

ELABORACIÓN DE SNACK FORTIFICADO CON HIERRO Y ZINC A BASE DE HARINAS DE MAÍZ MORADO Y REMOLACHA

ELABORATION OF SNACK FORTIFIED WITH IRON AND ZINC BASED ON
PURPLE CORN AND BEET FLOUR

Fecha de recepción: 17/02/2025 | Fecha de aceptación: 27/05/2025

**Jurado Gareca Maira Mabel¹, Cuenca Romero Jorge Alexis², Garnica Verdún José Adrián³
Ramírez Ruiz Erick⁴, Esqueti Colque Gilda⁵, Aramayo Churquina Rocío Teresa⁶**

^{1,2 y 3}Carrera de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias y Tecnología
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS)

Correspondencia de los autores: mabelmj6@gmail.com¹, jacrcuenca@gmail.com²

Tarija - Bolivia

ELABORACIÓN DE SNACK FORTIFICADO CON HIERRO Y ZINC A BASE DE HARINAS DE MAÍZ MORADO Y REMOLACHA

⁴ **Ramírez Ruiz Erick**

Ingeniero Químico y de Alimentos, M.Sc.
Director Carrera de Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS)
Tarija - Bolivia

⁵ **Esqueti Colque Gilda**

⁶ **Aramayo Churquina, Rocío Teresa**

Ingenieros de Alimentos
Facultad de Ciencias y Tecnología
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS)
Tarija - Bolivia

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología. Para tal efecto, se utilizó harina de maíz morado y la harina de remolacha.

Se proyecta elaborar un snack fortificado con hierro y zinc a base harinas de maíz morado y remolacha, mediante la tecnología de cereales con el fin de obtener un producto innovador y nutritivo para el mercado local de la provincia Cercado de Tarija.

Se elaboraron diferentes muestras con diferentes dosificaciones para analizar y determinar las variables de mayor influencia en la obtención del producto y así determinar la dosificación final.

El diseño experimental utilizado fue de 23, el cual se aplicó en la etapa de mezclado, tomando en cuenta los factores porcentaje de harina de remolacha (4,89 – 5,41) %, porcentaje de harina de maíz morado (19,58 – 21,64) % y porcentaje de agua (24,48 – 27,06) %, donde las variables respuestas fueron: porcentaje de humedad del snack fortificado y pH.

El análisis fisicoquímico al producto terminado presenta: azúcares reductores 4,39 g/100g, azúcares totales 7,87 g/100g, calcio 16663 mg/100g, cenizas 3,13 g/100g, fibra 0,90 g/100g, fósforo 252 mg/100g, grasa 20,58 g/100g, hidratos de carbono 65,58 g/100g, hierro 3,5 mg/100g, humedad 1,21 g/100g, proteína total 9,50 g/100g, potasio 469 mg/100g, valor energético 4,86 Kcal/100g y zinc 1,96 mg/100g, Coliformes fecales < 1,0 x 10¹ UFC/g; Coliformes totales < 1,0 x 10¹ UFC/g; Mohos y levaduras < 1,0 x 10¹ UFC/g.

ABSTRACT

This research work was carried out in the Academic Laboratory of the Food Engineering Degree, part of the Faculty of Science and Technology. For this purpose, purple corn flour and beet flour were used.

It is planned to produce a snack fortified with iron and zinc based on purple corn and beet flour, using cereal technology in order to obtain an innovative and nutritious product for the local market of the Cercado de Tarija province.

Different samples were prepared with different dosages to analyze and determine the variables with the greatest influence on obtaining the product and thus determine the final dosage.

The experimental design used was 23, which was applied in the mixing stage, taking into account the factors of percentage of beet flour (4.89 – 5.41) %, percentage of purple corn flour (19.58 – 21.64) % and percentage of water (24.48 – 27.06) %, where the response variables were: percentage of humidity of the fortified snack and pH.

The physicochemical analysis of the finished product shows: reducing sugars 4.39 g / 100 g, total sugars 7.87 g / 100 g, calcium 16663 mg / 100 g, ash 3.13 g / 100 g, fiber 0.90 g / 100 g, phosphorus 252 mg / 100 g, fat 20.58 g / 100 g, carbohydrates 65.58 g / 100 g, iron 3.5 mg / 100 g, moisture 1.21 g / 100 g, total protein 9.50 g / 100 g, potassium 469 mg / 100 g, energy value 4.86 Kcal / 100 g and zinc 1.96 mg / 100 g, Faecal coliforms < 1.0 x 10¹ CFU / g; Total coliforms < 1.0 x 10¹ CFU/g; Molds and yeasts < 1.0 x 10¹ CFU/g.

Palabras Clave: harina de remolacha, harina de maíz morado, manteca vegetal, nachos, snack fortificado, diseño factorial.

Keywords: beet flour, purple corn flour, shortening, nachos, fortified snack, factorial design.

1. INTRODUCCIÓN

Los bocaditos o snacks, son productos "alimenti-cios", salados o dulces, fritos o extruidos, no sometidos a la acción de leudantes químicos o biológicos, que tienen formas de presentación y generalmente son envasados. Aquellos expandidos por fritura, tienen gran demanda por el público, por ser un producto agradable y de fácil consumo, "listo para comer"; sin embargo, su valor nutritivo no es considerable. (Torres, 2009)

Entre los consumidores mayoritarios están los niños en edad escolar y los adolescentes, es frecuente observar, que en los establecimientos educativos los niños tienen a su alcance una gran variedad de estos productos, los cuales, están caracterizados por tener contenidos altos de grasa, azúcares y sodio, de esta manera no representan una fuente alimenticia de beneficio para su organismo, e influyen en el desarrollo de malnutrición (Euromonitor International, 2013)

Propiedades nutritivas de la remolacha

La remolacha es una hortaliza baja en grasas, ricas en azúcares y en aporte de fibras, sin olvidar su aporte de antioxidantes, vitaminas hidrosolubles del grupo B, (B1, B2, B3, B6 y B9) y la vitamina C, precursores de la vitamina A, como los carotenos y diferentes minerales como el hierro, potasio, fósforo, magnesio y calcio. (Amaro, 2020)

Entre los antioxidantes destacan unos compuestos fenólicos, los flavonoides, potente anticancerígeno, por lo que su ingestión regular dentro de una alimentación equilibrada ayuda a prevenir la aparición de cáncer. Estos compuestos tienen un gran poder antioxidante, incluso cuando se consume cocida. (Somolinos, 2017)

Harina de tubérculos

"La harina es un polvo fino que se obtiene a partir de tubérculos deshidratados y molidos ricos en al-

midón y en otros componentes como proteína, azúcares, minerales y vitaminas". (Gallegos & Umaña, 2011).

