



**FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y
ACUICULTURA**

EFFECTO DE LAS HARINAS DE: YUCA AMARILLA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ), SEMILLAS DE ZAPALLO MACRE (CUCURBITA MAXIMA DUCH) Y LINAZA (LINUM USITATISSIMUM) EN LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE PALITOS SNACK

Línea de investigación:

Competitividad industrial, diversificación productiva y prospectiva

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Alimentario

Autora

Arangüena Mendoza, Sandra Milagros

Asesor

Chiyong Castillo, Javier Enrique

ORCID: 0000-0001-7574-9209

Jurado

Marín Machuca, Olegario

Ventura Guevara, Luis Leónidas

Blas Ramos, Walter Eduardo

Lima - Perú

2026

EFECTO DE LAS HARINAS DE: YUCA AMARILLA (Manihot esculenta crantz), SEMILLAS DE ZAPALLO MACRE (Cucurbita maxima duch) Y LINAZA (Linum usitatissimum) EN LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE PALITOS SNACK

INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

5%

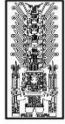
PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	fddocuments.mx Fuente de Internet	2%
3	www.fao.org Fuente de Internet	2%
4	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	idoc.pub Fuente de Internet	1%
7	repositorio.espam.edu.ec Fuente de Internet	1%
8	dgsa.uaeh.edu.mx:8080 Fuente de Internet	1%
9	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	1%
10	docplayer.es Fuente de Internet	1%
11	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y
ACUICULTURA

EFFECTO DE LAS HARINAS DE: YUCA AMARILLA (*MANIHOT
ESCULENTA CRANTZ*), SEMILLAS DE ZAPALLO MACRE (*CUCURBITA MAXIMA
DUCH*) Y LINAZA (*LINUM USITATISSIMUM*) EN LA ACEPTABILIDAD SENSORIAL
DE PALITOS SNACK

Línea de investigación:
Competitividad industrial, diversificación productiva y prospectiva
Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Alimentario

Autora
Arangüena Mendoza, Sandra Milagros

Asesor
Chiyong Castillo, Javier Enrique
ORCID: 0000-0001-7574-9209

Jurado
Marín Machuca, Olegario
Ventura Guevara, Luis Leónidas
Blas Ramos, Walter Eduardo

Lima – Perú
2026

Dedicatoria

A Dios, por darme fortaleza y sabiduría para poder culminar mi carrera profesional.

A mis padres Raúl y Gladys, por su motivación, cariño y apoyo que siempre me han brindado.

A todas las personas, que me apoyaron durante este camino hacia el logro de mis objetivos académicos.

Agradecimiento

A mis padres Victor Raúl Arangüena Mendoza y Gladys Olga Mendoza Cárdenas, por su apoyo incondicional y sus palabras de motivación durante este camino hacia la culminación de mi carrera profesional.

A la Universidad Nacional Federico Villarreal, a la Facultad de Oceanografía, Pesquería y Ciencias alimentarias y la Escuela Profesional de Ingeniería Alimentaria, por haberme abierto sus puertas para cumplir mi gran sueño.

A mi asesor Ing. Javier Chiyong, por su paciencia, apoyo y confianza durante este tiempo de realización de la presente investigación.

A todos mis maestros por sus conocimientos y enseñanzas, durante los años de estudio de la carrera, que me permitieron ser una gran profesional.

ÍNDICE

RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción y formulación del problema	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	5
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	5
1.4. Justificación	5
1.5. Hipótesis	6
1.5.1. <i>General</i>	6
1.5.2. <i>Específicas</i>	6
II. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Bases teóricas sobre snacks saludables.....	8
2.1.1. <i>Aspectos generales</i>	8
2.1.2. <i>Tipo de snack: Palitos</i>	8
2.2. Bases teóricas sobre la yuca	10
2.2.1. <i>Características botánicas</i>	10
2.2.2. <i>Diversidad genética</i>	11
2.2.3. <i>Valor nutricional</i>	13
2.2.4. <i>Variedad de yuca: Amarilla</i>	13

2.2.5.	<i>Subproducto de la yuca: Harina</i>	15
2.3.	Bases teóricas sobre el zapallo	17
2.3.1.	<i>Clasificación taxonómica</i>	17
2.3.2.	<i>Características botánicas</i>	17
2.3.3.	<i>Variedad de zapallo: Macre</i>	18
2.4.	Bases teóricas sobre la linaza	22
2.4.1.	<i>Clasificación taxonómica</i>	22
2.4.2.	<i>Características botánicas</i>	22
2.4.3.	<i>Composición química</i>	23
2.4.4.	<i>Valor nutricional</i>	23
2.4.5.	<i>Beneficios de su consumo</i>	25
2.4.6.	<i>Factores anti nutricionales de la linaza</i>	25
2.4.7.	<i>Subproducto de la linaza: Harina</i>	26
2.5.	Bases teóricas sobre evaluación sensorial.....	28
2.5.1.	<i>Tipos de evaluación sensorial</i>	29
2.5.2.	<i>Pruebas afectivas y pruebas hedónicas</i>	30
III.	MÉTODO	31
3.1.	Tipo de investigación.....	31
3.2.	Ámbito temporal y espacial	31
3.3.	Variables	31
3.3.1.	<i>Variables dependientes</i>	31

3.3.2. Variables independientes	31
3.4. Población y muestra.....	32
3.4.1. Población	32
3.4.2. Muestra.....	32
3.5. Instrumentos	32
3.5.1. Materiales.....	32
3.5.2. Equipos.....	33
3.6. Procedimientos	33
3.6.1. Descripción tecnológica del proceso para la obtención de harina de yuca amarilla	33
3.6.2. Descripción tecnológica del proceso para la obtención de harina de semillas de zapallo macre	34
3.6.3. Descripción tecnológica para la obtención de palitos snack	34
3.7. Análisis de datos	35
3.7.1. Diseño estadístico	35
3.7.2. Análisis sensorial	36
3.7.3. Análisis químico – proximal del producto elaborado	37
3.7.4. Análisis estadístico.....	37
3.8. Consideraciones éticas.....	38
IV. RESULTADOS	39
4.1. Análisis sensorial de los palitos snack por atributo	39
4.1.1. Olor	39

4.1.2. Sabor	46
4.1.3. Color.....	51
4.1.4. Crocantez.....	57
4.1.5. Apariencia	64
4.2. Análisis de la optimización simultanea de las formulaciones	70
4.3. Resultados del análisis químico proximal de la fórmula optimizada	71
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	72
5.1. Análisis sensorial de los palitos snack por atributo	72
5.2. Análisis de la optimización simultanea de las formulaciones	74
5.3. Análisis químico proximal de la fórmula optimizada.....	75
VI. CONCLUSIONES	78
VII. RECOMENDACIONES.....	79
VIII. REFERENCIAS	80
IX. ANEXOS	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de una planta de procesamiento primario	6
Tabla 2. Taxonomía de la yuca amarilla.....	14
Tabla 3. Composición química de la yuca amarilla sin cáscara.....	15
Tabla 4. Clasificación taxonómica del zapallo.....	17
Tabla 5. Composición química del zapallo macre	19
Tabla 6. Composición química de la semilla de zapallo macre	21
Tabla 7. Clasificación taxonómica de la linaza.....	22
Tabla 8. Composición química de la linaza	23
Tabla 9. Tratamientos experimentales.....	36
Tabla 10. Resultados del análisis sensorial por atributo para cada tratamiento del diseño experimental.....	39
Tabla 11. Ajuste de modelos de superficie de respuesta para la predicción de la aceptabilidad sensorial del atributo olor.....	40
Tabla 12. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) y estimación de coeficientes del modelo cuadrático de mezclas para la aceptabilidad sensorial del olor del snack.....	42
Tabla 13. Ajuste de modelos de superficie de respuesta para la predicción de la aceptabilidad sensorial del atributo sabor	46
Tabla 14. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) y estimación de coeficientes del modelo cuadrático de mezclas para la aceptabilidad sensorial del sabor del snack	48
Tabla 15. Ajuste de modelos de superficie de respuesta para la predicción de la aceptabilidad sensorial del atributo color.....	51
Tabla 16. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) y estimación de coeficientes del modelo cuadrático de mezclas para la aceptabilidad sensorial del color del snack.....	53

Tabla 17. Ajuste de modelos de superficie de respuesta para la predicción de la aceptabilidad sensorial del atributo crocantez.....	58
Tabla 18. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) y estimación de coeficientes del modelo cuadrático de mezclas para la aceptabilidad sensorial de la crocantez del snack.....	60
Tabla 19. Ajuste de modelos de superficie de respuesta para la predicción de la aceptabilidad sensorial del atributo apariencia.....	64
Tabla 20. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) y estimación de coeficientes del modelo cuadrático de mezclas para la aceptabilidad sensorial de la apariencia del snack.....	66
Tabla 21. Resultados de la optimización simultánea de los atributos sensoriales del snack a base de yuca, zapallo y linaza	70
Tabla 22. Resultados del análisis químico proximal de la fórmula optimizada (60 % yuca, 31.8 % zapallo y 8.2 % linaza)	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Superficie de respuesta para el atributo olor del snack, en función de las proporciones de yuca (X_1), zapallo (X_2) y linaza (X_3).....	44
Figura 2. Efectos principales del modelo cuadrático para la aceptabilidad del olor.....	45
Figura 3. Superficie de respuesta para el atributo sabor del snack, en función de las proporciones de yuca (X_1), zapallo (X_2) y linaza (X_3).....	49
Figura 4. Efectos principales del modelo cuadrático para la aceptabilidad del sabor	50
Figura 5. Superficie de respuesta para el atributo color del snack, en función de las proporciones de yuca (X_1), zapallo (X_2) y linaza (X_3).....	55
Figura 6. Efectos principales del modelo cuadrático para la aceptabilidad del color.....	56
Figura 7. Superficie de respuesta para el atributo crocantez del snack, en función de las proporciones de yuca (X_1), zapallo (X_2) y linaza (X_3).....	62
Figura 8. Efectos principales del modelo cúbico especial para la aceptabilidad de la crocantez	63
Figura 9. Superficie de respuesta para el atributo apariencia del snack, en función de las proporciones de yuca (X_1), zapallo (X_2) y linaza (X_3).....	68
Figura 10. Efectos principales del modelo cuadrático para la aceptabilidad de la apariencia.....	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Diseño de mezclas restringido	90
Anexo B. Ficha de evaluación sensorial	91
Anexo C. Ajuste de modelos de superficie de respuesta para el atributo olor	92
Anexo D. Ajuste de modelos de superficie de respuesta para el atributo sabor.....	93
Anexo E. Ajuste de modelos de superficie de respuesta para el atributo color.....	94
Anexo F. Ajuste de modelos de superficie de respuesta para el atributo crocantez	95
Anexo G. Ajuste de modelos de superficie de respuesta para el atributo apariencia.....	96
Anexo H. Resultados del análisis proximal de la formulación optimizada	97
Anexo I. Base de datos del análisis sensorial.....	98
Anexo J. Fotografías del proceso experimental	106

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos de las harinas de yuca amarilla (*Manihot esculenta*), semillas de zapallo macre (*Cucurbita maxima*) y linaza (*Linum usitatissimum*) en la aceptabilidad sensorial de palitos tipo snack. Se aplicó un diseño experimental de mezclas restringidas, delimitando las proporciones de los ingredientes según criterios tecnológicos y nutricionales: yuca (60–80 %), zapallo (15–35 %) y linaza (5–20 %). A partir de esta región factible se generaron nueve formulaciones mediante el método *Extended Vertices Design (Xvert)* con apoyo de la librería *mixexp* en *R*. Las propiedades sensoriales (color, sabor, olor, crocantez y apariencia) se evaluaron mediante una escala hedónica de cinco puntos, aplicada a 36 panelistas bajo un diseño de bloques incompletos balanceados, y los datos se analizaron con modelos de regresión propios del Análisis de Superficie de Respuesta (ASR). Los resultados mostraron un efecto significativo de las proporciones de harinas en la aceptabilidad, con interacciones relevantes entre los ingredientes. Los atributos: olor, apariencia y crocantez, presentaron los mayores niveles de aceptación, mientras que el sabor fue más variable. La formulación óptima (60 % yuca, 31.8 % zapallo y 8.2 % linaza) presentó un perfil nutricional balanceado, caracterizado por 2.12 % de humedad, 521.4 kcal/100 g de energía, 13.0 % de proteína, 28.96 % de grasa, 52.19 % de carbohidratos, 1.69 % de fibra y 3.73 % de cenizas, cumpliendo con la NTP 206.001 para productos horneados.

Palabras clave: yuca amarilla, zapallo macre, linaza, diseño de mezclas, aceptabilidad sensorial, palitos snack.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effects of yellow cassava (*Manihot esculenta*), pumpkin seed (*Cucurbita maxima*), and flaxseed (*Linum usitatissimum*) flours on the sensory acceptability of snack-type sticks. A restricted mixture experimental design was applied, delimiting ingredient proportions according to technological and nutritional criteria: cassava (60–80 %), pumpkin (15–35 %), and flaxseed (5–20 %). From this feasible region, nine formulations were generated using the Extended Vertices Design (Xvert) method with the support of the *mixexp* package in R. Sensory properties (color, taste, odor, crispness and appearance) were evaluated using a five-point hedonic scale, applied to 36 panelists under a balanced incomplete block design, and the data were analyzed with regression models specific to Response Surface Methodology (RSM) for mixtures. Results showed a significant effect of flour proportions on acceptability, with relevant interactions between ingredients. The attributes: odor, appearance, and crispness, reached the highest levels of acceptance, while taste showed greater variability. The optimal formulation (60 % cassava, 31.8 % pumpkin, and 8.2 % flaxseed) presented a balanced nutritional profile, characterized by 2.12 % moisture, 521.4 kcal/100 g energy, 13.0 % protein, 28.96 % fat, 52.19 % carbohydrates, 1.69 % fiber, and 3.73 % ash, complying with NTP 206.001 requirements for baked products.

Keywords: yellow cassava, pumpkin seed, flaxseed, mixture design, sensory acceptability, snack sticks.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción y formulación del problema

En los últimos años, el desarrollo de alimentos funcionales y snacks saludables ha adquirido una importancia creciente dentro de la industria alimentaria. Esta tendencia ha impulsado el interés por utilizar ingredientes alternativos y materias primas subutilizadas, como raíces, semillas y subproductos agroindustriales, en la formulación de alimentos innovadores.

No obstante, a pesar del incremento en la demanda de estos productos en Perú y otros países de la región, el mercado de snacks sigue dominado por alternativas altas en grasas saturadas, sodio y aditivos, lo que limita la disponibilidad de opciones más nutritivas. Paralelamente, en el ámbito agroindustrial peruano persiste un desaprovechamiento significativo de subproductos, como la merma generada en el procesamiento de yuca y las semillas de zapallo que se descartan durante la transformación primaria pese a que estas materias primas presentan un potencial nutritivo relevante.

Las instituciones agroindustriales, en su intento por reducir desperdicios y promover una economía más circular, han impulsado la valorización de subproductos. Sin embargo, la evidencia disponible indica que su incorporación en alimentos no siempre garantiza una alta aceptación sensorial, debido a variaciones en sabor, textura y aroma que pueden surgir según las proporciones utilizadas. Así mismo, el uso combinado de estas materias primas en la elaboración de snacks ha sido escasamente abordado, y aún menos en productos con evaluación sensorial aplicada a consumidores.

El presente trabajo, responde a iniciativas de innovar en el desarrollo de palitos snack con valor nutricional y adecuada aceptabilidad sensorial, partiendo de la merma de yuca de una planta de procesamiento primario y las semillas de zapallos que también son desechadas, así como también, con la incorporación de semillas la linaza, con el fin de obtener un producto

con características adecuadas para aquellas personas que buscan consumir un producto saludable.

Formulación del problema

¿Cuál será el efecto de las harinas de yuca amarilla, semillas de zapallo y linaza en la aceptabilidad sensorial de palitos snack?

1.2. Antecedentes

En los países en desarrollo el desperdicio de alimentos es un problema difícil, sin embargo, existe una limitada evidencia de que la comida está siendo realmente desperdiciada. (Martínez et al., 2014)

A nivel mundial se generan residuos desde la extracción de materia prima hasta su comercialización. En los últimos años, con el objetivo de reducir el impacto ambiental se ha considerado el desarrollo de nuevas tecnologías que utilicen los residuos que tienen un bajo costo y una alta disponibilidad, para la producción de materias o sustancias con valor agregado. (Peñaranda et al., 2017)

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) indica que en América Latina la venta de productos ultra procesados aumentó 8.3 % entre 2009 y 2014 se estimaba un aumento del 7.8 % entre 2015 y 2019, por lo tanto, el consumo frecuente de alimentos ultraprocesados se encuentra asociado a enfermedades como el sobrepeso y obesidad en todos los grupos etarios. (Alvarez-Cano et al., 2022)

Actualmente el consumidor tiene hábitos más saludables y se encuentra en la búsqueda de nuevos productos, en efecto el mercado como una propuesta alternativa ofrece nuevos snacks, incluyendo aperitivos horneados formulados a base de cereales y frutos secos. (Mesías y Morales, 2017)

Según Clementz y Delmoro (2011) la demanda de alimentos tipo snacks, sean dulces o salados va en aumento debido a que se vive un estilo de vida más agitado. Como consecuencia

se buscan aquellos productos que sean fáciles de consumir, listos para calentar, preparar y con el envase de una porción.

