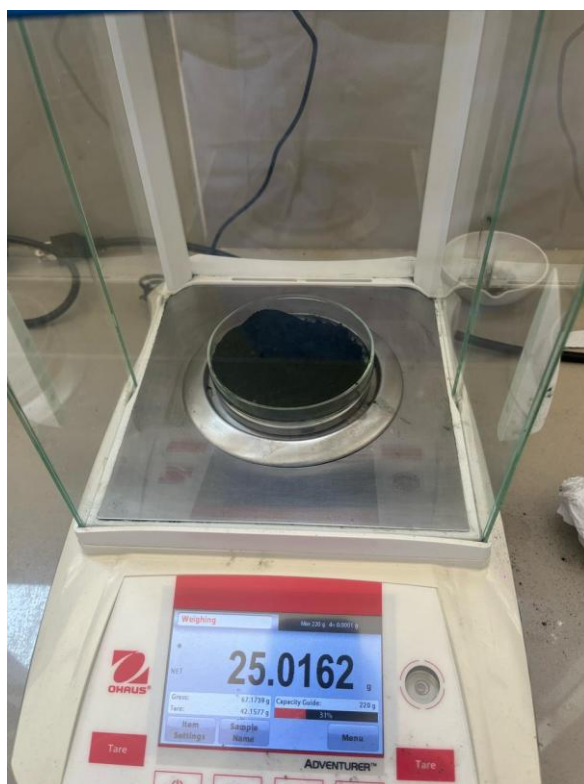


Imagen 10 Pesado de espirulina para F3, F6, F9



Imagen 11 Pesado de sorbato de potasio para todas las fórmulas

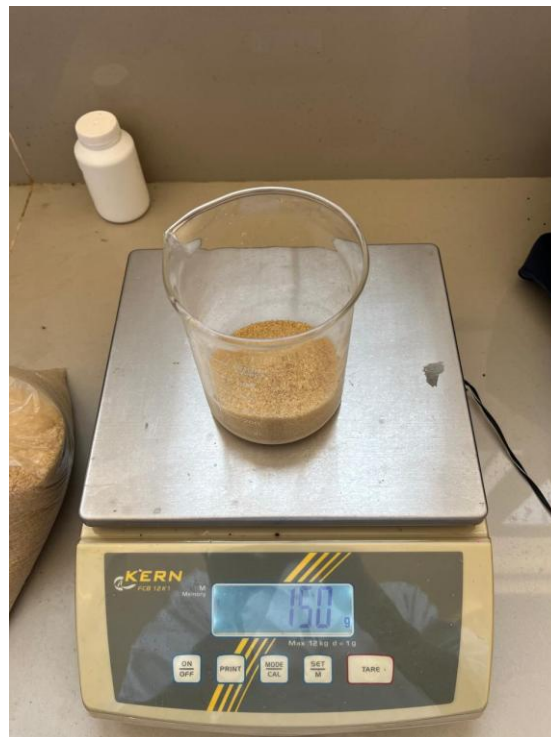


Imagen 12 Pesado de azúcar para todas las fórmulas

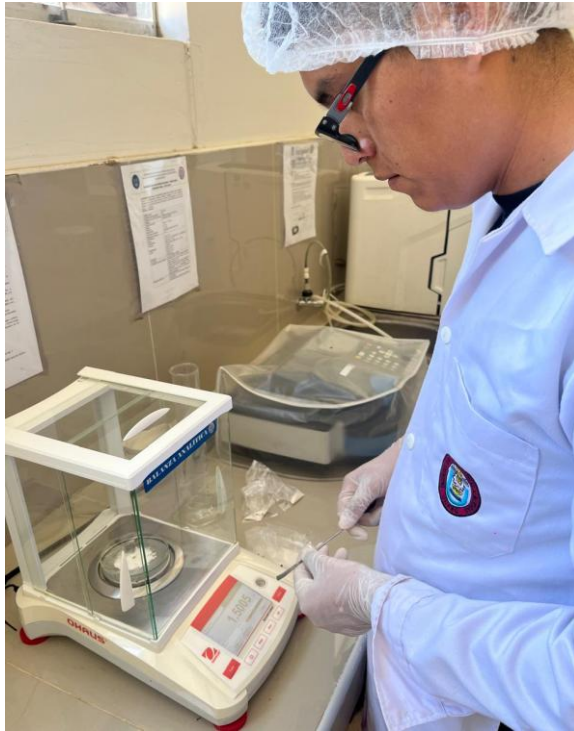


Imagen 13 Pesado de CMC para todas las formulas



Imagen 14 Adición de espirulina



Imagen 15 Adición de sorbato de potasio



Imagen 16 Adición de azúcar



Imagen 17 Preparación de CMC



Imagen 18 Solución Final



Imagen 19 Adición de formulación a licuadora industrial



Imagen 20 Adición de CMC a licuado

Imagen 21 Licuado para evitar separación de Fases



Imagen 22 Insumos y Producto terminado





Imagen 23 Muestras para análisis de método Kjeldahl