Maíz morado

El maíz morado es un tipo de maíz (*Zea mays*), de la familia de las gramíneas. Se caracteriza por tener un fruto múltiple denomina mazorca con un color bien exótico y llamativo. Es más común verlo en regiones del Centro y Sur América principalmente en países como Perú, Ecuador, Bolivia, Colombia, Argentina y en México. (Arroyo et al, 2010)

Beneficios del maíz morado

En la figura 2.1, se muestran beneficios que proporciona el maíz Kulli negro debido a sus propiedades según algunas investigaciones realizadas y descritas por (Arhuire & Betancur, 2016) y (Arroyo et al, 2010), las cuales fueron resumidas resaltando lo más sobre saliente.

Definición de snack

En el siguiente párrafo y siguiendo la importancia legal que se debe complementar siguiendo el Código Alimentario Argentino, se da la definición técnica de snack, según el Art 760 tris Con la denominación de productos para copetín (snacks) o para aperitivos se entiende a los elaborados a base de papas, cereales, harinas o almidones (derivados de cereales, raíces y tubérculos, legumbres y leguminosas), con o sin la adición de sal, especias, frutas secas, saborizados o no, con o sin el agregado de otros ingredientes permitidos, horneados o fritos. (Código Alimentario Argentino, 2019)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño metodológico

La metodología que se utilizó en el presente trabajo es:

Paradigma investigativo

Según Barrantes (2007), afirma que un paradigma es un "esquema teórico, una vía de percepción y comprensión del mundo, que un grupo de científicos ha adoptado. Los miembros de estos grupos tienen un lenguaje, unos valores, unas metas, unas normas y unas creencias en común". (Pág. 57)

Por lo tanto, el tipo de paradigma que sustentará al presente trabajo de investigación será de un paradigma positivista con el objeto de comprobar una hipótesis.

Paradigma positivista

Ricoy (2006) indica que el "paradigma positivista se califica de cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, sistemático gerencial y científico tecnológico" (Pág. 14). Por tanto, el paradigma positivista sustentará a la investigación que tenga como objetivo comprobar una hipótesis por medios estadísticos o determinar los parámetros de una determinada variable mediante la expresión numérica.

Tipo de investigación

El tipo de investigación que se implementó fue una investigación experimental aplicada. La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones, estímulos o tratamientos (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente). Su propósito es demostrar que los cambios en la variable dependiente fueron causados por la variable independiente, pretende establecer con precisión una relación causa – efecto. (Arias, 2006)

Enfoque de la investigación

El enfoque de investigación, se refiere a la naturaleza del estudio, la cual se clasifica como cuantitativa, cualitativa o mixta; y abarca el proceso investigativo en todas sus etapas: desde la definición del tema y el planteamiento del problema de investigación, hasta el desarrollo de la perspectiva teórica, la definición de la estrategia metodológica, y la recolección, análisis e interpretación de los datos. (Mata, 2019)

Métodos técnicas e instrumentos

Según Hernández et al., (2018) "se entiende por método científico la cadena ordenada de pasos basados en un aparato conceptual determinado y en reglas que permiten avanzar en el proceso de conocimiento de lo conocido a lo desconocido". (Pág. 93)

Estrechamente ligada al concepto de método se hallan las técnicas, las que no en pocas ocasiones generan trasposiciones conceptuales, por cuanto lo que para un autor es un método específico de una ciencia, puede ser considerado como técnica por otro. Todo depende del enfoque con que se identifiquen (Hernández et al., 2018).

"El instrumento es el mecanismo que utiliza el investigador para recolectar y registrar la información, considerándose entre ellos las guías de observación y de entrevista, los cuestionarios de las encuestas, cronómetros, sismógrafos, analizadores de gases, entre otros". (Hernández et al., 2018. Pág. 93)

Los métodos y técnicas que fueron utilizados en el presente trabajo de investigación se muestran a continuación:

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las materias primas

En la tabla 1, se muestran los métodos y técnicas que se utilizaron para determinar los análisis fisicoquímicos de las materias primas y producto terminado.

Tabla 1: Análisis fisicoquímicos del producto terminado

Parámetros	Unidad	Métodos
Humedad	%	Gravimétrico
Proteína	%	Volumétrico
Fibra	%	Gravimétrico
Cenizas	%	Gravimétrico
Hidratos de carbono	%	Cálculo
Azúcares reductores	%	Volumétrico
Azúcares totales	%	Gravimétrico
Fósforo	mg/100 g	Espectrofotometría
Hierro	mg/100 g	Absorción atómica
Potasio	mg/100g	Absorción atómica
Calcio	mg/100g	Absorción atómica
Zinc	mg/100g	Absorción atómica
Valor energético de la materia prima	Kcal/g	Cálculo
Valor energético producto terminado	Kcal/g	Cálculo

Fuente: CEANID, 2021

Equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios de cocina

Se utilizó equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios de cocina, los cuales se describen a continuación:

Equipos en el proceso de elaboración snack fortificado

En la tabla 2, se muestran los equipos que se utilizaron para la elaboración de snack fortificado con

hierro y zinc a base de harinas de maíz morado y remolacha.