Clementz y Delmoro (2011) destacan que el crecimiento de este tipo de alimento se encuentra influenciado por la obesidad infantil y la tendencia a consumir productos saludables que sean bajos en grasa, en azúcar y sal. Por lo tanto, las empresas buscan nuevas alternativas para la elaboración de sus productos alimenticios. Actualmente las investigaciones se orientan al desarrollo de nuevas tecnologías para la producción de snacks que eviten los procesos de frituras para disminuir el contenido en grasas y calorías de los productos finales. En efecto, se está optando por productos horneados y la expansión de pellets por aire, además de la introducción de ingredientes funcionales como las fibras y vitaminas.

En Perú existen hortalizas con propiedades nutricionales adecuadas para la dieta del individuo y que no han sido industrializadas, entre ellas se encuentra el zapallo que generalmente se utiliza para la elaboración de sopas, guisos, entre otros; sin tomar en cuenta que las semillas de este alimento son una fuente valiosa de nutrientes y uno de los beneficios que otorga su consumo es prevenir el cáncer de próstata. (Cervantes y Torres, 2018)

La semilla del zapallo es un subproducto frecuentemente desperdiciado que se consume poco a pesar de su alto contenido nutricional y las propiedades medicinales que ofrece, pues contiene alrededor de 45 % de grasa, proteína, vitaminas A, B1, C y un alto contenido de ácido grasos insaturados. Además, posee diferentes propiedades medicinales y alimenticias como su efecto antihelmíntico y diurético. (Mendieta y Zambrano, 2021)

Respecto a los estudios realizados, la yuca contiene 25 mg de vitamina C, 40 mg de fósforo y 50 mg de calcio en base a 100 g. La concentración de proteínas oscila entre 1 y 2 %, y el porcentaje de aminoácidos como la riboflavina, tiamina y niacina es muy baja en comparación con otros tubérculos, mientras que sus carbohidratos oscilan entre el 64 al 72 %

de almidón. Además, posee un alto contenido de fibra dietética (3.40 -3.78 % soluble y 4.92-5.6 % insoluble). (Galvez y Ortiz, 2023)

La yuca posee un alto contenido de carbohidratos que representa una importante fuente de energía, por lo tanto, la harina obtenida de este tubérculo es de alta calidad y puede ser utilizada como sustituto de la harina de trigo, maíz o arroz, entre otros. (Benítez et al., 2008)

La linaza tiene beneficios nutricionales como el contenido de ácidos grasos omega-3 en su aceite, fibra y fitoestrógenos que tienen un impacto positivo sobre la salud. Entre los beneficios que aporta se encuentra la disminución de colesterol, un menor riesgo de padecer cáncer y contraer enfermedades del corazón y en el manejo de la diabetes y los desórdenes inmunológicos. (Rodríguez, 2022)

Según Yovera y Lorenzo (2023), las dietas ricas en granos integrales se asocian a un IMC y peso más bajo y a un menor riesgo de obesidad, debido a la composición en fibra de los cereales integrales; pues favorece al enlentecimiento del vaciado gástrico que se traduce en una mayor sensación de saciedad durante más tiempo y, en consecuencia, un menor consumo energético diario.

La elaboración de producto tipo de snack, a base a estos productos se ha reportado en estudios como el de Mesquita et al. (2013), quienes investigaron snacks extruídos hechos con almidón de yuca (cassava) y harina de linaza, encontrando que la adición de linaza afecta propiedades físicas como la expansión, la dureza y el color de los productos extruídos. Asimismo, Tomaszewska-Ciosk y Zdybel (2021), evaluaron snacks extruídos de maíz enriquecidos con residuos de linaza y observaron que hasta un 5 % de adición no deterioró significativamente las características sensoriales evaluadas por panelistas.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Evaluar el efecto de las harinas de yuca amarilla, semillas de zapallo macre y linaza en la aceptabilidad sensorial de palitos snack.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Evaluar el grado de aceptabilidad del olor, sabor, color, crocantez y apariencia de los palitos snack, elaborados con diferentes concentraciones de harinas de yuca amarilla, semillas de zapallo macre y linaza.
- Determinar modelos de superficie de respuesta para la predicción de la aceptabilidad sensorial del olor, sabor, color, crocantez y apariencia de los palitos snack.
- Determinar la composición química proximal de la formulación que optimice la aceptabilidad sensorial de los palitos snack.

1.4. Justificación

El trabajo ha sido visualizado desde el contexto de una planta de procesamiento primario, donde se identificó que el zapallo macre presenta un índice de merma del 50.88 % , compuesto por un 40 % de cáscara y un 60 % de semillas, este volumen de subproductos contrasta con el rendimiento del 73.45 % obtenido de la yuca pelada (Tabla 1). Estos indicadores fundamentan el aprovechamiento de los residuos de estas materias primas mediante la obtención de un producto que presenta nutrientes que al ser consumido proveerá beneficios a la salud, por lo tanto, pueden ser aprovechadas de manera integral con la finalidad de obtener palitos snack.

La utilización de estos productos incide en 3 aspectos:

- Desde el punto de vista económico aumenta la rentabilidad de las materias primas
- Desde el punto de vista ecológico presenta un producto más amigable con el medio ambiente al reducir los desperdicios

- Desde el punto de vista nutricional contribuye a un mejor aprovechamiento de los compuestos bioactivos, fibras o nutrientes presentes en los subproductos, favoreciendo una alimentación más completa y saludable.

Tabla 1

Producción de una planta de procesamiento primario

Materia prima	Porcentaje de la materia prima	Producto terminado	Rendimiento de la producción (%)	Merma de la producción (%)
Zapallo macre	100 %	Zapallo pelado y cortado en cubos	49.12 %	50.88 % (Cáscara 40 % y semillas 60 %)
Yuca pelada	100 %	Yuca cortada en bastones	73.45 %	26.55 %

1.5. Hipótesis

1.5.1. General

Las harinas de yuca amarilla, semillas de zapallo macre y linaza tienen efecto en la aceptabilidad sensorial de palitos snack.

1.5.2. Específicas

- Existe diferencia en la aceptabilidad sensorial de los palitos snack en los atributos de olor, sabor, color, crocantez y apariencia en función de las proporciones de las harinas evaluadas.
- Es posible determinar modelos de superficie de respuesta para la predicción de la aceptabilidad sensorial del olor, sabor, color, crocantez y apariencia de los palitos snack.

- La formulación que optimiza la aceptabilidad sensorial de los palitos snack presenta una composición química proximal que se ajusta a los parámetros nutricionales deseables para alimentos procesados.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre snacks saludables

2.1.1. Aspectos generales

La palabra snack se encuentra en inglés y significa alimento ligero que se consume entre comidas y se caracteriza por ser un aperitivo que generalmente viene en presentación de paquete y es práctico de consumir en cualquier momento y lugar. (Chacón-Orduz et al., 2017)

Los snacks saludables se han convertido en una opción con la llegada de tendencias como el cuidado de la salud con ejercicio y una sana alimentación, porque cumple con lo que el consumidor necesita: una alimentación sana que no requiere de mucho tiempo, además este tipo de alimentos carece de grasas, gluten, ingredientes artificiales y alergénicos. (Chacón-Orduz et al., 2017)

2.1.2. Tipo de snack: Palitos

Son un tipo de snack que son obtenidos a partir de un proceso de cocción de cereales o mezclas de estos con leguminosas y oleaginosas que presentan forma alargada y delgada. (Nicho y Sotomayor, 2023)

Aunque no existe una norma peruana específica para palitos snack, sus características técnicas se fundamenta en los lineamientos establecidos por diversas Normas Técnicas Peruanas (NTP). En particular, se consideran los criterios de calidad e inocuidad para bocaditos definidos en la NTP 209.226:2023 (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2023), los requisitos de composición aplicables a productos horneados establecidos en la NTP 206.001 (INACAL, 2019), así como las metodologías analíticas para la determinación de humedad según la NTP 206.011 (INACAL, 2018), proteínas conforme a la NTP 209.211 (INACAL, 2017) y grasa según lo indicado en la NTP 209.104 (INACAL, 2016):

- Humedad: Constituye uno de los parámetros más relevantes para la estabilidad del producto. De acuerdo con la NTP 209.226:2023, los bocaditos como los

palitos snack deben presentar un contenido de humedad no mayor al 12 %, con el fin de garantizar la conservación de la textura crocante y limitar el desarrollo de microorganismos. De manera similar, la actividad de agua debe mantenerse por debajo de 0.70, puesto que valores superiores favorecerían la pérdida de crocancia y el deterioro microbiológico durante el almacenamiento. (INACAL, 2023)

- **Proteínas:** En lo que respecta al contenido de proteína, la normativa no define un límite específico; no obstante, su cuantificación se realiza siguiendo la metodología establecida en la NTP 209.211. (INACAL, 2017)
- **Grasas:** El contenido de grasa, determinado mediante los lineamientos de la NTP 209.104, tampoco presenta límites establecidos en la norma para bocaditos. Aun así, en la industria es común que los snacks horneados o fritos oscilen entre niveles de grasa moderados a elevados, dependiendo del proceso de elaboración y de la inclusión de ingredientes con aceites naturales, como la linaza. Estos valores son determinantes para la percepción sensorial del producto, especialmente en atributos como la textura y el sabor. (INACAL, 2016)
- **Cenizas:** En referencia al contenido de cenizas, evaluado mediante la NTP 209.217, si bien no se especifica un valor máximo normativo, se reconoce que los bocaditos a base de cereales presentan generalmente niveles bajos de minerales; no obstante, formulaciones con mayor proporción de semillas suelen mostrar incrementos leves asociados a su aporte natural. (INACAL, 2017)
- **Características sensoriales:** Desde el punto de vista sensorial, la NTP 209.226:2023 establece que los palitos snack deben conservar las características propias del tipo de bocadito al que pertenecen, lo que implica mantener un color uniforme, ausencia de olores rancios o extraños, una textura predominantemente

crocante y un sabor acorde con los ingredientes utilizados. Estas exigencias aseguran la aceptabilidad del consumidor y la coherencia del producto con su categoría comercial. (INACAL, 2023)

- **Requisitos microbiológicos:** La normativa determina que los snacks deben encontrarse libres de Salmonella en 25 g, además de mantener recuentos bajos de mohos y levaduras, así como de aerobios mesófilos, lo que refleja la necesidad de garantizar la inocuidad durante todas las etapas del proceso productivo, desde la selección de materias primas hasta el envasado final. (INACAL, 2023)

2.2. Bases teóricas sobre la yuca

2.2.1. Características botánicas

Según el Instituto de investigaciones de la Amazonía peruana, la yuca es una planta arbustiva plurianual, de 2 a 3 m de altura bajo cultivo (4 o 5 m en las formas silvestres). El tallo es de 2-3 cm de diámetro, posee nudos prominentes al nivel de la segunda inserción de las hojas. Sus hojas son alternas, pecioladas, su período tiene de 20 a 40 cm de largo, es de color verde, rojo o púrpura de acuerdo a la variedad; lámina palmatilobada, 5-7 lóbulos de formas variadas, de color verde claro a verde oscuro, algunas veces las hojas jóvenes son púrpuras, de venación verde o amarilla. (Inga y López, 2001)

Tiene inflorescencia en panículas, terminales o en axilas de las hojas, con brácteas basales angostas. La flor masculina es estaminada con el pedicelo corto, recto, de 1-2 mm; el cáliz es cupular de 6 a 8 mm de longitud, dividido en 5 dientes anchos, su color es uniforme, verdoso amarillento o con franjas moradas o rojas en el centro y bordes de los dientes; posee diez estambres insertados en un nectáreo, en dos ciclos, los externos más largos; un ovario rudimentario al centro. La flor femenina es pistilada con un pedicelo curvo y largo de 4 a 5 mm de longitud; cáliz similar al de la flor estimada, 10 a 12 mm, con los dientes cortados hasta la

base, de color verde amarillento, rojo o con franjas púrpuras en el borde de los sépalos. Ovario tricarpelar, elipsoidal, amarillo o rojizo, asentado sobre un disco central bien desarrollado; estigma grueso y carnoso. (Inga y López, 2001)

El fruto es una cápsula ovoide, trilocular de 1.54 cm de largo, de color verde, con 6 aristas longitudinales prominentes, a menudo de color diferente al resto del fruto. Su semilla es elíptica, aplanada, 10 mm de largo y 5 mm de ancho, testa dura y brillantes con manchas oscuras, embrión rodeado de una gruesa capa de endospermo. Las raíces tuberosas, fusiformes, cilíndricas o ramificadas, dispuestas en fascículos en número variable, al momento de la cosecha alcanzan entre 20 a 25 cm de largo y entre 5 y 15 cm de diámetro con 0.200 g a 3 kg de peso. (Inga y López, 2001)

La planta de yuca puede desarrollarse en gran variedad de suelos y la siembra se realiza en cualquier época del año, comúnmente al inicio de la estación lluviosa. El cultivo de la planta presenta diversas ventajas para la alimentación en zonas tropicales: cultivo fácil, resistencia a enfermedades y parásitos, rendimiento relativamente asegurado, posibilidades de conservación en el suelo y disponibilidad durante todo el año. (Inga y López, 2001)

2.2.2. Diversidad genética

La yuca (*Manihot esculenta Crantz*), pertenece a la familia *Euphorbiaceae* que está constituida por unas 7 200 especies y su centro de origen genético se encuentra en la Cuenca Amazónica. (Aristizábal et al., 2007)

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) conserva en el banco de germoplasma in vitro 6 073 clones discriminados en 5 724 clones, que incluyen cultivares primitivos, cultivares mejorados y material genético y 349 accesiones correspondientes a 33 especies silvestres. La colección de germoplasma de yuca del CIAT está constituida en un 96 por ciento por los procedentes de América Latina que es el centro primario de diversidad. El CIAT asigna un código único específico y permanente a las variedades colectadas; en caso de

que el clon desaparezca, su código nunca será asignado a otro clon. En la nomenclatura para los clones de yuca también son importantes los nombres regionales o comunes. Usualmente, los agricultores designan las variedades con nombres que guardan relación con alguna característica de la planta o con su procedencia. Por ejemplo: algodonas, variedades de fácil cocción; rojitas, variedades de pecíolos rojos; llaneras, variedades procedentes de los Llanos; negritas, variedades de tallo o cogollo oscuro. Otra nomenclatura corresponde a los materiales liberados y que guardan relación con detalles particulares del clon o del sitio de liberación, como, por ejemplo: venezolana, panameña, brasileña, americana. (Aristizábal et al., 2007)

La presencia de glucósidos cianogénicos tanto en raíces como en hojas es un factor determinante en el uso final de la yuca. Muchas variedades llamadas dulces tienen niveles bajos de estos glucósidos y pueden consumirse de manera segura luego de los procesos normales de cocción. Otras variedades llamadas amargas tienen niveles elevados de glucósidos que necesitan un proceso adecuado para que puedan ser aptas para el consumo humano; por ello estas variedades son generalmente utilizadas para procesos industriales. (Ulloa, 2018)

No existe una relación definida entre el sabor amargo o dulce y el contenido de glucósidos cianogénicos. La diferenciación entre variedades amargas y dulces no siempre es precisa, ya que el contenido de glucósidos cianogénicos no es constante dentro de una variedad y depende también de las condiciones edafoclimáticas del cultivo. Por lo tanto, una variedad de yuca puede ser clasificada como amarga en una localidad y como dulce en otra. En los suelos fértiles se incrementa el sabor amargo y la concentración de glucósidos cianogénicos, las yucas amargas son más comunes en el área amazónica y en el Caribe, mientras que las dulces se encuentran con mayor frecuencia en el norte de América del Sur. (Ulloa, 2018)

Dependiendo del uso final de la yuca, esta puede ser clasificada como de calidad culinaria cuando se destina al consumo humano directo; como industrial cuando se usa para la producción de subproductos tales como harina, almidón, trozos secos o como de doble

propósito, es decir, fenotipos que podrían ser usados tanto para el consumo humano como industrial. Actualmente, los programas de mejoramiento genético están dirigidos a la búsqueda de variedades específicas para la industria, ya que las variedades de doble propósito resultan, en algunos casos inadecuadas para consumo en fresco o para la industria. (Aristizábal et al., 2007)

2.2.3. Valor nutricional

Vinces y Vera (2023) mencionan que la yuca tiene grandes propiedades nutritivas, entre las cuales destacan:

- Posee vitamina A, fundamental para la formación y mantenimiento de los dientes y para generar los pigmentos necesarios para el buen funcionamiento de la retina, desempeñando un rol importante en el desarrollo de una buena visión.
- Posee también vitamina C, que sirve para evitar el envejecimiento y facilitar la absorción de otras vitaminas y minerales, actuando como un poderoso antioxidante.
- Tiene un alto contenido en fibra, es el alimento adecuado para mantener el organismo libre de toxinas y residuos.

2.2.4. Variedad de yuca: Amarilla

2.2.4.1. Clasificación taxonómica. Según Quintana (2021) la yuca amarilla se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

Tabla 2*Taxonomía de la yuca amarilla*

1	Reino	<i>Plantae</i>
2	División	<i>Magnoliophyta</i>
3	Clase	<i>Magnoliopsida</i>
4	Orden	<i>Malpighiales</i>
5	Familia	<i>Euphorbiaceae</i>
6	Subfamilia	<i>Crotonoidea</i>
7	Tribu	<i>Manihoteae</i>
8	Género	<i>Manihot</i>
9	Especie	<i>Manihot esculenta</i>

Nota. Adaptado de “Obtención de bioplástico a partir de la yuca Amarilla (*Manihot esculenta*) y aceite esencial de Hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) para embalaje de Alimentos” (p.7), por Quintana, 2021.