Imagen 24 Pasterización de muestras



Imagen 25 Muestras no resistentes a pasterización



Imagen 26 Separación de fases luego de pausterizar



Imagen 27 Peso de muestra para Análisis



Imagen 28 preparación de ácido bórico al 4%



Imagen 29 Toma de muestra con micro pipeta



Imagen 30 Pesado de muestra para análisis



Imagen 31 Acondicionamiento de muestras

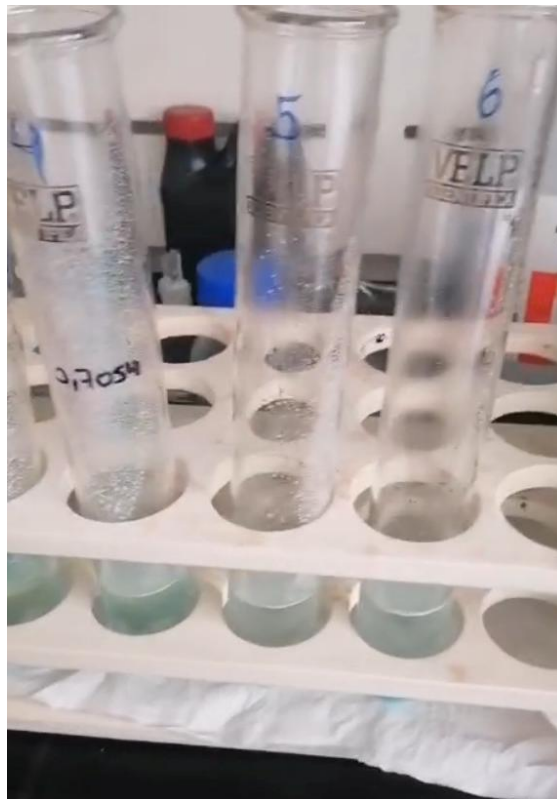


Imagen 32 Acondicionamiento de muestras



Imagen 33 Acondicionamiento de blancos



Imagen 34 Muestras luego de la digestión

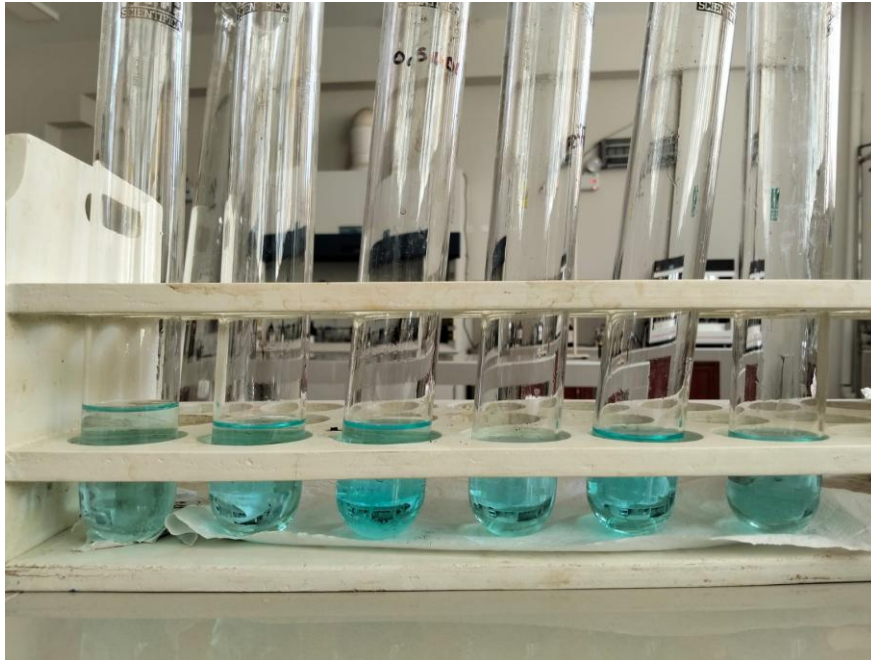


Imagen 35 Muestras luego de digestión



Imagen 36 preparación de ácido bórico más indicador de Tashiro para entrar al proceso de destilación