Tabla 2: Equipos en el proceso de elaboración snack fortificado

EQUIPOS	ESPECIFICACIONES
Horno de gas	Temperatura máxima 350°C Capacidad de bandejas dos unidades.
Laminadora manual	Dimensiones: 32 cm largo 20 cm ancho – 16 cm alto
Freidora de aire	Potencia: 1500W Capacidad: 5 litros
Cocina semi industrial	Consumo de 1500 kcal/h

Fuente: LTA, 2021

Instrumentos en el proceso de elaboración de snack fortificado

En la tabla 3, se muestran los instrumentos que se utilizaron para la elaboración de snack fortificado con hierro y zinc a base de harinas de maíz morado y remolacha.

Tabla 3: Instrumentos en el proceso de elaboración snack fortificado

INSTRUMENTOS	ESPECIFICACIONES
Balanza digital	Capacidad máxima 1510 g Capacidad mínima 0,1 g
Selladora eléctrica	Dimensiones: 1,80 m largo 1,20 m ancho
Balanza de humedad infrarrojo	Capacidad máxima 1000 g Rango de pesado 100 g

Fuente: LTA, 2021

Materiales de laboratorio y de cocina necesarios en el proceso de elaboración de snack fortificado

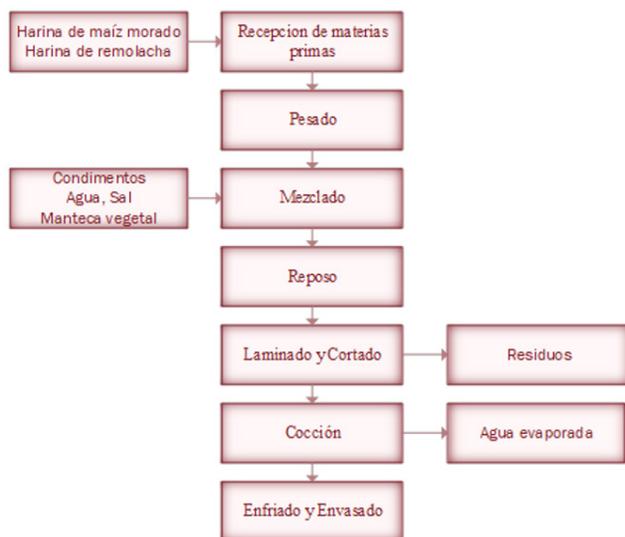
Los materiales de laboratorio y de cocina utilizados fueron: un termómetro digital, termómetro de alco-

hol, jarra graduada, probeta, fuentes, cuchillos, cucharas, bandejas, envases de polipropileno y papel absorbente.

Proceso de elaboración de snack fortificado con hierro y zinc a base de harinas de maíz morado y remolacha

En la figura 1, se muestra el diagrama de flujo del proceso para la elaboración de snack fortificado con hierro y zinc a base de harinas de maíz morado y remolacha.

Figura 1: Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de snack fortificado con hierro y zinc a base de harinas de maíz morado y remolacha.



Fuente: Elaboración propia

Recepción de materia prima

En la recepción de la materia prima es importante verificar que todos nuestros insumos estén en buenas condiciones con el fin de garantizar sus propiedades organolépticas en la elaboración de la masa para los nachos.

Pesado

Para la elaboración de los nachos fortificados se debe pesar los insumos de acuerdo a la dosificación establecida con la finalidad de obtener una masa uniforme.

Mezclado

En esta etapa se debe mezclar las harinas y los demás insumos pesados para que se integren, posteriormente se debe amasar hasta obtener una masa homogénea.

Reposo

Para que la masa tenga la elasticidad necesaria se debe dejar reposar 20 minutos de este modo duplica su tamaño y es más fácil el laminado.

Laminado y Cortado

Pasado los 20 minutos de reposo se divide la masa en porciones pequeñas para realizar el laminado en la laminadora semi automática, posteriormente se procede a cortar dando la forma triangular a los nachos.

Cocción

La cocción de los nachos se la puede realizar de diferentes formas, se puede hornear o freír; en este caso realizamos la cocción de los nachos en una freidora de aire para que sean más saludables, la cocción se la realizó por un tiempo de 20 minutos a 130°C.

Enfriado y envasado

Pasado el tiempo de cocción de los nachos, se los deja enfriar para poderlos envasar de este modo se garantiza mayor tiempo de vida útil ya que no absorben humedad si se los conserva en un ambiente alejados de la humedad.

Análisis sensorial del proceso de elaboración de snack fortificado

El análisis sensorial es la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. (Hernández, 2005. Pág. 12)

Se realizó el análisis sensorial, donde se utilizó jueces no entrenados, tomando en cuenta los atributos sabor, aroma, color y textura con una escala hedónica de 5 puntos.

Diseño experimental

Un diseño experimental bien planeado corresponde a una etapa de lo que en realidad es el plan secuencial de la experimentación (Walpole et al., 2012).

Diseño factorial

Se utilizó el diseño factorial 2³ que estudia tres factores en dos niveles cada uno (Gutiérrez & De la Vara, 2018) en el proceso de mezclado realizando variación de los factores: porcentaje de harina de remolacha, porcentaje de harina de maíz morado y porcentaje de agua. (Tabla 4), teniendo como variables respuesta el contenido de humedad y pH.

Tabla 4: Matriz de variables para la elaboración de snack fortificado

Combinación de tratamientos	Factores			Interacciones				Total	
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Y _i	Y _i
(1)	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	Y ₁	Y ₁
a	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	Y ₂	Y ₂
b	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	Y ₃	Y ₃
ab	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	Y ₄	Y ₄
c	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	Y ₅	Y ₅
ac	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	Y ₆	Y ₆
bc	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	Y ₇	Y ₇
abc	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	Y ₈	Y ₈

Fuente: Elaboración propia

3. RESULTADOS

En base al diseño metodológico se procedió a realizar la caracterización de los resultados obtenidos a nivel experimental.

Análisis fisicoquímico de la harina de maíz morado

En la tabla 5, se detallan los resultados bibliográficos obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de maíz morado.