2.2.4.2. Características botánicas. La característica principal de este cultivo es que permite su total utilización, el tallo para su propagación vegetativa; sus hojas son medicinales, y las raíces para el consumo en fresco, la agroindustria, o la exportación. La yuca es un cultivo de carácter rústico cuya producción de raíces es alta y actúa como fuente de carbohidratos y follajes que sirven para la fabricación de harina que contiene un porcentaje alto de proteínas. Como cultivo, la producción de yuca tiene ventajas, como su gran rendimiento por hectárea, tolerancia a la sequía y suelos desgradados y una gran flexibilidad para la siembra y la cosecha. (Quintana, 2021)

2.2.4.3. Composición química. Según Reyes et al. (2017) la composición de la yuca amarilla en base a 100 gramos de alimento es la siguiente:

Tabla 3*Composición química de la yuca amarilla sin cáscara*

Componente	Cantidad
Energía(kcal)	147
Proteínas(g)	613
Grasa total (g)	0.2
Carbohidratos totales(g)	39.1
Fibra dietaria (g)	1.8
Calcio(mg)	35
Fósforo(mg)	62
Zinc(mg)	0.24
Hierro(mg)	0.4
Vitamina a (ug)	1
Tiamina (mg)	0.03
Riboflavina (mg)	0.04
Niacina(mg)	0.66
Vitamina c(mg)	36.3

Nota. Adaptado de “Tablas peruanas de composición de alimentos” (p.66), por Reyes et al., 2017.

2.2.5. Subproducto de la yuca: Harina

2.2.5.1. Definición. La harina de yuca comestible (*Manihot esculenta crantz*), es un producto blanco y fino que se obtiene a través de un proceso de pulverización y molienda de las hojuelas o pasta de yuca, seguido del cernido para separar la fibra de la harina. (INACAL, 2019 ; Tolentino, 2023)

2.2.5.2. Valor nutricional. Es un alimento rico en hidratos de carbono (85 por ciento y aunque pobre en grasas y proteínas, es un alimento digestivo, y nos aporta de forma moderada vitaminas del grupo B, potasio, magnesio, calcio, hierro y vitamina C. (Tolentino, 2023)

2.2.5.3. Uso en producto alimenticios. Es considerado un alimento nutritivo, de sabor delicado, muy liviano y de fácil digestión, y es utilizado en la preparación de alimentos

dietéticos, especialmente para personas que son intolerantes al gluten. Puede utilizarse en formulaciones tales como pastas, galletas, mezclas para tortas, entre otros. (Tolentino, 2023)

La harina de yuca es utilizada como sustituto de la harina de trigo, para la fabricación de galletas, panes, ensaladas, aderezos, polvos para helado, fideos, que se consiguen a partir de la trituración de las raíces peladas de la yuca, dando un producto seco que se puede refrigerar. (Rico y Peralta, 2020)

2.2.5.4. Procesamiento de harina de yuca. La yuca cosechada es pelada, lavada, rallada y secada. El rallado se realiza utilizando una calamina plana con agujeros, estos tienen un diámetro de 3 mm. La masa obtenida es extendida en blandonas, o en cualquier otro recipiente, y secada, hasta que tenga la consistencia de polvo. (Inga y López, 2001)

2.2.5.5. Factores de calidad. Según la Comisión del Codex Alimentarius (CAC, 1989) e INACAL (2019) la harina de yuca comestible debe presentar las siguientes características:

- Deberá ser inocua y apropiada para el consumo humano.
- Deberá estar exenta de sabores, olores extraños y de insectos vivos.
- Deberá estar exenta de suciedad (Impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos) en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana
- El contenido de humedad máximo que puede presentar la harina de yuca comestible es de 13.0 % base seca (b.s.) máximo. Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos.
- El contenido de ácido Cianhídrico de la harina no deberá exceder de 10mg/kg.

2.3. Bases teóricas sobre el zapallo

2.3.1. Clasificación taxonómica

Ganán (2021) afirma que “el género *Cucurbita* es originario de América, algunas variedades como *C. maxima* y *C. andreana* son nativas de América del Sur, mientras que *C. pepo*, *C. texana*, *C. moschata* y *C. mixta* son originarias de América del Norte” (p. 5).

Asimismo, Ganán (2021) presenta la siguiente clasificación taxonómica del zapallo:

Tabla 4

Clasificación taxonómica del zapallo

1	Reino	Vegetal
2	División	Fanerógamas
3	Sub división	Angiospermas
4	Clase	Dicotiledóneas
5	Orden	Cucurbitales
6	Familia	Cucurbitáceas
7	Género	<i>Cucurbita</i>
8	Especie	Máxima
9	Nombre científico	<i>Cucurbita máxima</i>
10	Nombre común	Zapallo, calabaza, Calabacera

Nota. Adaptado de “Determinación del punto óptimo de cosecha de zapallo (*Cucurbita maxima*) para la elaboración de chips por fritura al vacío” (p.6) por Ganán (2021).

2.3.2. Características botánicas

Las cucurbitáceas pertenecen a la familia de las plantas dicotiledóneas, de fruto carnoso de forma redonda y alargada, de cascara gruesa, rugosa o lisa; a esta familia pertenecen el melón, sandía, pepino, chayote, zapallo y otros. (Claudio y Rivera, 2022)

El sistema radical del zapallo se caracteriza por poseer una raíz pivotante gruesa que puede penetrar hasta 1.80 m de profundidad a su madurez, las ramificaciones por debajo del

nivel de 0.60 m no son importantes; las hojas son grandes, cordiformes, pecioladas y de ordinario 3-5 lobadas; las flores son monoicas de color amarillo, grandes y visibles, y, por lo general, aisladas en las axilas de las hojas, poseen corola acampanada con cinco lóbulos y el fruto es uno de los más grandes del reino vegetal. (Claudio y Rivera, 2022)

2.3.3. Variedad de zapallo: Macre

2.3.3.1. Descripción y producción. El zapallo macre (*Cucurbita máxima duch*), es una hortaliza originaria de Sudamérica con mayor presencia y consumo en Perú, Ecuador y Bolivia. Se diferencia de sus demás géneros por mostrar frutos grandes, que pueden superar los 60 kg. Debido a su plasticidad prospera en diferentes condiciones agroclimáticas sin afectar su rendimiento y la tecnología de manejo, en cuanto a la densidad de siembra, repercute en el rendimiento y calidad de fruta. En general su rendimiento promedio nacional se ubica en 27.44 t ha⁻¹, no obstante, las regiones de Ancash, Arequipa y Tacna llegan a superar el promedio nacional con 39.60, 39.10 y 35.06 t ha⁻¹, respectivamente. (Cosme, 2021)

2.3.3.2. Composición química. Según Reyes et al. (2017) la composición del zapallo macre en base a 100 gramos de alimento es la siguiente:

Tabla 5*Composición química del zapallo macre*

Componente	Cantidad
Energía (kcal)	26
Proteínas(g)	0.7
Grasa total (g)	0.2
Carbohidratos totales(g)	6.4
Calcio(mg)	26
Fósforo(mg)	17
Zinc(mg)	0.13
Hierro(mg)	0.60
Vitamina a (ug)	68

Nota. Adaptado de “Tablas peruanas de composición de alimentos” (p.26), por Reyes et al., 2017.

2.3.3.3. Valor nutricional. El zapallo macre (*Cucurbita maxima Duch*) es considerada muy importante en el Perú debido a su alto consumo y por ser un alimento nutritivo con alto contenido de calcio, fósforo, hierro y vitaminas A, B y C. (Cosme, 2021)

El betacaroteno que es un carotenoide muy abundante en el zapallo es un gran precursor de la vitamina A, este caroteno cumple con múltiples funciones en el organismo como el aumento del sistema inmune, ayuda con la disminución de los riesgos de las enfermedades degenerativas como lo son el envejecimiento celular, el cáncer, las enfermedades cardiovasculares, arteriosclerosis, la degeneración macular que es la relacionada con la edad y la formación de cataratas. Entre las propiedades antioxidantes del β -caroteno, se encuentra que desactiva los radicales libres y atrapa el oxígeno. (Mendieta y Zambrano, 2021)

2.3.3.4. Semillas de zapallo macre

A. Descripción morfológica. La semilla presenta un color marrón claro con forma achatada y convexa, mínimamente reducido en uno de sus extremos, con un peso promedio de

1.2 g y un número de 250 semillas por fruto. En estado maduro no tiene endospermo funcional puesto que la reserva nutritiva se encuentra guardada en las hojas cotiledóneas. (Cosme, 2021).

B. Composición química. Las semillas de zapallo macre presentan una composición nutricional caracterizada por su alta cantidad de ácidos grasos y proteínas. Estudios han demostrado que, del total de grasas presentes en 100 g de semillas, un 73.1 y un 80.5 % corresponden a ácidos grasos insaturados, predominando los ácidos linoleico, oleico, palmítico y esteárico; por lo cual le otorgan cualidades funcionales. (Cervantes y Torres, 2018)

Se destaca el contenido de aminoácidos, entre ellos, el ácido glutámico y la arginina son los más abundantes (18 y 16 % de las proteínas totales, respectivamente) , en menores cantidades presenta aminoácidos esenciales, como: lisina (3.8 %), isoleucina (3.9 %), leucina (6.9 %), treonina (3.1 %), triptófano (2.7 %) y valina (4.7 %), de los cuales la mayoría se encuentra por sobre el porcentaje diario recomendado por la Organización Mundial de la Salud para la ingesta en niños menores de 12 años. (Cervantes y Torres, 2018)

A continuación, se muestra la composición química de la semilla de zapallo según Mendieta y Zambrano (2021):

Tabla 6*Composición química de la semilla de zapallo macre*

Componente	Tierno	Maduro
Humedad	94.5	91.4
Proteínas	0.3	0.2
Materia grasa	0.1	0.5
Carbohidratos	4.4	6.9
Fibra cruda	0.5	0.6
Cenizas	0.2	0.4

Nota. Adaptado de “Tiempo y temperatura de tostado sobre el grado de alergia alimentaria en la semilla de zapallo (Cucúrbita máxima d.)” (p.7), por Mendieta y Zambrano, 2021.

C. Propiedades nutricionales y usos. Las semillas del zapallo son ricas en esteroides vegetales, que reducen los triglicéridos, el colesterol y el azúcar en sangre, regula los niveles de lípidos en el cuerpo para prevenir el colesterol malo. Además, son ricas en calorías, tienen una gran cantidad de vitamina E, betacarotenos, selenio, zinc y contiene antioxidantes que destacan por prevenir la degeneración de los tejidos y reducir la presencia de tumores. (Asencio, 2023)

Según Mendieta y Zambrano (2021) los estudios realizados describen a las semillas con las siguientes propiedades terapéuticas:

Útil en la reducción de la tensión arterial y cálculos renales. Diurético, para tratar la apendicitis, nefritis, irritación de la vejiga y demás problemas del tracto urinario. Posee propiedades citotóxicas, antitumorales, antihelmínticas y antiamebianas. Alivia los síntomas de

la Hiperplasia prostática benigna, disminuye el peso de la próstata ventral y mejora la histología de los testículos

Las semillas de zapallo se consumen de diferentes maneras ya sea que se encuentren crudas enteras, asadas, tostadas o molidas. Las semillas tostadas no solo sirven para ser ingeridas de manera directa, sino también para saldas, ají y otras elaboraciones como reemplazo del maní. Sirven como laxante natural y las mujeres embarazadas pueden consumirlas pues reducen el vómito y los mareos. (Mendieta y Zambrano, 2021)

2.4. Bases teóricas sobre la linaza

2.4.1. Clasificación taxonómica

Según Atauje (2020) la ubicación taxonómica de la linaza es la siguiente :

Tabla 7

Clasificación taxonómica de la linaza

1	Reino	<i>Plantae</i>
2	División	<i>Magnoliophyta</i>
3	Sub división	<i>Angiospermas</i>
4	Clase	<i>Magnoliopsida</i>
5	Subclase	<i>Rosidae</i>
6	Orden	<i>Linales</i>
7	Familia	<i>Linaceae</i>
8	Género	<i>Linum</i>
9	Especie	<i>L. usitatissimum</i>

Nota. Adaptado de “Formulación de un helado hipocalórico y funcional elaborado a partir de extracto de *Linum usitatissimum* (linaza)” (p.28), por Atauje, 2020.

2.4.2. Características botánicas

La semilla de linaza es de 4 a 6 mm de longitud, aplanada, de forma oval y con un extremo aguzado, respecto a la cubierta de la semilla es de apariencia suave y brillante, y su color varía entre marrón oscuro y amarillo claro. La mayor proporción del embrión de la linaza

la constituyen los dos cotiledones aplanados, este además está rodeado por las cubiertas de la semilla y por una delgada capa de endosperma. La testa tiene una capa exterior que contiene la mayoría de la fibra soluble y dos interiores ricas en fibra y lignanos. Por lo tanto, la testa, endosperma y cotiledones representan el 22, 21 y 57 %, respectivamente. (Figuerola et al., 2008)

2.4.3. *Composición química*

Según Reyes et al. (2017) la composición de la linaza en base a 100 gramos de alimento es la siguiente:

Tabla 8

Composición química de la linaza

Componente	Cantidad
Energía (Kcal)	428
Proteínas (g)	21
Grasa total (g)	42.5
Carbohidratos totales (g)	0
Calcio (mg)	228
Fósforo (mg)	400
Hierro (mg)	3.41
Niacina (mg)	1.36
Sodio (mg)	42

Nota. Adaptado de “Tablas peruanas de composición de alimentos” (p.38), por Reyes et al., 2017.

2.4.4. *Valor nutricional*

2.4.4.1. Fibra. Se encuentra bajo la forma de ácidos grasos del 52 al 76 % como Omega 3 (ácidos grasos esenciales), lignanos de 2 - 2.5 % (fitoestrógenos de la cáscara de la semilla), albúmina, linustatina, y linamarina. Las fibras solubles pueden aumentar la sensación de saciedad, reducir el apetito y disminuir la absorción de azúcares y colesterol. (Bueno, 2017)

2.4.4.2. Ácidos grasos esenciales. Contiene el ácido linolénico (Omega 3) en mayor proporción, el cual se debe consumirse en mayor cantidad porque ayuda a prevenir enfermedades del sistema circulatorio y cáncer y también contiene ácido linoleico denominado Omega 6. (Bueno, 2017)

La semilla de lino es reconocida mundialmente, por ser una importante fuente vegetal de AGPI ω -3 y ω -6, con un bajo contenido en grasas saturadas (9 %). En su composición predomina el ácido graso esencial alfa-linolénico (ALA ω -3), ocupando el 57 % del contenido graso total; por otro lado, el ácido linoleico (AL ω -6) también está presente, aunque en una menor concentración (16 %). Esto último, es altamente benéfico, debido a que su contenido equilibrado de Ácidos grasos esenciales (AGE), alto en Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) ω -3 y bajo en AGPI ω -6, contribuye a la prevención de enfermedades cardiovasculares. (Castro y Zegarra, 2020)

2.4.4.3. Fitoestrógenos. La linaza es rica en la familia de los lignanos que producen los efectos de los estrógenos, a la que se atribuye también la cualidad de prevenir tumores, principalmente en senos. (Bueno, 2017)

2.4.4.4. Proteínas. Son necesarias para producir hormonas y fabricar, reemplazar y recuperar las células de los tejidos. (Bueno, 2017)

2.4.4.5. Vitaminas A, B, D y E. Son indispensables para el organismo, pues benefician a todos los sistemas e intervienen en el funcionamiento celular. La deficiencia en vitaminas A, B, D y E, puede ocasionar alteración en la coagulación sanguínea, descalcificación de huesos, falta de visión durante la noche enfermedades en la piel, entre otros padecimientos. (Bueno, 2017)

2.4.4.6. Sales minerales. Participan en la formación de células y en la mayoría de las reacciones químicas que ocurren en el organismo. (Bueno, 2017)

2.4.5. Beneficios de su consumo

La semilla de linaza puede ofrecer beneficios para la salud tales como reducción del riesgo de desarrollo de enfermedades cardiovasculares, mitigación de los efectos de la diabetes, patologías renales, obesidad, cáncer de colon y recto, reducción del nivel de colesterol sérico y promoción de la evacuación intestinal. Además, es importante destacar a la fibra dietética, los lignanos, el aceite y las proteínas. (Atauje, 2020)

La semilla de lino ofrece muchos beneficios para la salud, como prevenir algunas enfermedades crónicas, entre los componentes de la semilla que destacan por su actividad biológica se encuentran el ácido alfa linolénico, los lignanos y la fibra dietética. La linaza ayuda a reducir el nivel de colesterol y bajar la presión arterial, por lo tanto, protege de las enfermedades cardiovasculares y al incorporarla en una dieta saludable resulta más fácil controlar la glucosa en la sangre. (Atauje, 2020)

El alto contenido de fibra soluble e insoluble genera efectos benéficos para la salud como el efecto hipoglucemiante y la reducción significativa de los niveles séricos del colesterol total. Debido al alto poder de absorción que poseen las semillas, otro de sus efectos benéficos se muestra en el tratamiento del estreñimiento, a la lubricación de la masa fecal y a la estimulación del peristaltismo. (Plencovich et al., 2017)

El aporte de las semillas de Omega-3 y Omega-6 ejerce una actividad antiinflamatoria y efectos relacionados con la regulación de la presión arterial, la prevención de osteoporosis y la disminución de enfermedades cardiovasculares y autoinmunes. (Plencovich et al., 2017)