Imagen 37 Destilación de muestra 1



Imagen 38 Destilación de muestra 2



Imagen 39 Destilación de muestra 3



Imagen 40 Destilación de muestra 4



Imagen 41 Destilación de muestra 5



Imagen 42 Destilación de muestra 6



Imagen 43 Destilación de muestra 7



Imagen 44 Destilación de muestra 8



Imagen 45 Destilación de muestra 9



Imagen 46 Muestra 10



Imagen 47 muestras dentro de mufla



Imagen 48 Mufla prendida



Imagen 49 cenizas totales

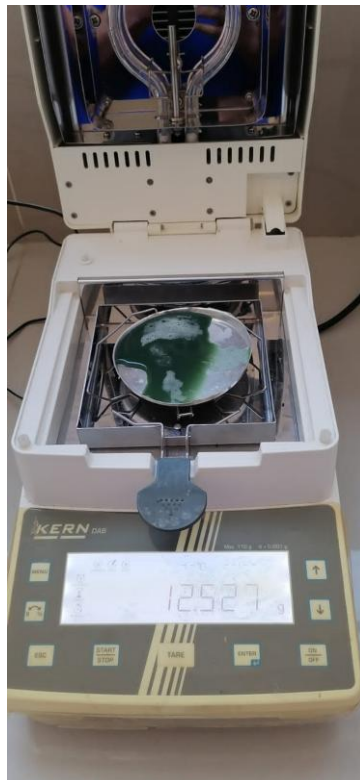


Imagen 50 determinación de humedad



Imagen 51 Pesado de muestra en balanza analítica



Imagen 52 cenizas



Imagen 53 tara de crisol



Imagen 54 peso de muestra



Imagen 55 tara de vaso

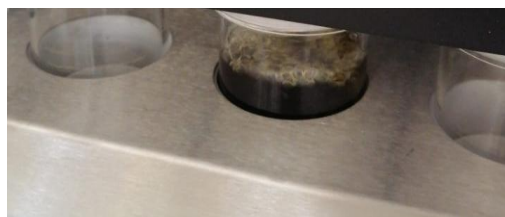


Imagen 56 Segunda xifoneada para determinación de grasas

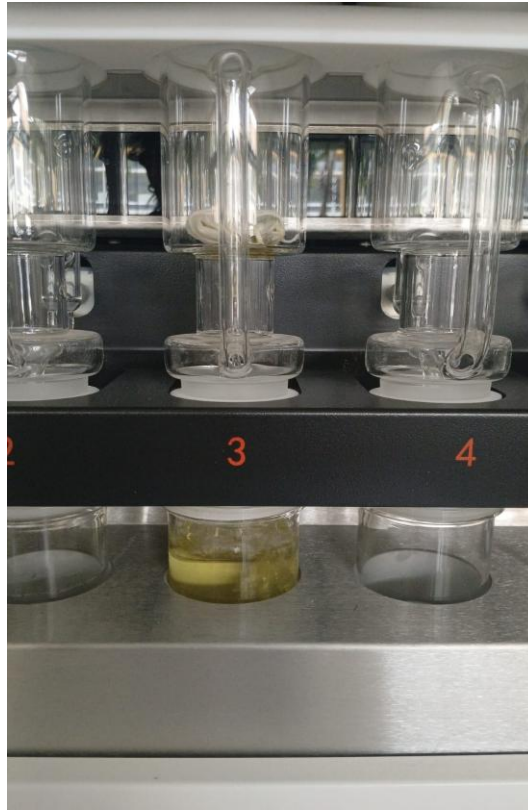


Imagen 57 octava xifoneada para determinación de grasa



Imagen 58 Proceso de encuestas de las nueve muestras



Imagen 59 58 proceso de encuestas de las nueve muestras



Imagen 60 proceso de encuestas de las nueve muestras



Imagen 61 59 proceso de encuestas de las nueve muestras



Imagen 602 proceso de encuestas de las nueve muestras



Imagen 6361 proceso de encuestas de las nueve muestras



Imagen 624 proceso de encuestas de las nueve muestras



Imagen 65 proceso de encuestas de las nueve muestras



Imagen 66 proceso de encuestas de las nueve muestras



Imagen 67 Charla de capacitación para equipo de NIR para determinación de proteínas