Tabla 5: Análisis fisicoquímico de la harina de maíz morado

Parámetros	Unidad	Resultado
Ceniza	%	1,48
Fibra	%	0,52
Grasa	%	5,84
Gluten húmedo	%	n.d
Hidratos de carbono	%	76,40
Humedad	%	8,74
Proteína	%	7,02
Valor energético	Kcal/100g	386,24

Fuente: Aramayo, 2022

Análisis microbiológico de la harina de maíz morado

En la tabla 6, se detallan los resultados bibliográficos obtenidos del análisis microbiológico de la harina de maíz morado.

Tabla 6: Análisis microbiológico de la harina de maíz morado

Microorganismos	Unidad	Resultado
Coliformes totales	UFC/g	<1,0 x 10 ¹ (*)
Mohos y levaduras	UFC/g	2,8 x 10 ²
(*) No se observa desarrollo de colonias		

Fuente: Aramayo, 2022

Análisis de micronutrientes de la harina de maíz morado

En la tabla 7, se detallan los resultados bibliográficos obtenidos del análisis de micronutrientes de la harina de maíz morado.

Tabla 7: Análisis de micronutrientes de la harina de maíz morado

Microorganismos	Unidad	Resultado
Calcio	mg/100g	7,1
Fósforo	mg/100g	100,3

Fuente: Aramayo, 2022

Análisis fisicoquímico de la harina de remolacha

En la tabla 8, se detallan los resultados bibliográficos obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de remolacha.

Tabla 8: Análisis fisicoquímico de la harina de remolacha

Parámetros	Unidad	Resultado
Ceniza	%	4,66
Fibra	%	3,60
Grasa	%	0,41
Hidratos de carbono	%	72,19
Humedad	%	7,51
Proteína	%	11,63
Valor energético	Kcal/100g	338,97

Fuente: Esqueti, 2022

Análisis microbiológico de la harina de remolacha

En la tabla 9, se detallan los resultados bibliográficos obtenidos del análisis microbiológico de la harina de remolacha.

Tabla 9 Análisis microbiológico de la harina de remolacha

Microorganismos	Unidad	Resultado
Coliformes totales	UFC/g	2,6 x 10 ²
Escherichia coli	UFC/g	< 1,0 x 10 ¹ (*)
Mohos y levaduras	UFC/g	2,3 x 10 ²

(*) No se observa desarrollo de colonias

Fuente: Esqueti, 2022

Análisis de micronutrientes de la harina de remolacha

En la tabla 10, se detallan los resultados bibliográficos obtenidos del análisis de micronutrientes de la harina de remolacha.

Tabla 10 Análisis de micronutrientes de la harina de remolacha

Microorganismos	Unidad	Resultado
Potasio	mg/100g	1387,0
Sodio	mg/100g	452,0

Fuente: Esqueti, 2022

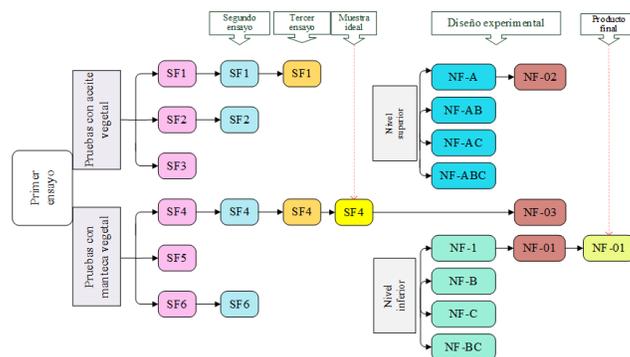
Caracterización de las variables del proceso de elaboración de snack fortificado

Para la caracterización de las variables del proceso de elaboración del snack fortificado con hierro y zinc, se tomaron en cuenta las siguientes pruebas experimentales que se detallan a continuación:

Pruebas experimentales para la elaboración de snack fortificado

Para el desarrollo de la parte experimental del presente proyecto de investigación se realizaron tres ensayos. En la figura 2, se muestran las pruebas preliminares realizadas a nivel laboratorio para la elaboración de snack fortificado con hierro y zinc.

Figura 2: Pruebas preliminares de elaboración de snack fortificado



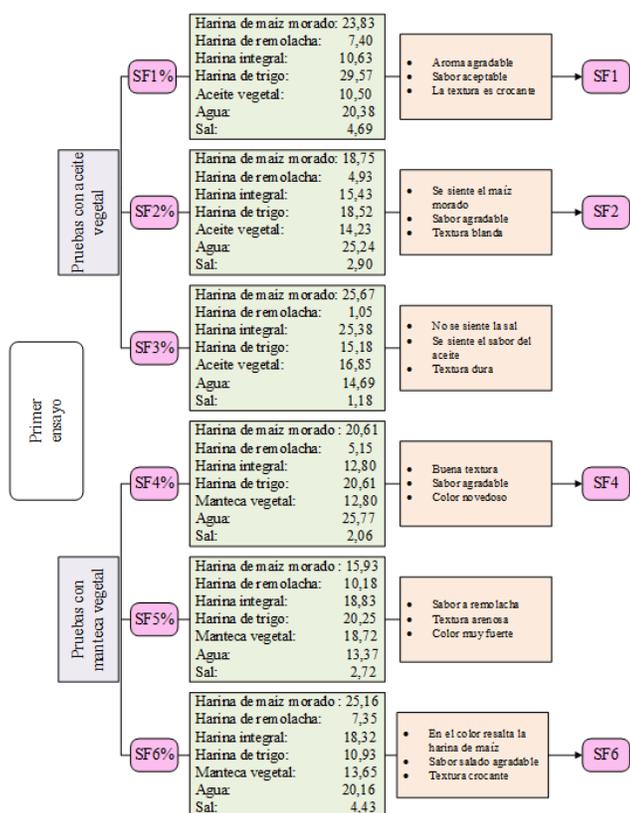
Fuente: Elaboración propia

Pruebas preliminares para el primer ensayo

Para desarrollar el primer ensayo, se procedió con la preparación de seis muestras de snack fortificado tres muestras incorporando aceite vegetal y tres muestras incorporando manteca vegetal.