2.4.6. Factores anti nutricionales de la linaza

Los factores antinutricionales presentes en la linaza constituyen un grupo heterogéneo de metabolitos secundarios que, aunque forman parte de los mecanismos naturales de defensa de la planta, pueden interferir con los procesos digestivos y metabólicos cuando son consumidos en concentraciones elevadas. Estos factores pueden restringir la absorción de

nutrientes y reducir la biodisponibilidad de minerales esenciales, lo que requiere procesamiento adecuado para su eliminación. (Singh et al., 2022)

Entre los principales factores antinutricionales identificados en la linaza, los glucósidos cianogénicos representan el grupo más relevante desde el punto de vista toxicológico. La linaza contiene niveles elevados de compuestos fitotóxicos como linatina, ácido fítico, inhibidores de proteasa y glucósidos cianogénicos, y estudios epidemiológicos han demostrado que el consumo de estos compuestos puede conducir a una pobre biodisponibilidad de nutrientes (Dzuvor et al., 2018). Los principales glucósidos cianogénicos encontrados en la linaza son linustatina, neolinustatina y linamarina, con concentraciones que varían entre 213-352 mg/100 g de semilla, 91-203 mg/100 g de semilla, y <32 mg/100 g de semilla, respectivamente. Estos compuestos pueden generar ácido cianhídrico altamente tóxico para los mamíferos mediante procesos enzimáticos, especialmente cuando la integridad estructural de la semilla se ve comprometida durante el procesamiento o la masticación. (Huang et al., 2023)

El ácido fítico constituye otro factor antinutricional de considerable importancia en la linaza, actuando como quelante de minerales esenciales. El ácido fítico se une a minerales y los hace no disponibles debido a su propiedad quelante, y se ha reportado que inhibe la absorción de hierro, zinc, calcio, magnesio y manganeso (Singh et al., 2022). La linaza contiene entre 23-33 g de ácido fítico por kilogramo de harina, y las variaciones son significativamente diferentes entre cultivares, años y ubicaciones, este compuesto forma complejos insolubles con metales esenciales, reduciendo significativamente su biodisponibilidad durante el proceso digestivo y alterando la absorción de minerales fundamentales para el mantenimiento de diversas funciones fisiológicas. (Oomah et al., 1996)

2.4.7. Subproducto de la linaza: Harina

2.4.6.1. Aspectos generales. La harina de linaza es un producto en forma de polvo fino regular marrón, que es obtenida a partir de la molienda de las semillas de linaza. (Balón, 2024)

2.4.6.2. Procesamiento de harina de linaza. Según Balón (2024) la obtención de la harina de linaza se realiza a partir de la molienda de las semillas de linaza para obtener un producto en forma de polvo fino. A continuación, se describe el proceso:

A. Preparación de las semillas. Se limpian y seleccionan las semillas mediante la separación manual de cualquier material extraño y la eliminación de semillas en mal estado o que se encuentran dañadas. Se realiza la preparación de las semillas con el objetivo de eliminar impurezas y garantizar la calidad del producto final. (Balón, 2024)

B. Molienda. Balón (2024) afirma que el objetivo de este proceso es reducir las semillas de linaza a un polvo fino y se realiza utilizando un molino o un procesador de alimentos adecuado. Dependiendo de las preferencias y los requisitos del producto final, puede realizarse de dos formas:

- **Molienda en seco:** las semillas se muelen mediante el uso de un molino de impacto, un molinillo de café u otro dispositivo de molienda y sin la adición de líquidos.
- **Molienda en húmedo:** las semillas se remojan en agua durante un período de tiempo para ablandarlas y posteriormente se muelen mediante un molino o procesador de alimentos.

C. Tamizado y clasificación. Puede hacerse mediante el uso de tamices de diferentes tamaños para eliminar cualquier partícula gruesa o no deseada, con el fin de obtener una textura y un tamaño de partícula más uniformes. (Balón, 2024)

D. Almacenamiento. Una vez obtenida la harina de linaza, se debe almacenar en un recipiente hermético y protegido de la luz, el calor y la humedad. Esto ayudará a preservar su calidad y frescura a lo largo del tiempo. (Balón, 2024)

Es importante destacar que, dependiendo de algunos factores como la calidad de las semillas utilizadas, el proceso de molienda y el almacenamiento adecuado; la calidad de la harina puede variar. (Balón, 2024)

2.4.6.3. Usos. Según Bueno (2017) los usos de la harina de linaza son los siguientes:

- Se puede usar en una diversidad de alimentos: barras nutritivas, postres, snack, productos de repostería, bebidas nutricionales, helados y cereales de desayuno. Los cambios organolépticos y tecnológicos que ocurran en el alimento determinan la cantidad de harina de linaza que se puede incorporar.
- En panificación con 5 % de harina de linaza, la firmeza del pan aumenta y disminuye la calidad de la miga y la corteza, pero su volumen es mayor y tiene mayor vida útil
- En el caso de los muffins, con 10 % de harina de linaza, se obtienen productos con buena apariencia, color, sabor, textura y aceptabilidad.
- En la elaboración de pasta refrigerada, debido al efecto bacteriostático y fungistático de los componentes de la linaza las pastas obtenidas tienen un menor desarrollo de hongos, levaduras y bacterias durante el almacenamiento refrigerado de 7 semanas, sin embargo, son menos firmes durante la cocción.

2.5. Bases teóricas sobre evaluación sensorial

La evaluación sensorial se define como un método científico utilizado para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas humanas a productos alimenticios a través de los sentidos de la vista, olfato, tacto, gusto y oído. Este enfoque cuantitativo minimiza sesgos mediante condiciones controladas de preparación y servicio de muestras. Se basa en datos numéricos para establecer relaciones entre características del producto y percepción humana. Su aplicación es esencial en la industria alimentaria para garantizar calidad y aceptación del consumidor. (Lawless y Heymann, 2010)

La importancia de la evaluación sensorial radica en su capacidad para determinar la aceptabilidad de productos innovadores en ciencias alimentarias. Permite identificar preferencias de consumidores y optimizar formulaciones de alimentos. En contextos educativos, fomenta la creatividad en estudiantes de tecnología de alimentos. Su integración

en el desarrollo de productos asegura resultados prácticos y orientados al mercado. (Meilgaard et al., 2015)

En aplicaciones industriales, la evaluación sensorial guía el desarrollo de productos en programas de innovación como EIT RIS .Identifica tendencias en el uso de métodos sensoriales para nuevos desarrollos de productos (NPD). Contribuye a explorar oportunidades globales mediante técnicas como el mapeo proyectivo. Su evolución integra enfoques innovadores para mejorar la precisión en la industria alimentaria. (Stone et al., 2012)

2.5.1. Tipos de evaluación sensorial

Los principales tipos de evaluación sensorial se dividen en pruebas analíticas y afectivas. Las analíticas se centran en el producto, mientras que las afectivas evalúan preferencias del consumidor. Esta clasificación permite seleccionar el método más adecuado según los objetivos de la investigación. Las pruebas analíticas incluyen métodos discriminativos y descriptivos. (Stone et al., 2012)

Las pruebas discriminativas evalúan diferencias entre muestras, como en los métodos dúo-trío o triángulo. Comparan versiones mediante esquemas de memoria y secuencias variadas de cata. Son útiles para detectar sensibilidad en diferencias sensoriales mínimas. Su sensibilidad depende del diseño experimental y la capacitación del panel. (Lawless y Heymann, 2010)

Las pruebas descriptivas, como el perfil de sabor, proporcionan una caracterización detallada de atributos sensoriales . Utilizan paneles entrenados para cuantificar intensidades en escalas numéricas. Son aplicadas en el desarrollo de nuevos productos para mapear texturas y sabores. Facilitan la identificación de oportunidades de mercado no explotadas. (Stone et al., 2012)

Las pruebas afectivas miden preferencias y aceptabilidad mediante escalas hedónicas involucran consumidores no entrenados para reflejar reacciones reales. Son cruciales para

validar productos antes de su comercialización. Ayudan a predecir el éxito comercial basado en respuestas emocionales. (Meilgaard et al., 2015)

2.5.2. Pruebas afectivas y pruebas hedónicas

Las pruebas afectivas están orientadas a medir el agrado y preferencia del consumidor final. Dentro de estas, las pruebas hedónicas son las más utilizadas porque permiten cuantificar la aceptabilidad global o por atributos específicos mediante escalas estructuradas (Meilgaard et al., 2015). Se aplican a consumidores no entrenados en condiciones controladas, donde las muestras se presentan codificadas y en orden aleatorio para evitar sesgos. (Lawless y Heymann, 2010)

Según Lawless y Heymann (2010) y Meilgaard et al. (2015) dentro de este tipo de pruebas las escalas hedónicas constituyen el instrumento principal para medir la aceptación sensorial. Su función es traducir la respuesta emocional del consumidor en datos cuantitativos:

- Escala hedónica de 9 puntos: desarrollada por Peryam y Pilgrim, es la más utilizada en estudios sensoriales. Presenta una clasificación que va desde “Me disgusta extremadamente” hasta “Me gusta extremadamente”. (Meilgaard et al., 2015)
- Escalas de 7 y 5 puntos: son utilizadas cuando se trabaja con poblaciones especiales (niños, adultos mayores) o cuando se busca simplificar la evaluación. (Lawless y Heymann, 2010)
- Escalas gráficas o pictográficas: empleadas principalmente en estudios infantiles, representan grados de agrado mediante imágenes o emoticonos fáciles de interpretar. (Lawless y Heymann, 2010)

Estas escalas permiten identificar formulaciones óptimas, determinar la aceptabilidad del producto y orientar procesos de reformulación antes de su lanzamiento comercial. (Lawless y Heymann, 2010 ; Meilgaard et al., 2015)

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La investigación se enmarcó dentro del enfoque cuantitativo, ya que se basó en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos mediante pruebas sensoriales. Fue de tipo aplicada, pues buscó brindar soluciones prácticas al proponer un producto alimenticio innovador elaborado a partir de harina de yuca, semillas de zapallo y linaza. Asimismo, correspondió a un diseño experimental, dado que se manipularon deliberadamente las proporciones de los ingredientes con el fin de evaluar su efecto sobre la aceptabilidad sensorial del snack por parte de los consumidores.

3.2. Ámbito temporal y espacial

La investigación se realizó en el laboratorio de Tecnología de Alimentos y laboratorio de Química, Bioquímica y Control de Alimentos de la Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura de la Universidad Nacional Federico Villarreal, provincia y región de Lima.

El desarrollo del proyecto duró, aproximadamente, un año (desde el mes de Julio del año 2024 a Julio 2025).

3.3. Variables

3.3.1. *Variables dependientes*

- Aceptabilidad sensorial de los palitos snack elaborados a base harina de yuca, semillas de zapallo y linaza.
- Composición proximal de la formulación optimizada de los palitos snack.

3.3.2. *Variables independientes*

Para el desarrollo de la investigación, se consideró como variable independiente a la formulación de palitos snack elaborado con harinas de:

- Yuca amarilla

- Semillas de zapallo
- Semillas de linaza

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población de estudio se considera infinita determinada por la cantidad producida de los palitos snack.

3.4.2. Muestra

La muestra fue determinada como:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.9 * 0.1}{0.1^2}$$

De donde se obtuvo un tamaño de muestra $n = 36$.

3.5. Instrumentos

3.5.1. Materiales

- **Materias primas.** Harina de yuca amarilla (elaboración propia), harina de semillas de zapallo (elaboración propia) y harina de linaza (mercado nacional).
- **Insumos.** Aceite de girasol, agua potable, sal de mesa y levadura seca.
- **Materiales de laboratorio.** Cuchillo de acero inoxidable, tabla de picar de plástico, rodillo de silicona, tamiz de acero inoxidable de malla N° 0.6 mm, cucharas, cucharón, espátulas, fuentes para horno, fuentes para estufa, recipientes redondos de acero inoxidable, regla de metal de uso específico, vasos precipitados PIREX de 1000 ml, de 500 ml, 250 ml y papel de manteca.
- **Materiales de envasado y empaçado.** Recipientes de vidrio para las harinas y bolsas de polietileno para el producto final.
- **Materiales para pruebas de análisis sensorial.** Vasos descartables, agua mineral, guantes de nitrilo, mascarillas, tocas para cabello tipo tira y servilletas.

3.5.2. Equipos

- Horno esterilizador de calor seco digital, marca Eurotech, con rango máximo de 300 °C.
- Procesador de alimentos, marca Philips, capacidad de recipiente de 1.5 L.
- Horno Multifunción Empotrable, marca Bosch, capacidad de 66 Litros.
- Balanza digital, marca Henkel, capacidad de 30 kg.
- Balanza digital, marca Henkel, capacidad de 500 g.
- Sellador manual, marca Dakota.

3.6. Procedimientos

3.6.1. Descripción tecnológica del proceso para la obtención de harina de yuca amarilla

- Recepción: La yuca se recibió pelada y entera en planta y posteriormente fue troceada para un secado óptimo.
- Selección: Se procedió a seleccionar la yuca que se encontraba con características sensoriales no aceptables, tales como trozos que presentaban oscurecimiento y/o pardeamiento enzimático y también se separó las raíces.
- Secado: Se obtuvieron tres harinas de yuca amarilla a partir de diferentes temperaturas de secado.
- Molienda: Se realizó empleando un procesador de alimentos.
- Tamizado: Se tamizó la harina de yuca de manera manual empleando un tamiz de malla N.º 0.6 mm, según Norma Técnica Peruana – NTP 011.500: Yuca y derivados.
- Envasado: Se llevó a cabo de manera manual, vaciando la harina en un recipiente de vidrio transparente hermético.

3.6.2. Descripción tecnológica del proceso para la obtención de harina de semillas de zapallo macre

- **Recepción:** Se recibieron las semillas después de separarlas de la pulpa del zapallo.
- **Lavado:** Se lavaron las semillas con la finalidad de retirar toda pulpa de zapallo adherida.
- **Selección:** Se realizó la separación de las semillas de color blanco, porque estas no contienen cotiledón en su interior. Por lo tanto, no se emplearon para la obtención de harina.
- **Secado:** Se obtuvieron tres harinas de semillas de zapallo a partir de diferentes temperaturas de secado.
- **Molienda:** Se retiraron las semillas del deshidratador y se dejaron reposar a temperatura ambiente en la fuente de 10 a 15 minutos, hasta que enfríen. Posterior a ello, se realizó la molienda empleando una licuadora.
- **Tamizado:** Se tamizó la harina de semillas de zapallo de manera manual empleando un tamiz.
- **Envasado:** Se llevó a cabo de manera manual, vaciando la harina en un recipiente de vidrio transparente y cerrando.

3.6.3. Descripción tecnológica para la obtención de palitos snack

- **Recepción:** Se recibieron y pesaron las materias primas entre ellas, las harinas a base de yuca amarilla, semillas de zapallo y de linaza.
- **Mezclado:** Se mezclaron en un recipiente de acero inoxidable, las harinas y demás insumos (levadura, agua, aceite y sal).
- **Amasado:** Se realizó de manera manual, hasta lograr una textura elástica.

- Reposo: Se dejó reposar la masa por unos 20 a 30 minutos a temperatura ambiente, tapando el recipiente donde se encuentra.
- Moldeado: Con el empleo de un rodillo se procedió a estirar la masa obtenida y a cortar en tiras de 12 cm de largo y 1 a 1.5 cm de ancho, formando los palitos.
- Horneado: Se empleó una temperatura de 140-160 °C durante 20 a 50 minutos.
- Enfriado: Se enfrió a temperatura ambiente.
- Envasado: Se realizó con bolsas de polietileno con una selladora manual.

3.7. Análisis de datos

3.7.1. Diseño estadístico

Se realizó un diseño de mezclas restringido para determinar todas las combinaciones posibles de las de tres harinas (harina de yuca, harina de semillas de zapallo y harina de linaza). Las proporciones de los componentes estuvieron restringidas por los siguientes límites, establecidos con base en criterios tecnológicos y nutricionales (Anexo A):

- Harina de yuca: 60 % a 80 %
- Harina de semillas de zapallo: 15 % a 35 %
- Harina de linaza: 5 % a 20 %

De acuerdo con estos límites se definió la región factible del diseño de mezclas. A partir de esta región, se generaron nueve tratamientos experimentales (Tabla 9) mediante el método *Xvert* (*Extended Vertices Design*) utilizando la librería *mixexp* en el lenguaje R.

Tabla 9*Tratamientos experimentales*

Tratamientos	Harina de yuca (%)	Harina de semillas de zapallo (%)	Harina de linaza (%)
1	80.00	15.00	5.00
2	60.00	35.00	5.00
3	65.00	15.00	20.00
4	60.00	20.00	20.00
5	60.00	27.50	12.50
6	72.50	15.00	12.50
7	70.00	25.00	5.00
8	62.50	17.50	20.00
9	66.25	21.25	12.50

3.7.2. Análisis sensorial

Las propiedades sensoriales (color, sabor, olor, apariencia y crocantez) de los palitos snack elaborados a partir de una mezcla de harina de yuca, harina de semillas de zapallo y harina de linaza, fueron evaluadas mediante una prueba de aceptabilidad. Para ello, se utilizó una escala hedónica de cinco puntos (Anexo B), la cual fue aplicada a un panel conformado por 36 participantes.

La evaluación sensorial se llevó a cabo mediante la aplicación de un diseño incompleto balanceado en bloques (DIBB), siguiendo los lineamientos establecidos por Cochran y Cox (2008) con el objetivo de garantizar una distribución equilibrada de los tratamientos entre los panelistas y reducir la variabilidad experimental.