Imagen 638 Demostración de equipo NIR para determinación de proteínas



Imagen 69 graficas de modelado 3d de proteína presente en muestras

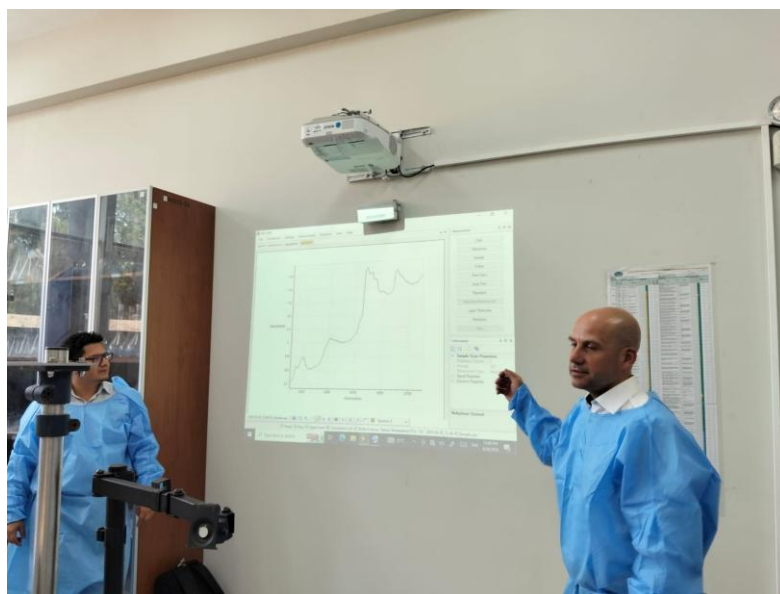


Imagen 70 grafica de absorbancia

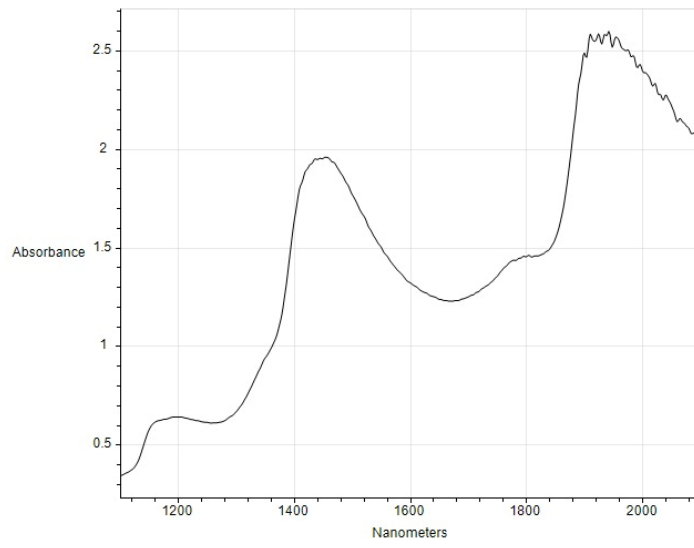


Imagen 641 Grafica de absorbancia de muestra 9 analizada por equipo NIR

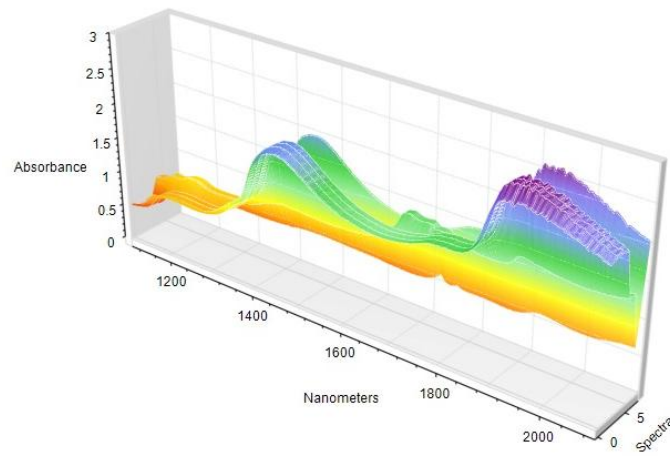


Imagen 652 modelado 3d de muestra 9 por equipo NIR

Anexo A: DATOS DE LA MUESTRA

- Número de muestras: 10
- Producto: bebida funcional a base de chicha de jora, soya y espirulina
- Procedimiento: Método Kjeldahl

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PROTEÍNAS

MUESTRA	PESO 1 (mg)	GASTO 1 (ml)	PROTEÍNAS 1 (%)
M1	403.1	1.3	1.74
M2	389.4	1.9	3.15
M3	410.5	2.2	3.62
M4	392.3	2.5	4.46
M5	392.5	2.4	4.24
M6	399.2	2.7	4.82
M7	416.3	3.1	5.46
M8	397.1	3.9	7.49
M9	392.9	4.5	8.91
M10 (PATRÓN)	700.5	2.0	1.87

Gasto de Blanco 0-5 ml

$$\% \text{PROTEÍNAS} = ((G - B) * N * 14 * F) * 100 / w(\text{mg})$$

G= gasto de muestra (ml)

B = gasto del blanco (ml)

N = normalidad del HCl

w= peso de la muestra en mg

ANÁLISIS PROXIMAL MUESTRA 9 (50% SOYA, 50% CHICHA DE JORA) Y 25 GRAMOS DE ESPIRULINA

HUMEDAD %88.51 (termobalanza)

CENIZAS 0.19 % (tara=72.81), peso muestra=20.5408; peso final= 72.8525

PROTEÍNAS 8.91 % (Kjeldahl)

FIBRA 0.23 % (peso muestra desgrasada=2.0036 g.)

GRASAS 0.13 % (tara de vaso=85.8355); peso de muestra=4.0458, peso final=84.8408

CARBOHIDRATOS 2.03 % (por diferencia) ,(100-H-C-P-F-G)