Las seis muestras de snack fortificado fueron sometidas a evaluación sensorial, evaluadas de manera subjetiva por los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Alimentos como se muestra en la figura 3.

Figura 3 Variación en la dosificación de insumos para el primer ensayo



Fuente: Elaboración propia

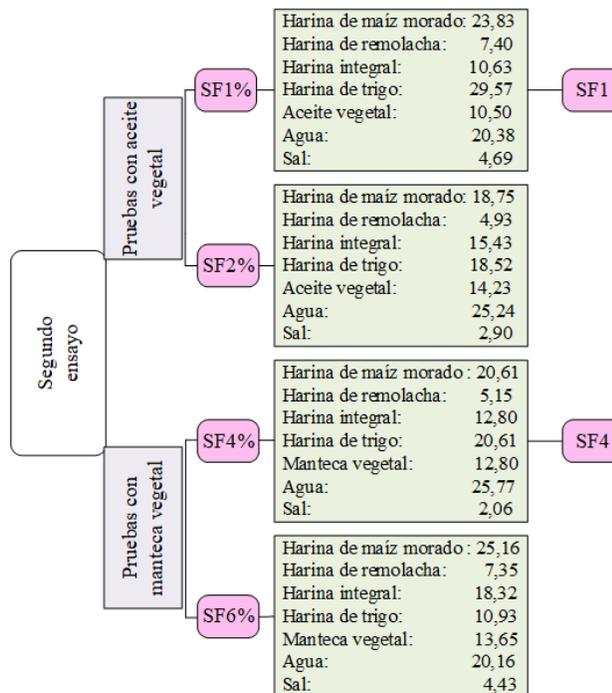
En base a la figura 3, se pudo observar que las muestras SF1, SF2, SF4 y SF6 son de mayor aceptación por presentar mejores atributos.

Pruebas preliminares para el segundo ensayo

Para llevar a cabo el segundo ensayo, se tomaron en cuenta las muestras SF1, SF2, SF4 y SF6. En la figura

4, se muestra las variaciones de dosificación de insumos para las muestras del segundo ensayo.

Figura 4 Variación en la dosificación de insumos para el segundo ensayo

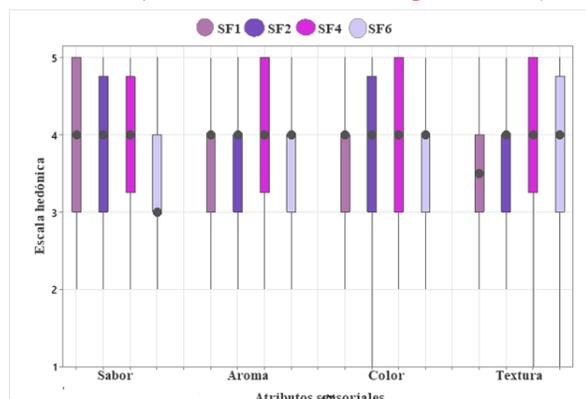


Fuente: Elaboración propia

Estadístico de caja y bigote para las muestras del segundo ensayo

En la figura 5, se muestra el estadístico de caja y bigote en la dosificación de insumos del segundo ensayo.

Figura 5 Caja y bigote en la variación de dosificación de insumos para las muestras del segundo ensayo



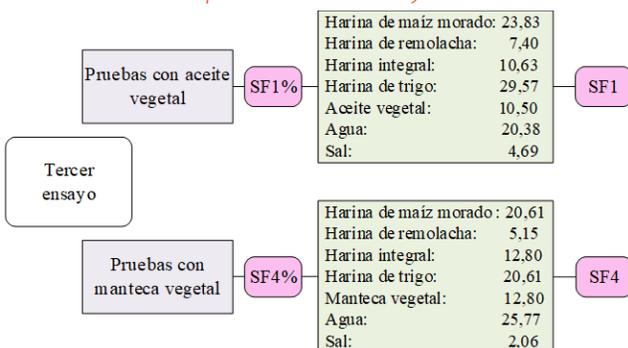
Fuente: Elaboración propia

Según la figura 5, se puede observar que los resultados de las medianas en función a los atributos de las muestras. Así mismo, se realizó el análisis estadístico de varianza donde se pudo evidenciar que no existe diferencias significativas entre los atributos de las muestras. Por lo tanto, se concluyó que las muestras SF1 y SF4 son las que cumplen con la mayoría de los atributos sensoriales en base a sus medianas para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Pruebas preliminares para el tercer ensayo

En base a las muestras elegidas del segundo ensayo SF1 y SF4, se modificó la dosificación porcentual de insumos con el propósito de mejorar los atributos de sabor, aroma, color y textura del snack fortificado como se muestra en la figura 6.

Figura 6 Variación en la dosificación de insumos para el tercer ensayo



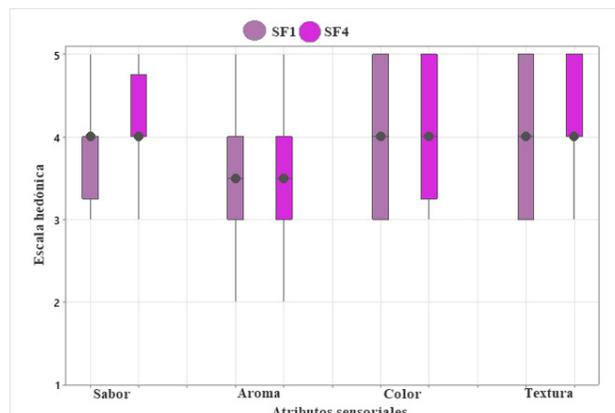
Fuente: Elaboración propia

En base a las muestras de la figura 6, se procedió a realizar evaluación sensorial con escala hedónica de cinco puntos, en función de los atributos: sabor, aroma, color y textura.