Para este diseño se consideraron los siguientes parámetros:

- $t = 9$ tratamientos (combinaciones generadas mediante el diseño de mezclas tipo Xvert)
- $K = 2$ tratamientos evaluados por bloque (panelista)
- $r = 8$ número de repeticiones por tratamiento

- $b = 36$ bloques o unidades experimentales (panelistas \times sesiones)
- $\lambda = 1$ número de veces que cada par de tratamientos aparecen juntos en un mismo bloque
- $E = 0.56$ eficiencia relativa del diseño respecto a un diseño completamente balanceado
- Tipo = 2

Cada combinación de tratamientos fue presentada con un orden aleatorizado donde cada panelista evaluó únicamente dos tratamientos por sesión.

3.7.3. Análisis químico – proximal del producto elaborado

El análisis proximal se realizó al tratamiento que obtuvo la mayor aceptación sensorial en la prueba hedónica. Para ello, se evaluaron los parámetros de contenido de humedad, proteína, grasa, cenizas, fibra y carbohidratos por diferencia. Las determinaciones se realizaron siguiendo los métodos oficiales establecidos por la *Association of Official Analytical Chemists*.

3.7.4. Análisis estadístico

Para la evaluación del efecto de las harinas de yuca, de semillas zapallo y de linaza, así como la determinación de los niveles óptimos de cada insumo en la aceptabilidad sensorial del snack se utilizó el Método de Superficie de Respuesta bajo un diseño de mezclas con restricciones

Se ajustaron modelos polinomiales de Scheffé (lineal, cuadrático y cúbico especial) para la estimación de los efectos individuales y de interacción de orden superior de las harinas de yuca, zapallo y linaza en la aceptabilidad del snack.

Se utilizó el análisis de varianza secuencial (ANOVA) para la selección del modelo óptimo para cada atributo; contrastando los diferentes órdenes polinómicos, junto con pruebas de falta de ajuste, coeficientes de determinación ajustados (R^2_{aj}) y PRESS.

La determinación de la mejor combinación de ingredientes se efectuó aplicando el método de funciones de deseabilidad, que integra múltiples respuestas en un único criterio de decisión. Cada atributo sensorial se transformó en una función de deseabilidad individual (criterio “más alto, mejor”), y posteriormente se combinó en una deseabilidad global (D) mediante la media geométrica ponderada, asignando mayor peso a crocantez y apariencia por su relevancia en la aceptabilidad global del producto.

Todo el procesamiento estadístico y la generación de gráficos se realizaron utilizando el lenguaje de programación R (*versión 4.4.1*).

3.8. Consideraciones éticas

El presente trabajo de investigación contó con la autorización de la Planta de procesamiento primario de frutas y verduras donde trabajo actualmente, que sugirieron mantener el nombre de la empresa en reserva para poder trabajar con la yuca amarilla y las semillas de zapallo, que son descartadas durante la producción.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis sensorial de los palitos snack por atributo

En la Tabla 10 se presentan los puntajes promedio de aceptabilidad asignados por los panelistas a cada uno de los atributos que se evaluaron en las nueve formulaciones según el diseño experimental.

Tabla 10

Resultados del análisis sensorial por atributo para cada tratamiento del diseño experimental

N.º ensayo	Variables independientes			Variables dependientes				
	Yuca (%)	Zapallo (%)	Linaza (%)	Olor	Sabor	Color	Crocantez	Apariencia
1	80.00	15.00	5.00	3.50	3.50	3.50	3.00	3.12
2	60.00	35.00	5.00	3.88	3.88	4.00	3.88	3.75
3	65.00	15.00	20.00	3.50	3.50	3.25	3.88	2.88
4	60.00	20.00	20.00	3.88	3.50	3.88	4.00	4.00
5	60.00	27.50	12.50	4.00	2.88	3.88	4.25	4.00
6	72.50	15.00	12.50	4.25	3.88	4.00	4.12	4.25
7	70.00	25.00	5.00	4.12	3.62	4.00	3.50	4.00
8	62.50	17.50	20.00	3.62	3.62	3.62	4.38	3.75
9	66.25	21.25	12.50	3.88	3.50	3.50	3.12	3.75

4.1.1. Olor

En la Tabla 11 se muestra el ajuste y comparación de modelos polinómicos secuenciales (lineal, cuadrático y cúbico especial) mediante superficie de respuesta. Incluye análisis de varianza (ANOVA), prueba de falta de ajuste y estadísticas principales de ajuste para evaluar la capacidad predictiva de los modelos en la aceptabilidad del olor del snack elaborado con las harinas de yuca, zapallo y linaza (Anexo C1).

Tabla 11

Ajuste de modelos de superficie de respuesta para la predicción de la aceptabilidad sensorial del atributo olor

Modelo secuencial de suma de cuadrados					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadro medio	Valor F	Probabilidad > F
Promedio	37.32	1	37.32		
Lineal	0.60	2	0.30	0.58	0.56461
Cuadrático	1.94	3	0.65	1.24	0.30360
Cúbico especial	0.84	1	0.84	1.62	0.20787
Residuales	33.94	65	0.52		
Total	37.32	71			

Prueba de falta de ajuste					
Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadro medio	Valor F	Probabilidad > F
Lineal	3.8423	6	0.6404	1.2272	0.3045
Cuadrático	1.9053	3	0.6351	1.2171	0.3109
Cúbico especial	1.0604	2	0.5302	1.0161	0.3679
Error puro	32.875	63	0.5218		

Estadísticas de resumen del ajuste de los modelos del ANOVA						
Fuente	Términos sin alias	Grados de libertad de residuales	Error cuadrático medio	R²	R²-ajustado	PRESS
Lineal	3	69	0.73	0.9667	0.9653	39.44
Cuadrático	6	69	0.75	0.9685	0.9656	40.69
Cúbico especial	7	65	0.72	0.9692	0.9659	41.52

El modelo lineal explica una suma de cuadrados de 0.60215, con un valor de $F = 0.57668$ y un valor $p = 0.56461$, lo cual indica que este componente no resulta estadísticamente significativo ($p > 0.05$). Al incorporar los términos cuadráticos, se explicó adicionalmente una suma de cuadrados de 1.93698 ($F = 1.23670$; $p = 0.30360$), sin que se alcanzara significancia

estadística. Finalmente, la inclusión del término especial cúbico aportó una suma de cuadrados de 0.84486 ($F = 1.61825$; $p = 0.20787$), que tampoco resultó significativa.

En referencia a la prueba de falta de ajuste, el modelo lineal presentó una suma de cuadrados por falta de ajuste de 3.8423 con 6 grados de libertad, generando un cuadrado medio de 0.6404. Este valor fue comparado con el cuadrado medio del error puro (0.5218), obteniéndose un valor F de 1.2272 y un valor- p de 0.3045. De forma similar, el modelo cuadrático arrojó una suma de cuadrados de 1.9053 con 3 grados de libertad ($F = 1.2171$, $p = 0.3109$), mientras que el modelo cúbico especial obtuvo un valor F de 1.0161 ($p = 0.3679$), siendo este último el que presentó el menor nivel de falta de ajuste.

Dado que en los tres modelos el valor- p fue mayor a 0.05, no se encontró evidencia estadísticamente significativa para rechazar la hipótesis nula de que el modelo se ajusta adecuadamente a los datos. Asimismo, todos los coeficientes de determinación fueron superiores al 96 %. El modelo cúbico especial muestra el mayor valor de R^2 (0.9692), indicando que explica aproximadamente el 96.92 % de la variabilidad en la variable respuesta. Sin embargo, las diferencias entre los modelos son marginales en términos de R^2 y del Error cuadrático medio, lo que sugiere que los modelos más complejos no necesariamente mejoran sustancialmente el ajuste.

Este comportamiento también se refleja en el estadístico PRESS (Predicted Residual Error Sum of Squares), el cual mide la capacidad predictiva del modelo evaluando qué tan bien predice cada observación cuando es excluida del proceso de ajuste. Valores menores de PRESS indican un modelo más robusto para la predicción y menos propenso al sobreajuste. En este estudio, el PRESS fue menor para el modelo lineal (39.44), seguido por el cuadrático (40.69) y el cúbico especial (41.52).

Considerando los resultados del análisis secuencial, la prueba de falta de ajuste y los indicadores de ajuste del modelo, el modelo cuadrático se considera el más adecuado, ya que

mejora la explicación de la variabilidad respecto al modelo lineal, no presenta falta de ajuste significativa; así mismo, presenta menor complejidad y evita el sobreajuste del modelo cúbico especial.

El análisis de varianza del modelo cuadrático (Tabla 12) evidencia que el modelo es altamente significativo ($p < 0.0001$), explicando el 96.85 % de la variabilidad total observada ($R^2 = 0.9685$) y con un R^2 ajustado de 0.9656, lo que indica un ajuste robusto (Anexo C2). La prueba de falta de ajuste no fue significativa ($p = 0.3109$), lo que respalda la adecuación del modelo al conjunto de datos experimentales.

Tabla 12

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) y estimación de coeficientes del modelo cuadrático de mezclas para la aceptabilidad sensorial del olor del snack

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F - valor	Probabilidad > F
Modelo	1067.24	6	177.87	337.80	< 2.2e-16
Residuos	34.78	66	0.53	34.78	
Falta de ajuste	1.91	3	0.64	1.2171	0.3109
Error puro	32.87	63	0.25		
Total	1102.02	72			
Error cuadrático medio	0.7259	$R^2 = 0.9685$			
Media dependiente	3.8472	$R^2 - \text{ajustado} = 0.9656$			
Coefficiente de variación	18.86 %				

Variable independiente	Coefficiente estimado	Grados de libertad	Error Estándar	t ($H_0: \beta = 0$)	Valor-p
Yuca	0.9361	1	2.1347	0.439	0.662
Zapallo	-10.1714	1	15.2351	-0.668	0.507
Linaza	-37.5452	1	25.7419	-1.459	0.149
Yuca × Zapallo	29.0479	1	29.2297	0.994	0.324
Yuca × Linaza	60.0728	1	36.9692	1.625	0.109
Zapallo × Linaza	48.4722	1	36.9691	1.311	0.194

Aunque algunos coeficientes individuales no resultaron significativos ($p > 0.05$) a un nivel de 5 %, se observaron tendencias importantes: la linaza mostró un efecto negativo sobre el olor (-37.5452), mientras que las interacciones Yuca \times Linaza y Zapallo \times Linaza presentaron coeficientes positivos (60.0728 y 48.4722, respectivamente), lo cual sugiere efectos sinérgicos cuando se combinan estos ingredientes.

La ecuación predictiva obtenida para estimar la evaluación sensorial del olor en función de las proporciones de Yuca (X_1), Zapallo (X_2) y Linaza (X_3) es:

$$\hat{Y} = 0.9361 \cdot X_1 - 10.1714 \cdot X_2 - 37.5452 \cdot X_3 + 29.0479 \cdot X_1X_2 + 60.0728 \cdot X_1X_3 + 48.4722 \cdot X_2X_3$$

La Figura 1 muestra la superficie de respuesta estimada para la variable sensorial olor del producto desarrollado, obtenida a partir de un modelo cuadrático ajustado bajo un diseño de mezclas. Los ingredientes principales considerados fueron Yuca (x_1), Zapallo (x_2) y Linaza (x_3), cuyas proporciones fueron restringidas a los siguientes rangos: 60–80 % para Yuca, 15–35 % para Zapallo, y 5–20 % para Linaza. Estas restricciones definieron el dominio del modelo, representado por el triángulo de mezcla mostrado.

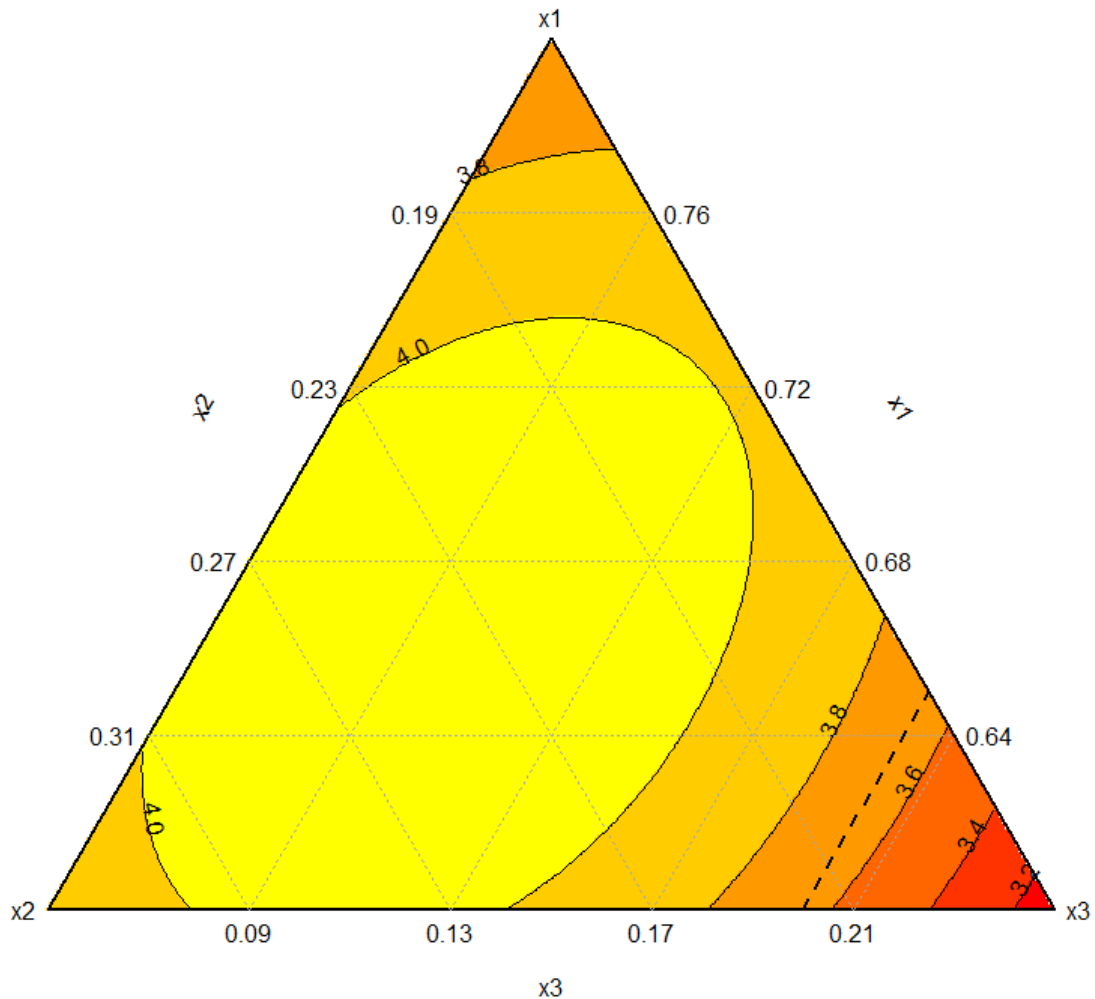
En la figura se aprecian líneas de contorno que representan niveles constantes de aceptación sensorial del olor, codificadas por una escala de colores desde tonos rojos (menor puntuación) hasta amarillos intensos (mayor puntuación). La región central, de color amarillo brillante, representa el área óptima de aceptación, con valores cercanos a 4.0 en la escala sensorial utilizada. Esta zona se ubica en una región intermedia del triángulo, lo que indica que las mejores combinaciones se logran con proporciones balanceadas de Yuca y Zapallo, y una cantidad moderada a baja de Linaza.

Por otro lado, las zonas más externas, especialmente las que incrementan la proporción relativa de Linaza (x_3), tienden a presentar disminución en la puntuación sensorial, con valores

por debajo de 3.6. Esto sugiere que altas concentraciones de Linaza pueden afectar negativamente el olor del producto.