ENERGÍA (kcal)= (4*8.91)+(9*0.13)+(4*2.03)+(2*0.23)=45.39 kcal

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Algatex, B. (2021). Producción de Alga *Spirulina platensis* | Cultivo Artesanal. *Spirulina Perú*. <https://www.spirulina.com.pe/spirulina-produccion/>
- Aprilia, B. E., Fibri, D. L. N., & Rahayu, E. S. (2025). Development and characterization of high-protein flakes made from *Spirulina platensis* in instant cereal drinks enriched with probiotic milk powder. *Food Production, Processing and Nutrition*, 7(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s43014-024-00298-6>
- Barahona Guacollante, D. G., Almeida Andrade, M. I., Valencia Arias, E. J., & Pineda Naranjo, K. E. (2020). *Desarrollo de una bebida a base de espirulina, maracuyá y agua de coco* [bachelorThesis, Quito]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/8726>
- Bolaños-Quirós, F., Fallas-Rodríguez, P., Murillo-González, L., Pére, A. M., & Quirós, A. M. (2024). Desarrollo de una bebida verde con espirulina (*Arthrospira* sp.) mediante el diseño experimental de mezclas*. *Agronomía Mesoamericana*, 35. <https://www.redalyc.org/journal/437/43779346011/html/>
- Cai, J.-S., Feng, J. Y., Nib, Z.-J., Ma, R.-H., Thakur, K., Wang, S., Hu, F., Zhang, J. G., & Wei, Z.-J. (2021). An update on the nutritional, functional, sensory characteristics of soy products, and applications of new processing strategies. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 676-689. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.039>
- Delgado-Ospina, J., Puerta-Polanco, L. F., Grande-Tovar, C. D., Cuervo, R. A., Navia-Porras, D. P., Poveda-Perdomo, L. G., Fernández-Daza, F. F., & Chaves-López, C. (2022). Exploring the Core Microbiota of Four Different Traditional Fermented Beverages from the Colombian Andes. *Fermentation*, 8(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/fermentation8120733>

- Gopal, R. K., & Govindaraj, S. (2024). A Study on the Brewing of “Prot-Tea” by Blending Spirulina (*Arthrospira platensis*) With Green Tea. *Cureus*, *16*(2), e54906.
<https://doi.org/10.7759/cureus.54906>
- Mehariya, S., Goswami, R. K., Karthikeysan, O. P., & Verma, P. (2021). Microalgae for high-value products: A way towards green nutraceutical and pharmaceutical compounds. *Chemosphere*, *280*, 130553.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130553>
- MIDAGRI. (2021, agosto 6). *Cosecha, selección de semilla y almacenamiento de maíz*.
<https://www.gob.pe/institucion/inia/campa%C3%B1as/3947-cosecha-seleccion-de-semilla-y-almacenamiento-de-maiz>
- Musa, M. N., Jirgi, G. M., Zango, Z. U., Isah, M. N., Abdurrazak, M., Adamu, A. A., Wadi, I. A., Adeleke, A. A., Garba, Z. N., Bello, U., Adamu, H., Hosseini-Bandegharai, A., & Bokov, D. O. (2025). A review on techno-economic assessment of Spirulina for sustainable nutraceutical, medicinal, environmental, and bioenergy applications. *Bioresources and Bioprocessing*, *12*(1), 51. <https://doi.org/10.1186/s40643-025-00888-3>
- Olías, R., Delgado-Andrade, C., Padial, M., Marín-Manzano, M. C., & Clemente, A. (2023). An Updated Review of Soy-Derived Beverages: Nutrition, Processing, and Bioactivity. *Foods*, *12*(14), Article 14. <https://doi.org/10.3390/foods12142665>
- Oliveira, A. P. F. de, & Bragotto, A. P. A. (2022). Microalgae-based products: Food and public health. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100157>
- Optimización de parámetros del proceso de elaboración de chicha de jora | Campus*. (s. f.). Recuperado 5 de marzo de 2025, de <https://portalrevistas.aulavirtualusmp.pe/index.php/rc/article/view/1338>

- Podgórska-Kryszczuk, I. (2024). Spirulina—An Invaluable Source of Macro- and Micronutrients with Broad Biological Activity and Application Potential. *Molecules*, 29(22), 5387. <https://doi.org/10.3390/molecules29225387>
- Saenz Loayza, M. de los A., & Valladares Leon, J. G. (2022). *Bebida de spirulina (Spirulina platensis.), cushuro (Nostoc commune) y carambola (Averrhoa carambola L.) para prevenir la anemia en escolares de la institución educativa Luis Fabio Xammar Jurado-districto de Santa María.*
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/6091>
- Zhu, Y., Chen, G., Diao, J., & Wang, C. (2023). Recent advances in exploring and exploiting soybean functional peptides—A review. *Frontiers in Nutrition*, 10.
<https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1185047>