Estadístico de caja y bigote para las muestras del tercer ensayo

En la figura 7, se muestra el estadístico de caja y bigote en la dosificación de insumos del tercer ensayo, en función de los atributos de Sabor, Aroma, Color y Textura.

Figura 7 Caja y bigote en la variación de dosificación de insumos para las muestras del tercer ensayo



Fuente: Elaboración propia

Según la figura 7, se puede observar que la muestra SF4 tuvo mayor aceptación para la escala hedónica de cinco puntos. Así mismo, realizando el análisis estadístico de varianza se pudo observar que no existe diferencias significativas entre los atributos de las muestras para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Diseño factorial 23 en el proceso de dosificación

Para la aplicación del diseño experimental en el proceso de elaboración de snack fortificado, se realizó en base a la muestra ideal SF4, considerando las variables; porcentaje de harina de maíz morado (A), porcentaje de harina de remolacha (B) y porcentaje de agua (C). Tomando en cuenta como variables respuesta la humedad y el pH.

Variable respuesta de humedad

La tabla 11, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza del diseño 23 aplicando el programa Statgraphics de datos extraídos del Anexo, en el proceso de elaboración del snack fortificado para la variable respuesta porcentaje de humedad.

Tabla 11: Análisis de varianza de humedad en el proceso de elaboración de snack fortificado

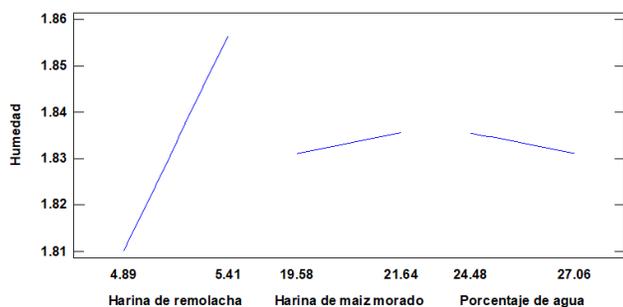
(FV)	(SC)	(GL)	(CM)	Fcal	Ftab	Valor-P
Factor A	0.00860256	1	0.00860256	134.99	5.12*	0.0000
Factor B	0.00008556	1	0.00008556	1.34	5.12	0.2764
Factor C	0.00007656	1	0.00007656	1.20	5.12	0.3015
AB	0.00009506	1	0.00009506	1.49	5.12	0.2530
AC	0.00127806	1	0.00127806	20.05	5.12*	0.0015
BC	0.00127806	1	0.00127806	20.05	5.12*	0.0015
Error total	0.00057356	9	0.00006373			
Total	0.01198940	15				

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 8, se observa que para el factor A e interacción (AC, BC) presentan diferencias significativas ya que $F_{cal} > F_{tab}$; por tanto, se rechaza la hipótesis planteada y se puede afirmar que este factor e interacciones son significativos para el contenido de humedad en las muestras para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

En la figura 8, se muestran los efectos principales para los factores: A (Porcentaje de harina de remolacha), B (Porcentaje de harina de maíz morado) y C (Porcentaje de agua), con relación a la variable respuesta contenido de humedad.

Figura 8: Efectos principales con relación al contenido de humedad

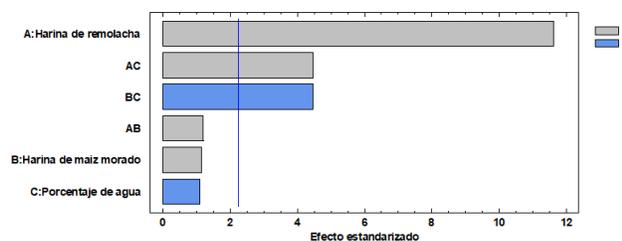


Fuente: Elaboración propia

Según la figura 8, se observa que los factores: porcentaje de remolacha (A) influye significativamente en el contenido de humedad en un nivel alto, a comparación de los factores porcentaje de harina de maíz morado (B) y porcentaje de agua (C) que no influye significativamente sobre la variable respuesta.

En la figura 9, se observa el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con una línea vertical de referencia de tal manera, que si las barras exceden la línea referencial indican que son significativos para el nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Figura 9: Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia

En base a la figura 9, se observa que el factor A (porcentaje de harina de remolacha), e interacciones AC (porcentaje de harina de remolacha – porcentaje de agua), BC (porcentaje de harina de maíz morado – porcentaje de agua), se encuentran por encima de la línea vertical de referencia lo que indica que existe diferencia significativa con la variable respuesta contenido de humedad, mientras que para el factor B (porcentaje de harina de maíz morado), factor C (porcentaje de agua) e interacción AB (porcentaje de harina de remolacha – porcentaje de agua), no influyen significativamente en el contenido de humedad.

Variable respuesta pH

La tabla 12, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza del diseño 23 aplicando el pro-

grama Statgraphics de datos extraídos del Anexo, en el proceso de elaboración de snack fortificado para la variable respuesta pH. Para lo cual se utilizó el método de potenciometría.

Tabla 12: Análisis de varianza de pH en el proceso de elaboración de snack fortificado

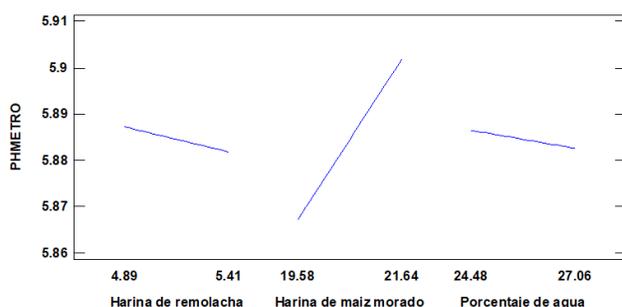
(FV)	(SC)	(GL)	(CM)	Fcal	Ftab	Valor-P
Factor A	0.00011556	1	0.00011556	0.10	5.12	0.7616
Factor B	0.00479556	1	0.00479556	4.06	5.12	0.0748
Factor C	0.00006006	1	0.00006006	0.05	5.12	0.8267
AB	0.00668306	1	0.00668306	5.66	5.12*	0.0414
AC	0.00045156	1	0.00045156	0.38	5.12	0.5518
BC	0.00031506	1	0.00031506	0.27	5.12	0.6181
Error total	0.01063510	9	0.00118167			
Total	0.02305590	15				

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.8, se observa el análisis de varianza de los factores: la interacción (AB) existe diferencias significativas ya que $F_{cal} > F_{tab}$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada y se puede afirmar que esta interacción es significativa en el proceso de elaboración de snack fortificado, para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En la figura 10, se muestran los efectos principales para los factores; A, B y C con relación a la variable respuesta pH.