Figura 1

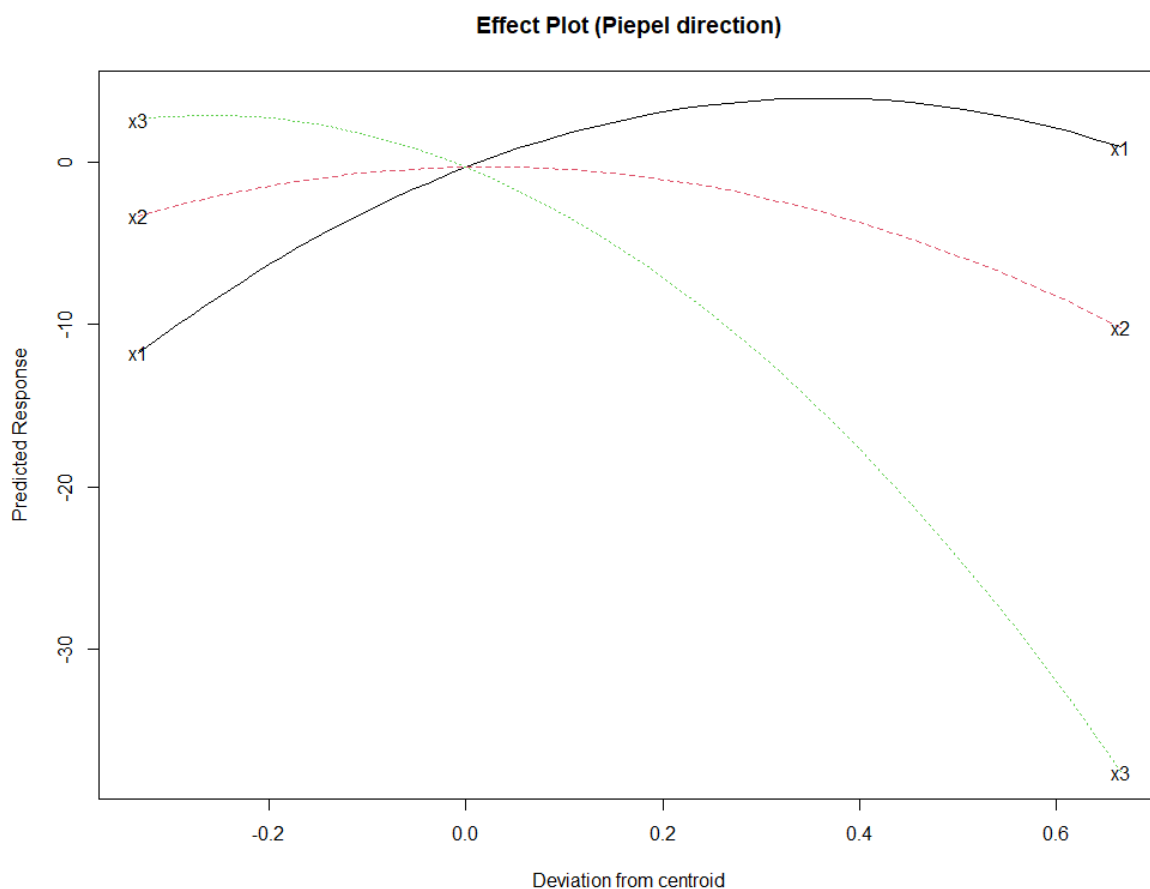
Superficie de respuesta para el atributo olor del snack, en función de las proporciones de yuca (X_1), zapallo (X_2) y linaza (X_3)



De manera similar en la Figura 2 se muestra el gráfico de efectos en la dirección de Piepel, generado a partir del modelo cuadrático ajustado para la variable sensorial olor. En el eje horizontal se muestra la desviación desde el centroide, mientras que en el eje vertical se observa la respuesta sensorial predicha para cada dirección (x_1 , x_2 , x_3), correspondiente a los ingredientes Yuca, Zapallo y Linaza, respectivamente.

Figura 2

Efectos principales del modelo cuadrático para la aceptabilidad del olor



A través del procedimiento de optimización se establecieron las proporciones óptimas de los ingredientes de la mezcla con el objetivo de maximizar la percepción del olor en el producto final. Los resultados de la optimización indicaron que la combinación que maximiza la respuesta sensorial de olor corresponde a:

- Yuca: 66.16 %
- Zapallo: 23.98 %
- Linaza: 9.86 %

Bajo esta formulación óptima, el valor máximo estimado de la evaluación sensorial del olor fue de 4.15.

4.1.2. Sabor

En la Tabla 13 se presenta la comparación entre modelos polinomiales jerárquicos (lineal, cuadrático y cúbico especial). Este análisis incluyó la descomposición secuencial de la suma de cuadrados, la prueba de falta de ajuste y el cálculo de estadísticas principales de los modelos (Anexo D1).

Tabla 13

Ajuste de modelos de superficie de respuesta para la predicción de la aceptabilidad sensorial del atributo sabor

Modelo secuencial de suma de cuadrados					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadro medio	Valor F	Probabilidad > F
Promedio	55.875	1	55.875		
Lineal	0.35954	2	0.17977	0.2235	0.8003
Cuadrático	3.07637	3	1.02546	1.2749	0.2904
Cúbico especial	0.15564	1	0.15564	0.1935	0.6615
Residuales	52.283	65	0.80435		
Total	55.875	71			

Prueba de falta de ajuste					
Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadro medio	Valor F	Probabilidad > F
Lineal	5.1404	6	0.8567	1.0714	0.389135
Cuadrático	2.0641	3	0.6880	0.8604	0.466361
Cúbico especial	1.9084	2	0.9542	1.1933	0.309957
Error puro	50.375	63	0.7996		

Estadísticas de resumen del ajuste de los modelos del ANOVA						
Fuente	Términos sin alias	Grados de libertad de residuales	Error cuadrático medio	R²	R²-ajustado	PRESS
Lineal	3	69	0.9	0.9421	0.9396	60.49
Cuadrático	6	66	0.89	0.9453	0.9403	62.55

Cúbico especial	7	65	0.9	0.9455	0.9396	64.36
------------------------	---	----	-----	--------	--------	-------

Los resultados del ANOVA secuencial muestran que, a medida que se incorporan términos adicionales al modelo (interacciones y componentes no lineales), se logra una reducción progresiva en la suma de residuos (RSS), indicando un mejor ajuste del modelo a los datos. El modelo lineal presentó una contribución mínima a la variabilidad explicada (0.35954), mientras que el modelo cuadrático explicó una mayor proporción de la variabilidad (3.07637), mejorando sustancialmente el ajuste. Por otro lado, la adición del término cúbico especial solo aportó una suma de cuadrados marginal (0.15564), sin representar una mejora estadísticamente significativa.

La prueba de falta de ajuste muestra que el modelo cuadrático no presenta evidencia significativa de mala adecuación ($p = 0.4664$), lo cual indica que el modelo explica correctamente la variabilidad observada sin necesidad de incorporar componentes adicionales más complejos. Además, los valores de R^2 y R^2 ajustado para el modelo cuadrático (0.9453 y 0.9403, respectivamente) indican un alto nivel de ajuste con un equilibrio adecuado entre precisión y parsimonia.

En base a estos resultados, el modelo cuadrático fue seleccionado como el más adecuado para representar la variabilidad del atributo sabor. Este modelo logra capturar adecuadamente las relaciones entre los factores evaluados sin incurrir en un sobre ajuste del sistema, lo cual lo hace estadísticamente eficiente y conceptualmente interpretable.

El análisis de varianza (ANOVA) del modelo cuadrático (Anexo D2) permitió evaluar la significancia de los factores y sus interacciones sobre la variable de respuesta evaluación sensorial. Como se observa en la Tabla 14, el modelo global resultó altamente significativo ($F = 190.20$, $p < 2.2e-16$), lo cual indica que al menos uno de los términos incluidos en el modelo explica una proporción significativa de la variabilidad observada en la variable dependiente.

Tabla 14

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) y estimación de coeficientes del modelo cuadrático de mezclas para la aceptabilidad sensorial del sabor del snack

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F - valor	Probabilidad > F
Modelo	907.75	6	168.93	190.20	< 2.2e-16
Residuos	52.44	66	897.94		
Falta de ajuste	2.0641	3	0.688	0.86	0.4664
Error puro	50.375	63	0.800		
Total	960.19	72			
Error cuadrático medio	0.891	$R^2 = 0.9453$			
Media dependiente	3.541667	$R^2 - \text{ajustado} = 0.9403$			
Coefficiente de variación	0.58 %				

Variable independiente	Coefficiente estimado	Grados de libertad	Error Estándar	t (H₀: $\beta = 0$)	Valor-p
Yuca	2.6654	1	2.6211	1.017	0.313
Zapallo	8.0182	1	18.7071	0.429	0.67
Linaza	11.7625	1	31.6083	0.372	0.711
Yuca × Zapallo	-0.5066	1	35.8909	-0.014	0.989
Yuca × Linaza	5.6847	1	45.3942	0.125	0.901
Zapallo × Linaza	-72.4358	1	45.3942	-1.596	0.115

El coeficiente de determinación (R^2) fue 0.9453, y el R^2 ajustado fue 0.9403, evidenciando un buen ajuste del modelo a los datos experimentales. Además, el error cuadrático medio (ECM) fue bajo (0.891), y el coeficiente de variación (CV) fue de apenas 0.58 %, lo que sugiere una adecuada precisión experimental y baja dispersión relativa de los datos respecto a la media de la variable dependiente (3.54).

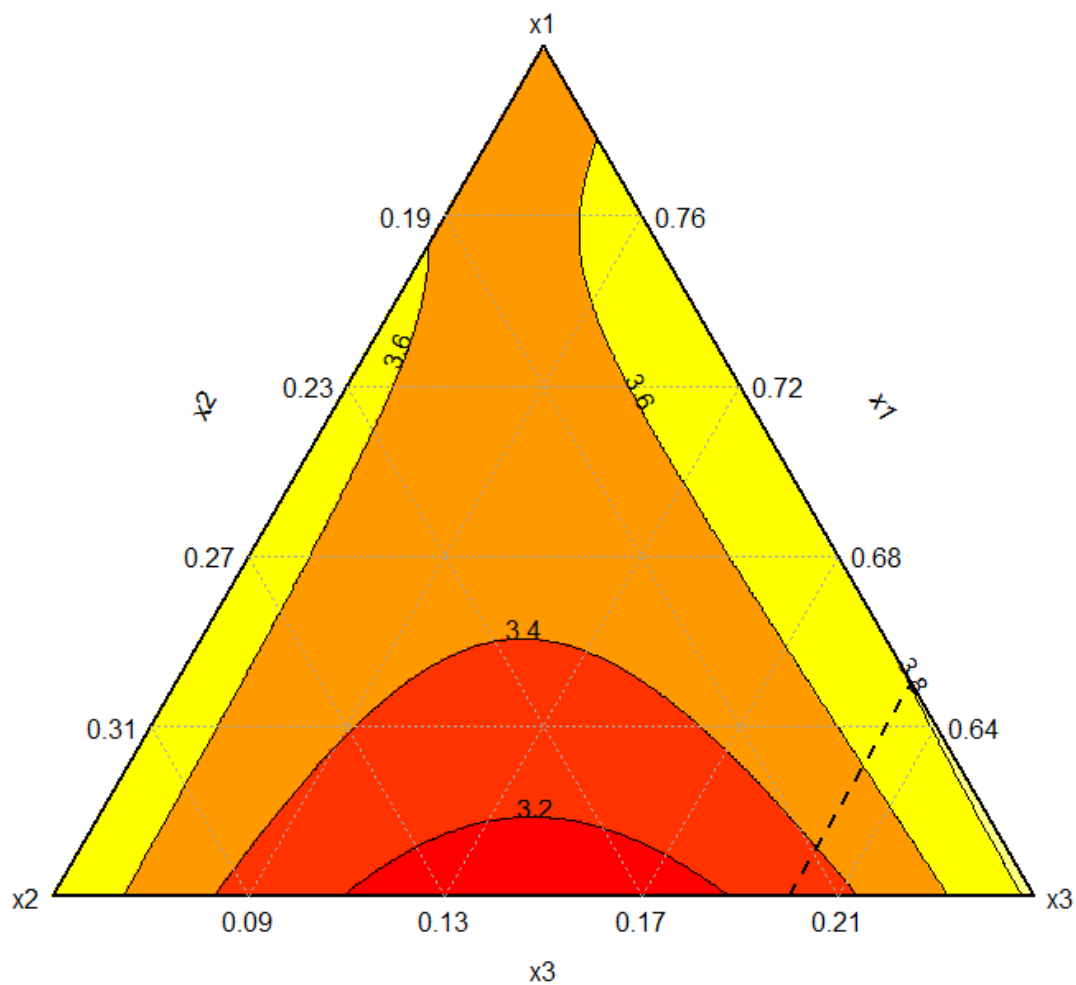
Los coeficientes estimados del modelo permiten expresar la siguiente ecuación cuadrática ajustada para predecir la evaluación sensorial (Y) en función de los niveles de los ingredientes Yuca (X_1), Zapallo (X_2) y Linaza (X_3):

$$\hat{Y} = 2.6654 \cdot X_1 + 8.0182 \cdot X_2 + 11.7625 \cdot X_3 - 0.5066 \cdot X_1X_2 + 5.6847 \cdot X_1X_3 - 72.4358 \cdot X_2X_3$$

El modelo cuadrático ajustado se puede visualizar mediante un diagrama de contornos (Figura 3) en el cual se presenta el comportamiento de la evaluación sensorial del sabor en función de la proporción relativa de los tres ingredientes de la mezcla: Yuca (x_1), Zapallo (x_2) y Linaza (x_3).

Figura 3

Superficie de respuesta para el atributo sabor del snack, en función de las proporciones de yuca (X_1), zapallo (X_2) y linaza (X_3)



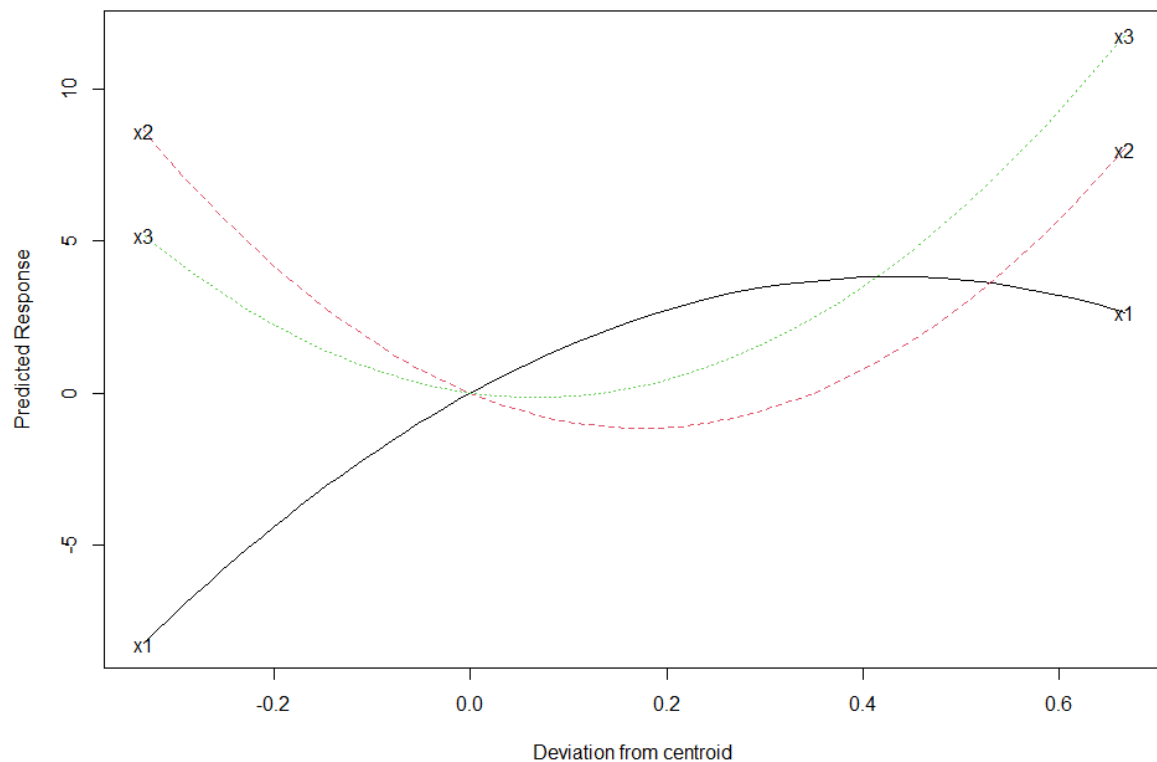
Se observa que las combinaciones con mayor aceptación sensorial se encuentran en la región central-baja del triángulo, correspondiente a proporciones intermedias de Yuca (x_1)

(≈ 0.68), mayores niveles de Zapallo (x_2) (≈ 0.27) y moderado contenido de Linaza (x_3) (≈ 0.13 – 0.17).

Por su parte, la influencia de cada uno de los componentes del snack sobre la aceptabilidad sensorial del sabor se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Efectos principales del modelo cuadrático para la aceptabilidad del sabor



De acuerdo con el modelo cuadrático, como resultado del proceso de optimización para el sabor del snack, se identificó que la mezcla óptima está compuesta por las siguientes proporciones:

- Yuca: 65.04 %
- Zapallo: 15.00 %
- Linaza: 19.96 %

Esta combinación presenta una predicción de un valor sensorial de sabor de 3.8039.

4.1.3. Color

En la Tabla 15 se presentan los resultados análisis de varianza, la prueba de falta de ajuste y los coeficientes de determinación de tres modelos de superficie de respuesta (lineal, cuadrático y cúbico especial) que buscan predecir la aceptabilidad sensorial del color en función de las proporciones de Yuca, Zapallo y Linaza en la formulación del snack (Anexo E1).

Tabla 15

Ajuste de modelos de superficie de respuesta para la predicción de la aceptabilidad sensorial del atributo color

Modelo secuencial de suma de cuadrados					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadro medio	Valor F	Probabilidad > F
Promedio	39.986	1	39.986		
Lineal	1.67003	2	0.835015	1.4649	0.2386
Cuadrático	0.15036	3	0.05012	0.0879	0.9664
Cúbico especial	1.11386	1	1.11386	1.954	0.1669
Residuales	37.052	65	0.57003		
Total	39.986	71			

Prueba de falta de ajuste					
Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadro medio	Valor F	Probabilidad > F
Lineal	3.19109	6	0.53185	0.9539	0.46362
Cuadrático	3.04073	3	1.01358	1.8179	0.15296
Cúbico especial	1.92687	2	0.96344	1.7280	0.18595
Error puro	35.125	63	0.55754		

Estadísticas de resumen del ajuste de los modelos del ANOVA						
Fuente	Términos sin alias	Grados de libertad de residuales	Error cuadrático medio	R²	R²-ajustado	PRESS
Lineal	3	69	0.75	0.9633	0.9617	41.60
Cuadrático	6	66	0.76	0.9635	0.9602	45.40
Cúbico especial	7	65	0.76	0.9645	0.9607	45.97

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza (ANOVA secuencial), ningún modelo adicional mejoró significativamente el ajuste en comparación con el modelo inmediatamente anterior ($p > 0.05$ en todos los casos). No obstante, el modelo cúbico especial presentó el mayor valor de R^2 (0.9645) y R^2 ajustado (0.9607), lo que indica una leve mejora en el ajuste respecto al modelo lineal. Sin embargo, también presentó el valor más alto de PRESS (45.97), lo que sugiere una menor capacidad predictiva bajo validación cruzada.