Figura 10: Efectos principales con relación al pH



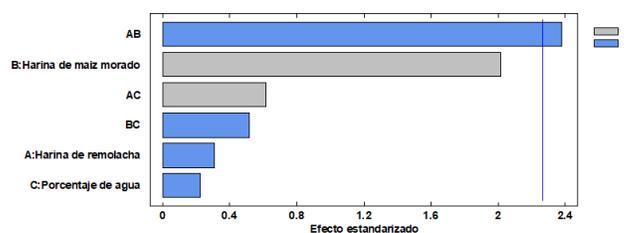
Fuente: Elaboración propia

Según la figura 10, se observa que el factor de porcentaje de harina de maíz morado (19,58 – 21,64) %, influye significativamente en el pH cuando se encuentran en su nivel superior. Sin embargo, para

el factor porcentaje de harina de remolacha (4,89 – 5,41) % y porcentaje de agua (24,48 – 27,06) %, no influye significativamente sobre la variable respuesta pH.

En la figura 11, se observa el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determinan con una línea vertical de referencia de tal manera, que si las barras exceden la línea referencial son estadísticamente significativos.

Figura 11: Diagrama de Pareto estandarizado para el pH



Fuente: Elaboración propia

Según la figura 11, se observa que la interacción AB, se encuentra por encima de la línea vertical de referencia lo que indica que existe diferencia significativa con la variable respuesta pH; mientras que para el factor A, B y C e interacciones AC, BC no influyen significativamente en el pH.

Pruebas experimentales del factor porcentaje de harina de remolacha

Se realizó la evaluación sensorial de ocho muestras experimentales en función del factor porcentaje de harina de remolacha, para observar si existe diferencia o no entre la combinación de tratamientos del proceso de elaboración del snack fortificado. En la tabla 13, se muestra la combinación de tratamientos en función al factor porcentaje de harina de remolacha.

Tabla 13: Combinación de tratamientos en función al porcentaje de harina de remolacha

Combinación de tratamientos	Codificación	Factor Porcentaje de harina de remolacha	Niveles
(1)	NF-1	4,89	Nivel inferior
b	NF-B	4,89	
c	NF-C	4,89	
bc	NF-BC	4,89	
a	NF-A	5,41	Nivel superior
ab	NF-AB	5,41	
ac	NF-AC	5,41	
abc	NF-ABC	5,41	

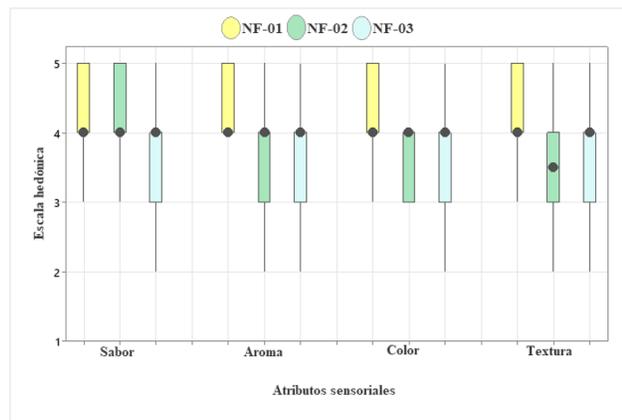
Fuente: Elaboración propia

Evaluación sensorial del diseño y muestra ideal de snack fortificado con hierro y zinc

Se realizó una evaluación sensorial a las muestras del diseño (NF-1, NF-A) junto con la muestra ideal que se entró al diseño (SF4), las cuales fueron recodificadas (NF-01, NF-02, NF-03) para seleccionar

la muestra final para ser tomada en cuenta en el diseño experimental en la etapa de dosificación. En la figura 12, se muestran los estadísticos de la caja y bigote.

Figura 12 Estadístico de caja y bigote para la selección de la muestra final



Fuente: Elaboración propia

Según la figura 12, se observa que la muestra NF-01 tuvo mayor aceptación para una escala hedónica de cinco puntos. Así mismo, realizado el análisis estadístico, se pudo evidenciar que hay diferencia significativa entre sus atributos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Característica del snack fortificado con hierro y zinc

Para la caracterización del snack fortificado, se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se detallan a continuación.

Análisis fisicoquímico del snack fortificado

En la tabla 14, se detallan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del snack fortificado.

Tabla 14: Análisis fisicoquímico del snack fortificado con hierro y zinc

Parámetros	Unidad	Resultado
Azúcares reductores	g/100g	4,39
Azúcares totales	g/100g	7,87
Calcio	mg/100g	1663
Cenizas	g/100g	3,13
Fibra	g/100g	0,90
Fosforo	mg/100g	252
Grasa	g/100g	20,58
Hidratos de carbono	g/100g	65,58
Hierro	mg/100g	3,5
Humedad	g/100g	1,21
Proteína total	g/100g	9,50
Potasio	mg/100g	469
Valor energético	Kcal/100g	4,86
Zinc	mg/100g	1,96

Fuente: CEANID, 2024

Análisis microbiológico del snack fortificado

En la tabla 15, se detallan los resultados obtenidos del análisis microbiológico del snack fortificado.