Por otro lado, el modelo lineal, además de presentar un R^2 ajustado aceptable (0.9617), tuvo el menor valor de PRESS (41.6), lo que denota una mejor capacidad para predecir observaciones nuevas, no obstante, esta diferencia no es sustancial. Adicionalmente, la prueba de falta de ajuste no fue significativa para ninguno de los modelos ($p > 0.05$).

Por su parte el modelo cuadrático muestra un coeficiente de determinación ($R^2 = 0.9635$) y un R^2 ajustado (0.9602) muy similares a los del modelo lineal ($R^2 = 0.9633$ y R^2 ajustado = 0.9617), pero con una mejor capacidad para captar la curvatura moderada en la respuesta, algo esperable en estudios sensoriales de mezclas. Además, aunque el modelo cúbico especial tiene el mayor R^2 (0.9645), la mejora es mínima y no justifica el uso de un modelo más complejo, sobre todo considerando que su prueba F no fue significativa ($p = 0.1669$) y que el riesgo de sobreajuste aumenta con la inclusión de interacciones cúbicas.

El modelo cuadrático, también, permite incorporar interacciones bilineales entre los componentes, lo cual es fundamental en el análisis de formulaciones con ingredientes que pueden interactuar sinérgica o antagónicamente, como la Yuca, el Zapallo y la Linaza. En este sentido, el modelo cuadrático es el más apropiado para describir la aceptabilidad del atributo color en función de los tres componentes de la mezcla.

En la Tabla 16 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el modelo cuadrático ajustado, con el objetivo de evaluar la influencia de los factores Yuca,

Zapallo y Linaza sobre la variable de respuesta evaluación sensorial del color. El modelo incluye los efectos principales y las interacciones de segundo orden.

El modelo cuadrático resultó altamente significativo ($p < 0.001$), con un valor de $F = 290.20$ y un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9635$, lo cual indica que el 96.35 % de la variabilidad total de la respuesta puede ser explicada por el modelo ajustado; asimismo, la falta de ajuste no fue significativa ($p = 0.153$), el error puro fue de 0.558 y error cuadrático medio fue de 0.7604 (Anexo E2).

Tabla 16

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) y estimación de coeficientes del modelo cuadrático de mezclas para la aceptabilidad sensorial del color del snack

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F - valor	Probabilidad > F
Modelo	1009.25	6	168.93	290.20	< 2.2e-16
Residuos	38.17	66	0.58		
Falta de ajuste	3.04	3	1.014	1.82	0.153
Error puro	35.13	63	0.558		
Total	1047.42	72			
Error cuadrático medio	0.7604	$R^2 = 0.9635$			
Media dependiente		$R^2 - \text{ajustado} = 0.960$			
Coefficiente de variación	3.28 %				

Variable independiente	Coefficiente estimado	Grados de libertad	Error Estándar	t (H₀: $\beta = 0$)	Valor-p
Yuca	2.843	2.236	1.271	0.208	2.843
Zapallo	1.276	15.959	0.080	0.937	1.276
Linaza	-7.367	26.966	-0.273	0.786	-7.367
Yuca × Zapallo	7.178	30.619	0.234	0.815	7.178
Yuca × Linaza	13.284	38.727	0.343	0.733	13.284
Zapallo × Linaza	17.542	38.727	0.453	0.652	17.542

En cuanto a la significancia individual de los coeficientes, se observó que ninguno de los términos principales ni de las interacciones resultaron significativos de manera individual

($p > 0.05$), a pesar de que el modelo global sí fue significativo. Esto puede deberse a colinealidad entre las variables o a un efecto combinado no detectado en los análisis univariados.

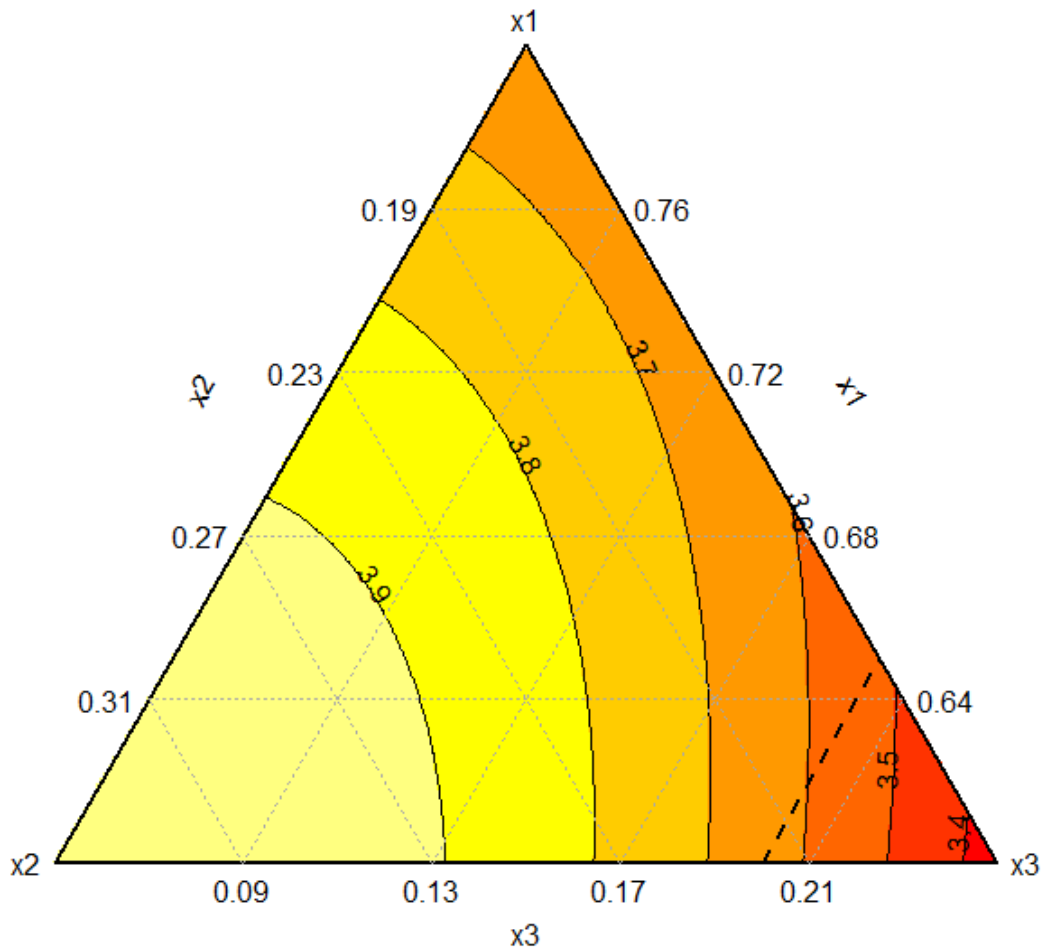
Los coeficientes estimados del modelo permiten expresar la siguiente ecuación cuadrática ajustada para predecir la evaluación sensorial (Y) en función de los niveles de los ingredientes Yuca (X_1), Zapallo (X_2) y Linaza (X_3):

$$\hat{Y} = 2.843 \cdot X_1 + 1.276 \cdot X_2 - 7.367 \cdot X_3 + 7.178 \cdot X_1X_2 + 13.284 \cdot X_1X_3 + 17.542 \cdot X_2X_3$$

De manera gráfica, esta variación de la evaluación sensorial del color del snack en función de las proporciones relativas de sus componentes se muestra en la Figura 5, la cual representa un diagrama ternario con contornos de respuesta para la evaluación sensorial de una formulación en función de tres ingredientes: Yuca (X_1), Zapallo (X_2) y Linaza (X_3). Cada punto dentro del triángulo representa una combinación específica de estos tres componentes, cuya suma es igual a 1 (100 %).

Figura 5

Superficie de respuesta para el atributo color del snack, en función de las proporciones de yuca (X_1), zapallo (X_2) y linaza (X_3)

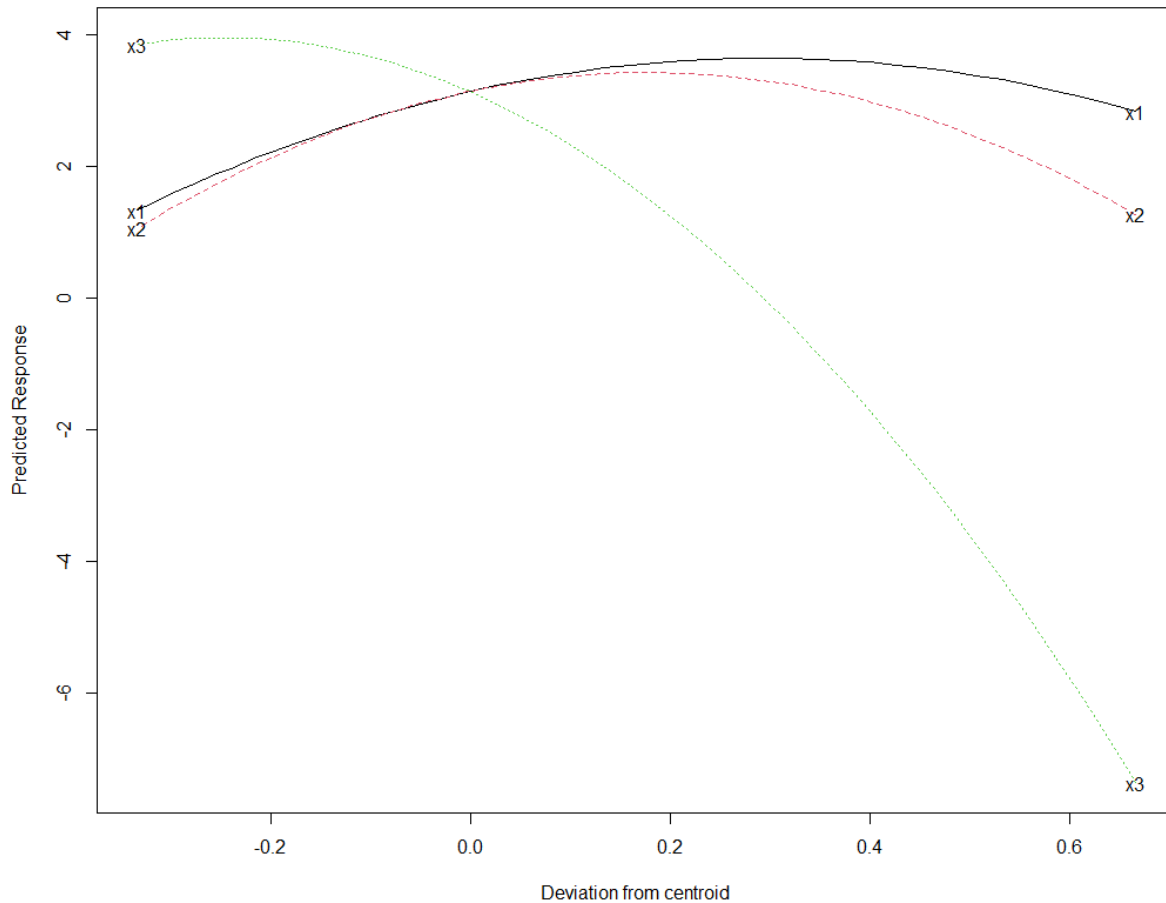


Las líneas de contorno (curvas de nivel) muestran los valores de evaluación sensorial predichos por el modelo cuadrático ajustado. Las líneas de contorno indican los valores estimados, que oscilan entre 3.0 y 3.9. Se observa que los valores más altos de evaluación sensorial (≈ 3.9) se encuentran en la región amarilla clara, correspondiente a formulaciones con altas proporciones de Zapallo (X_2), bajas proporciones de Linaza (X_3), y bajas a medias proporciones de Yuca (X_1).

De manera similar en la Figura 6 se muestra el gráfico de efectos principales de los factores Yuca (X_1), Zapallo (X_2) y Linaza (X_3) sobre la respuesta sensorial predicha, generado a partir del modelo cuadrático ajustado.

Figura 6

Efectos principales del modelo cuadrático para la aceptabilidad del color



La gráfica muestra que el factor Linaza (X_3) presenta un efecto negativo pronunciado sobre la evaluación sensorial, reduciendo considerablemente la respuesta al aumentar su proporción; el factor Yuca (X_1) muestra un efecto positivo hasta cierto punto, seguido de una leve disminución, indicando la existencia de un máximo local; por su parte, el factor Zapallo (X_2) tiene un efecto positivo moderado, con un comportamiento levemente curvilíneo.

Con base en el modelo cuadrático ajustado para la aceptabilidad del color en función de las proporciones de Yuca (X_1), Zapallo (X_2) y Linaza (X_3), se realizó un proceso de optimización para determinar la combinación de ingredientes que maximiza este atributo

sensorial. La variable respuesta se midió en una escala de 1 a 5, donde 5 representa una aceptabilidad totalmente favorable. Es así como mediante la maximización del modelo cuadrático en el dominio válido del diseño de mezclas (es decir, proporciones no negativas que suman 1), se encontró que la combinación óptima para maximizar la aceptabilidad del color es:

- Yuca (X_1): 60 %
- Zapallo (X_2): 34.19 %
- Linaza (X_3): 5.81 %

Con esta combinación, el modelo predice una aceptabilidad del color de 3.99 puntos, lo que indica una percepción sensorial favorable por parte del panel evaluador. Este resultado sugiere que niveles altos de yuca, moderados de zapallo y mínimos de linaza favorecen significativamente la aceptación del color del producto final.

4.1.4. *Crocantez*

En la Tabla 17 se presentan el anova secuencial de suma de cuadrados, la prueba de falta de ajuste y las estadísticas de ajuste de cada modelo con el propósito de identificar el modelo más adecuado para describir la respuesta sensorial de crocantez del snack desarrollado a partir de mezclas de harinas de yuca, zapallo y linaza

En el anova secuencial se evaluaron progresivamente modelos de mayor complejidad: modelo con solo el promedio, modelo lineal (componentes individuales), modelo cuadrático (interacciones bilineales), y modelo cúbico especial (interacción triple) (Anexo F1). El modelo lineal mostró una mejora significativa respecto al modelo con solo el promedio ($p = 0.01152$), lo cual indica que las proporciones individuales de los ingredientes influyen significativamente en la percepción de crocantez.

Tabla 17

Ajuste de modelos de superficie de respuesta para la predicción de la aceptabilidad sensorial del atributo crocantesz

Modelo secuencial de suma de cuadrados					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadro medio	Valor F	Probabilidad > F
Promedio	61.875	1	61.875		
Lineal	7.3548	2	3.6774	4.7846	0.01152
Cuadrático	0.9308	3	0.31667	0.4037	0.75084
Cúbico especial	3.6312	1	3.6312	4.7245	0.03338
Residuales	49.958	65	0.768585		
Total	123.7498	72			

Prueba de falta de ajuste					
Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadro medio	Valor F	Probabilidad > F
Lineal	7.645163	6	1.274194	1.7125	0.1327202
Cuadrático	6.714404	3	2.238134	3.008	0.0367437
Cúbico especial	3.083183	2	1.541594	2.0718	0.134444
Error puro	46.875	63	0.744047		

Estadísticas de resumen del ajuste de los modelos del ANOVA						
Fuente	Términos sin alias	Grados de libertad de residuales	Error cuadrático medio	R²	R²-ajustado	PRESS
Lineal	3	69	0.89	0.9503	0.9481	59.35
Cuadrático	6	66	0.9	0.9511	0.9467	64.04
Cúbico especial	7	65	0.88	0.9545	0.9496	62.36

La incorporación de términos cuadráticos no fue significativa ($p = 0.75084$), lo que sugiere que las interacciones entre dos ingredientes no aportan mejora significativa al ajuste. En cambio, el modelo cúbico especial sí mostró significancia estadística ($p = 0.03338$), lo que

indica una posible sinergia no lineal entre los tres componentes en relación con la respuesta sensorial.

La prueba de falta de ajuste mostró que el modelo cuadrático presenta evidencia de falta de ajuste ($p = 0.03674$), mientras que tanto el modelo lineal como el cúbico especial no presentan indicios significativos de falta de ajuste ($p > 0.1$). Esto refuerza la pertinencia del modelo cúbico especial.

Complementariamente, se presentan las estadísticas de ajuste de cada modelo. El modelo cúbico especial exhibe el mayor coeficiente de determinación ($R^2 = 0.9545$) y un menor valor de PRESS (62.36), lo cual sugiere que no solo se ajusta bien a los datos, sino que también presenta mejor capacidad predictiva.

En función de los resultados anteriores, se determinó que el modelo cúbico especial es el más indicado para describir la evaluación sensorial de la crocantez en el diseño de mezclas considerado. Este modelo es estadísticamente significativo, no presenta falta de ajuste y ofrece mejores estadísticas de predicción en comparación con los modelos lineal y cuadrático.

En la Tabla 18 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) correspondiente al modelo especial cúbico ajustado para la variable de respuesta crocantez. El modelo incluye efectos lineales, cuadráticos, interacciones de segundo orden y la interacción cúbica entre los factores Yuca, Zapallo y Linaza (Anexo F2).