Tabla 15: Análisis microbiológico del snack fortificado con hierro y zinc

Microorganismos	Unidad	Resultado
Coliformes fecales	UCF/g	< 1,0 x 10 ¹ (*)
Coliformes totales	UCF/g	< 1,0 x 10 ¹ (*)
Mohos y levaduras	UCF/g	< 1,0 x 10 ¹ (*)

Fuente: CEANID, 2024

4. DISCUSIONES

Aplicando el diseño experimental 23 en la etapa de dosificación para la elaboración de snack fortificado, se puede establecer que para los factores de variación: (A) Porcentaje de harina de remolacha, (B) Porcentaje de harina de maíz morado y (C) Porcentaje de agua, existe evidencia estadística significativa para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Según el análisis fisicoquímico realizado en el producto terminado snack fortificado presenta: azúcares reductores 4,39 g/100g, azúcares totales 7,87 g/100g, calcio 16663 mg/100g, cenizas 3,13 g/100g, fibra 0,90 g/100g, fósforo 252 mg/100g, grasa 20,58 g/100g, hidratos de carbono 65,58 g/100g, hierro 3,5 mg/100g, humedad 1,21 g/100g, proteína total 9,50 g/100g, potasio 469 mg/100g, valor energético 4,86 Kcal/100g y zinc 1,96 mg/100g.

5. CONCLUSIONES

Según datos bibliográficos del análisis fisicoquímico de la harina de trigo muestra que contiene: fibra 1,09 %, ceniza 0,34 %, materia grasa 1,60 %, hidratos de carbono 77,69 %, humedad 9,36 %, proteína total (N x 5,70) 9,92 %, valor energético 364,84 Kcal/100 g y gluten húmedo 26,16 %.

Según datos bibliográficos del análisis fisicoquímico de la harina de maíz morado muestra que contiene: fibra 0,52 %, materia grasa 5,84 %, hidratos de carbono 76,40 %, ceniza 1,48 %, humedad 8,74 %, proteína total (N x 6,38) 7,02 % y valor energético 386,24 Kcal/100g, gluten húmedo (n.d.), calcio 7,1 mg/100g, fósforo 100,3 mg/100g.

Realizado la evaluación sensorial de las pruebas iniciales incorporando manteca vegetal e incorporando aceite vegetal al snack fortificado se tomó en cuenta la muestra SF4 con manteca vegetal, debido a que la muestra presenta mayor aceptabilidad en sus atributos para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Amato, J. (2020). Remolacha: conoce sus propiedades y beneficios. Delicias kitchen. Recuperado el 13 julio del 2020: <https://deliciaskitchen.com/remolacha/>
- Arias, F. (2006). El proyecto de investigación; Introducción a la metodología científica. Caracas, Venezuela; Episteme
- Arroyo, J.; Saez, E.; Rodriguez, M.; Burga, J. De la Cruz, W.; Valencia, J.(2007). "Reducción del colesterol y aumento de la capacidad antioxidante por el consumo crónico de maíz morado (Zea mays L) en ratas hipercolesterolémicas". Revista Peruana de medicina experimental y salud publica, vol.24, N°2. pp.157-162. Recuperado de: <http://www.scielo.org.pe/scielo>.
- Arhuire, J & Betancur, Y.(2016). " Aceptabilidad y calidad nutricional de la mezcla de harina de maíz morado enriquecida con harina de spirulina para la elaboración del api". (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/1852/NUarhujd.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barrantes Echavarría R, (2007). Investigación: un camino al conocimiento, un enfoque cualitativo y cuantitativo. San José, C.R. EUNED.
- CEANID. (2023). "Centro de Análisis, Investigación, Desarrollo". Tarija- Bolivia. Dependiente Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.
- Código alimentario argentino. (2019). Secretaría de regulación y gestión sanitaria y secretaria de alimentos y bioeconomía Recuperado de <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/211384/20190715#:~:text=Sustit%C3%BAyese%20el%20Art%C3%ADculo%20760%20tris%20del%20C%C3%B3digo%20Alimentario,agregado%20de%20otros%20ingredientes%20permitidos%20horneados%20o%20fritos>.
- Euromonitor International. (2013). Snacks dulces y salados en Guatemala. Euromonitor International. [En línea] 10 de diciembre de 2013. Disponible en: <http://www.euromonitor.com/sweet-and-savoury-snacks-in-guatemala/report>.
- Gallegos, A. y Umaña, B. (2011). Elaboración de harina de papa. Universidad Nacional de Ingeniería Managua. Nicaragua
- Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2018). Análisis y Diseño de Experimentos. Guanajuato, Ciudad de México; Ed. Mc Graw Hill.
- Somolinos, E. (2017). Propiedades nutricionales de la remolacha. Dieta y nutrición. Recuperado el 30 de noviembre del 2017: <https://www.aucal.edu/blog/dietética>
- Ramírez, E. (2022). Diseño experimental aplicado en la ingeniería de alimentos. Carrera de Ingeniería de Alimentos-UAJMS. Tarija- Bolivia.

- 🔖 Ricoy, C. (2006). Contribución sobre los paradigmas de la investigación. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/405449442/Contribucion-sobre-losparadigmas-de-la-investigacion-docx>.
- 🔖 Torres E. (2009). En el mundo de los snacks. Revista Industria Alimenticia. [Internet]. [Citado 7 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.industriaalimenticia.com/articulos/83159-en-el-mundo-de-los-snacksnutricion/en-que-me-ayuda-comer-remolacha/>
- 🔖 Walpole, R., Myers, R., y Myers, S. (2012). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Naucalpan de Juárez, Ciudad de México; Pearson
- 🔖 Hernández, E. (2005). Evaluación Sensorial. Bogotá; Unad. Recuperado de: https://www.google.com/url?sa=t&rc=t=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj895Xnqen4AhUTCNQKHUU7Ays-QFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.academia.edu%2F28661843%2FEVALUACION_SENSORIAL_UNAD_&usg=AOvVaw3q5kHZa7k-GYj0pHJQmiRG