El modelo resultó ser altamente significativo ($p < 2.2e-16$), con un F calculado de 194.60, lo que indica que, en conjunto, las variables independientes explican una proporción considerable de la variabilidad de la respuesta. El coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.9545 y el R^2 ajustado de 0.9496, lo que confirma que el modelo explica aproximadamente el 95 % de la variación en la crocantez. Además, el error cuadrático medio fue de 0.8767 y el coeficiente de variación (CV) de 23.13 %, lo cual es aceptable considerando que se trata de una variable sensorial. La media de la variable dependiente fue 3.79.

Tabla 18

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) y estimación de coeficientes del modelo cuadrático de mezclas para la aceptabilidad sensorial de la crocantez del snack

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F - valor	Probabilidad > F
Modelo	907.75	6	168.93	190.20	< 2.2e-16
Residuos	49.96	65	0.77		
Falta de ajuste	3.08	2	1.5416	2.0719	0.1344
Error puro	46.88	63	0.7440		
Total	1100.52	72			
Error cuadrático medio	0.8767	$R^2 = 0.9545$			
Media dependiente	3.79	$R^2 - \text{ajustado} = 0.9496$			
Coefficiente de variación	23.13 %				

Variable independiente	Coefficiente estimado	Grados de libertad	Error Estándar	t (Ho: $\beta = 0$)	Valor-p
Yuca	-7.642	1	5.697	-1.341	0.1845
Zapallo	-67.544	1	45.022	-1.500	0.1384
Linaza	-284.058	1	130.847	-2.171	0.0336
Yuca × Zapallo	145.818	1	87.463	1.667	0.1003
Yuca × Linaza	500.405	1	223.694	2.237	0.0287
Zapallo × Linaza	1765.852	1	816.588	2.162	0.0343
Yuca x Zapallo x Linaza	-2879.651	1	1324.830	-2.174	0.0334

Respecto a la prueba de falta de ajuste, el valor p fue de 0.1344, lo que indica que no hay evidencia estadística para afirmar que el modelo presenta un ajuste inadecuado. Esto, junto con el bajo valor del error puro (0.7440), sugiere que el modelo se ajusta adecuadamente a los datos observados.

En la prueba de significancia individual de los coeficientes, se observa que la linaza ($p = 0.0336$), la interacción Yuca × Linaza ($p = 0.0287$), la interacción Zapallo × Linaza ($p = 0.0343$), y la interacción cúbica Yuca × Zapallo × Linaza ($p = 0.0334$) fueron estadísticamente significativas al 5% de nivel. Estas variables contribuyen significativamente al

comportamiento de la crocantez del producto. Por el contrario, los efectos principales de Yuca y Zapallo, así como la interacción Yuca \times Zapallo, no resultaron significativos de forma individual, aunque su inclusión en el modelo mejora el ajuste global.

La ecuación estimada del modelo especial cúbico para la aceptabilidad sensorial de la crocantez, en función de las proporciones de Yuca (X_1), Zapallo (X_2) y Linaza (X_3), es:

$$\hat{Y} = -7.642 \cdot X_1 - 67.544 \cdot X_2 - 284.058 \cdot X_3 + 145.818 \cdot X_1X_2 + 500.405 \cdot X_1X_3 + 1765.852 \cdot X_2X_3 - 2879.651 \cdot X_1X_2X_3$$

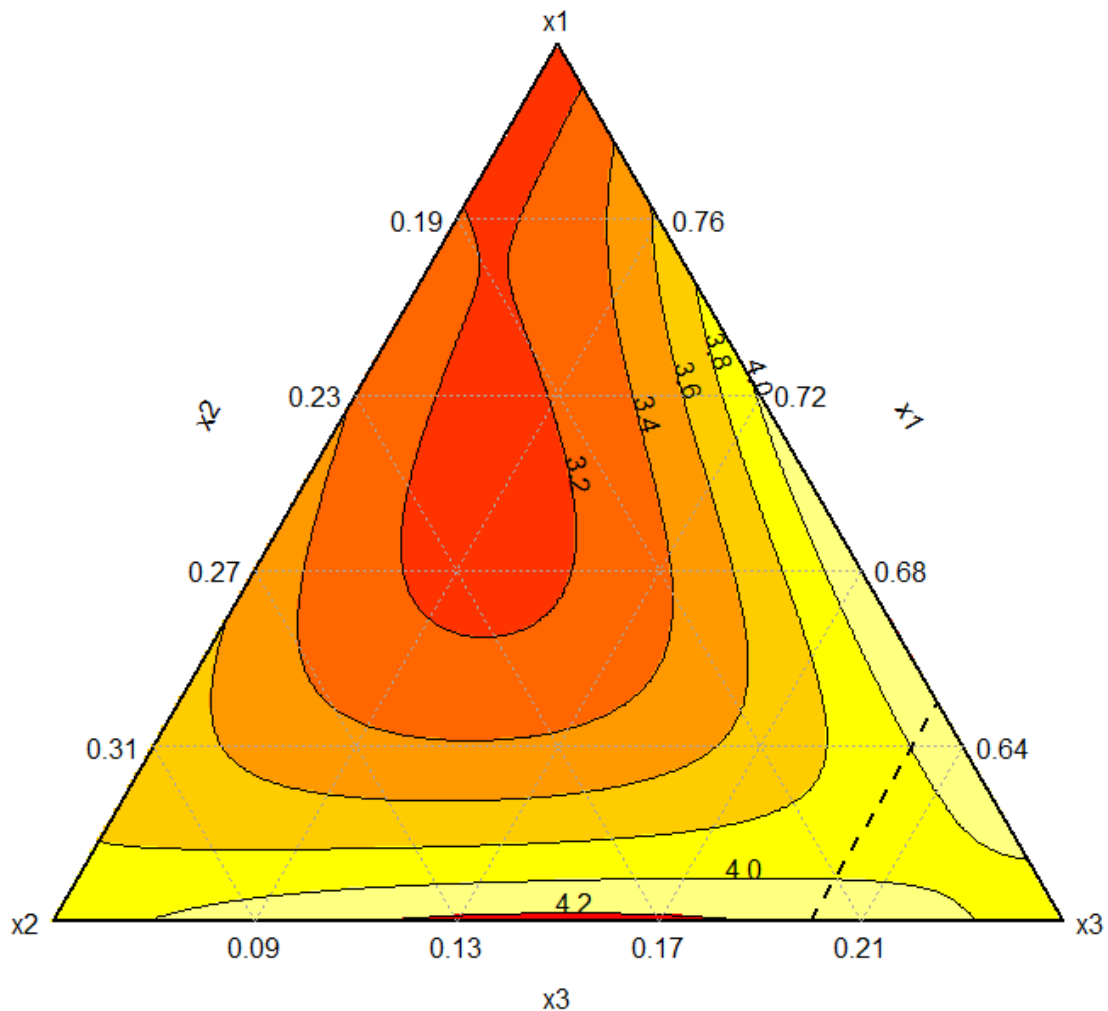
En la Figura 7 se presenta el gráfico de contornos generado a partir del modelo cúbico ajustado. Este modelo considera interacciones hasta el término cúbico especial entre los componentes de la mezcla (Yuca, Zapallo y Linaza).

La representación triangular muestra cómo varía la respuesta esperada (aceptabilidad sensorial de la crocantez) en función de las proporciones relativas de los tres ingredientes del snack. Los colores más cálidos (rojos y anaranjados) indican zonas donde se predice una menor crocantez, mientras que los tonos más claros (amarillos) representan regiones con mayor valor estimado de esta característica sensorial.

Se observa que las combinaciones con mayor proporción de yuca (x_1) y niveles intermedios a bajos de linaza (x_3) y zapallo (x_2) tienden a maximizar la crocantez. En particular, se identifica una región hacia la derecha del diagrama (con mayor x_1 y menor x_3) donde los valores de respuesta superan 4.0, indicando una crocantez sensorialmente aceptada o preferida por los evaluadores.

Figura 7

Superficie de respuesta para el atributo crocantez del snack, en función de las proporciones de yuca (X_1), zapallo (X_2) y linaza (X_3)

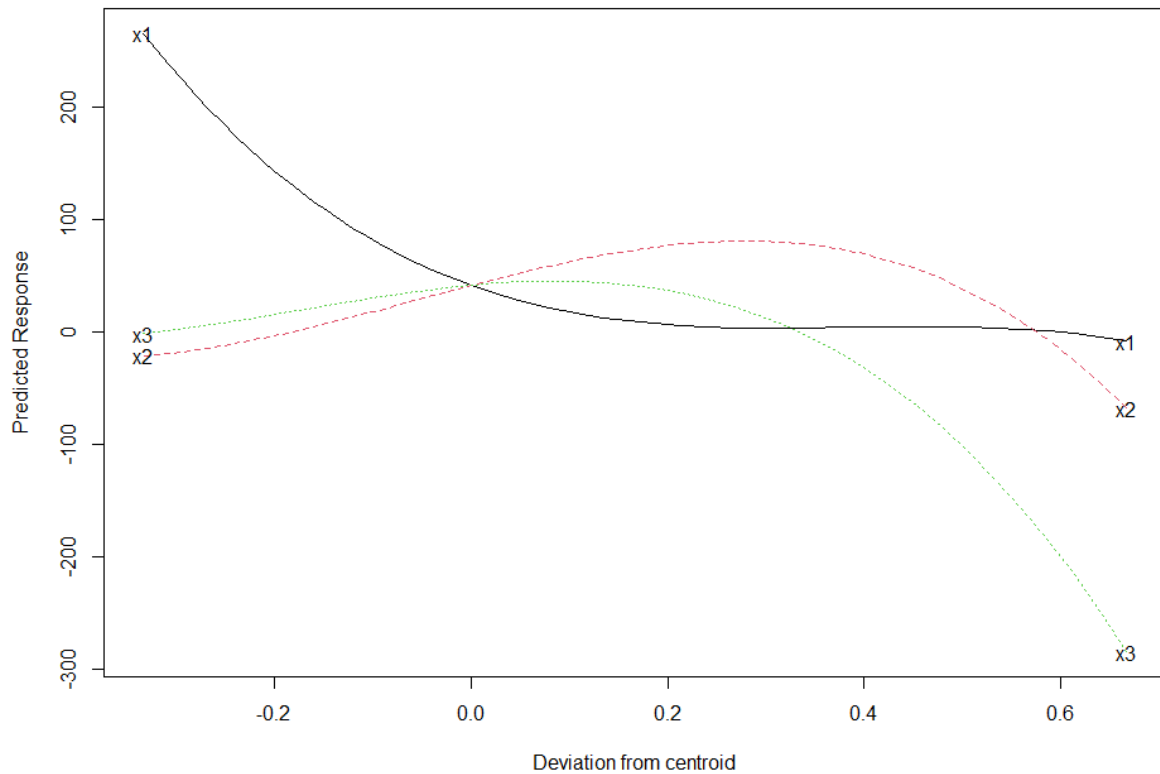


De manera similar, en la Figura 8 se muestra la gráfica de efectos individuales de los componentes de la mezcla sobre la variable sensorial crocantez, generada a partir del modelo cúbico especial ajustado. La yuca (línea negra continua) presenta un efecto positivo pronunciado al inicio, con valores altos de crocantez cuando se incrementa ligeramente la proporción de yuca; el zapallo (línea discontinua roja) muestra una forma cuadrática, con un pico positivo moderado seguido de una disminución abrupta; y, finalmente, la linaza (línea discontinua verde) presenta un efecto inicialmente neutro o levemente positivo, pero a medida

que su proporción se incrementa más allá del centroide, se observa una fuerte disminución en la respuesta predicha.

Figura 8

Efectos principales del modelo cúbico especial para la aceptabilidad de la crocantez



A través de un procedimiento de optimización restringida, se buscó la combinación de proporciones dentro de los límites establecidos por el diseño experimental (yuca: 0.6–0.8; zapallo: 0.15–0.35; linaza: 0.05–0.20) que maximizara el valor estimado del atributo crocantez. Como resultado, se obtuvo una formulación óptima que alcanzó un valor estimado de 4.26 puntos, lo cual representa un nivel alto de aceptación por parte de los panelistas. La composición correspondiente al punto óptimo fue la siguiente:

- Yuca (X_1): 60 %
- Zapallo (X_2): 24.94 %
- Linaza (X_3): 15.06 %

4.1.5. Apariencia

En la tabla 19 se presentan los resultados del análisis de varianza secuencial, la prueba de falta de ajuste y los coeficientes de determinación de tres modelos de superficie de respuesta (lineal, cuadrático y cúbico especial) que buscan predecir la aceptabilidad sensorial del atributo apariencia en función de las proporciones de Yuca, Zapallo y Linaza en la formulación del snack.

Tabla 19

Ajuste de modelos de superficie de respuesta para la predicción de la aceptabilidad sensorial del atributo apariencia

Modelo secuencial de suma de cuadrados					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadro medio	Valor F	Probabilidad > F
Promedio	48.444	1	48.444		
Lineal	1.6317	2	0.8159	1.2639	0.2894
Cuadrático	3.8242	3	1.2747	1.9747	0.1265
Cúbico especial	1.0292	1	1.0292	1.5943	0.2112
Residuales	41.959	65	0.6455		
Total	96.8881	72			

Prueba de falta de ajuste					
Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadro medio	Valor F	Probabilidad > F
Lineal	11.06273	6	1.84378	3.2492	0.0075908
Cuadrático	7.238515	3	2.41283	4.2519	0.0084601
Cúbico especial	6.209345	2	3.10467	5.4711	0.0064430
Error puro	35.75	63	0.56746		

Estadísticas de resumen del ajuste de los modelos del ANOVA						
Fuente	Términos sin alias	Grados de libertad de residuales	Error cuadrático medio	R²	R²-ajustado	PRESS
Lineal	3	69	0.82	0.9552	0.9533	50.99

Cuadrático	6	66	0.81	0.9589	0.9552	51.35
Cúbico especial	7	65	0.8	0.9599	0.9556	51.86

De acuerdo con los resultados del Anova secuencial, el modelo lineal no mostró un ajuste significativo ($p = 0.2894$), indicando que el efecto de los ingredientes por sí solos no basta para explicar las variaciones observadas en la apariencia. Aunque el modelo cuadrático mejoró el ajuste ($p = 0.1265$), su significancia no fue suficiente. De forma similar, el modelo cúbico especial presentó un valor p de 0.2112, no alcanzando significancia estadística convencional (Anexo G1).

En la prueba de falta de ajuste, se observa que todos los modelos (lineal, cuadrático y cúbico especial) presentan significancia estadística ($p < 0.01$). Esta situación indica que, a pesar de aumentar la complejidad del modelo, existe evidencia de que los modelos ajustados no capturan completamente la variabilidad de los datos, por lo tanto, hay falta de ajuste en todos los casos.

Las estadísticas de ajuste muestran coeficientes de determinación (R^2) elevados para los tres modelos, siendo ligeramente superior en el modelo cúbico especial ($R^2 = 0.9599$). No obstante, también se observa que el PRESS (estadístico de validación cruzada) es mayor en este último modelo, lo que sugiere una menor capacidad de predicción comparativa.

A pesar de que el modelo cúbico especial presenta el mayor valor de R^2 , su prueba de falta de ajuste resultó significativa ($p = 0.00644$), indicando que no representa adecuadamente toda la estructura de los datos. Bajo estas circunstancias, y considerando el principio de parsimonia, el modelo cuadrático se consideró como el más adecuado, ya que equilibra buen ajuste ($R^2 = 0.9589$), un PRESS aceptable (51.35) y complejidad intermedia.

Con base en los resultados del ajuste del modelo cuadrático para el atributo sensorial apariencia, en la Tabla 20 se presenta el Anova con los estadísticos asociados y los coeficientes del modelo.

Tabla 20

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) y estimación de coeficientes del modelo cuadrático de mezclas para la aceptabilidad sensorial de la apariencia del snack

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F - valor	Probabilidad > F
Modelo	1006.98	6	167.83	256.70	< 2.2e-16
Residuos	42.99	66	0.6514		
Falta de ajuste	7.2385	3	2.4128	4.2520	0.0085
Error puro	35.7500	63	0.5675		
Total	049.97	72			
Error cuadrático medio	0.8071	$R^2 = 0.9589$			
Media dependiente	3.7222	$R^2 - \text{ajustado} = 0.9552$			
Coefficiente de variación	21.68 %				

Variable independiente	Coefficiente estimado	Grados de libertad	Error Estándar	t (H₀: $\beta = 0$)	Valor-p
Yuca	0.1766	1	2.3732	0.074	0.9409
Zapallo	-15.754	1	16.9377	-0.93	0.3557
Linaza	-46.7536	1	28.6187	-1.634	0.1071
Yuca × Zapallo	37.661	1	32.4963	1.159	0.2507
Yuca × Linaza	67.0069	1	41.1007	1.63	0.1078
Zapallo × Linaza	87.4181	1	41.1007	2.127	0.0372

El modelo cuadrático resultó estadísticamente significativo ($p < 0.001$), a su vez que mostró una alta capacidad explicativa, evidenciada por un R^2 de 0.9589 (Anexo G2).

Entre los términos evaluados, destaca la interacción Zapallo × Linaza, que resultó significativa ($p = 0.0372$), lo cual indica que esta combinación tiene un efecto relevante sobre la percepción de la apariencia. Aunque el coeficiente principal de la yuca y sus interacciones no fueron estadísticamente significativos individualmente, su inclusión en el modelo mejora la explicación conjunta de la variable respuesta.

La ecuación del modelo cuadrático ajustado para predecir la evaluación sensorial de la apariencia del snack, en función de las proporciones de los tres ingredientes principales (Yuca (X_1), Zapallo (X_2) y Linaza (X_3)), se expresa de la siguiente manera:

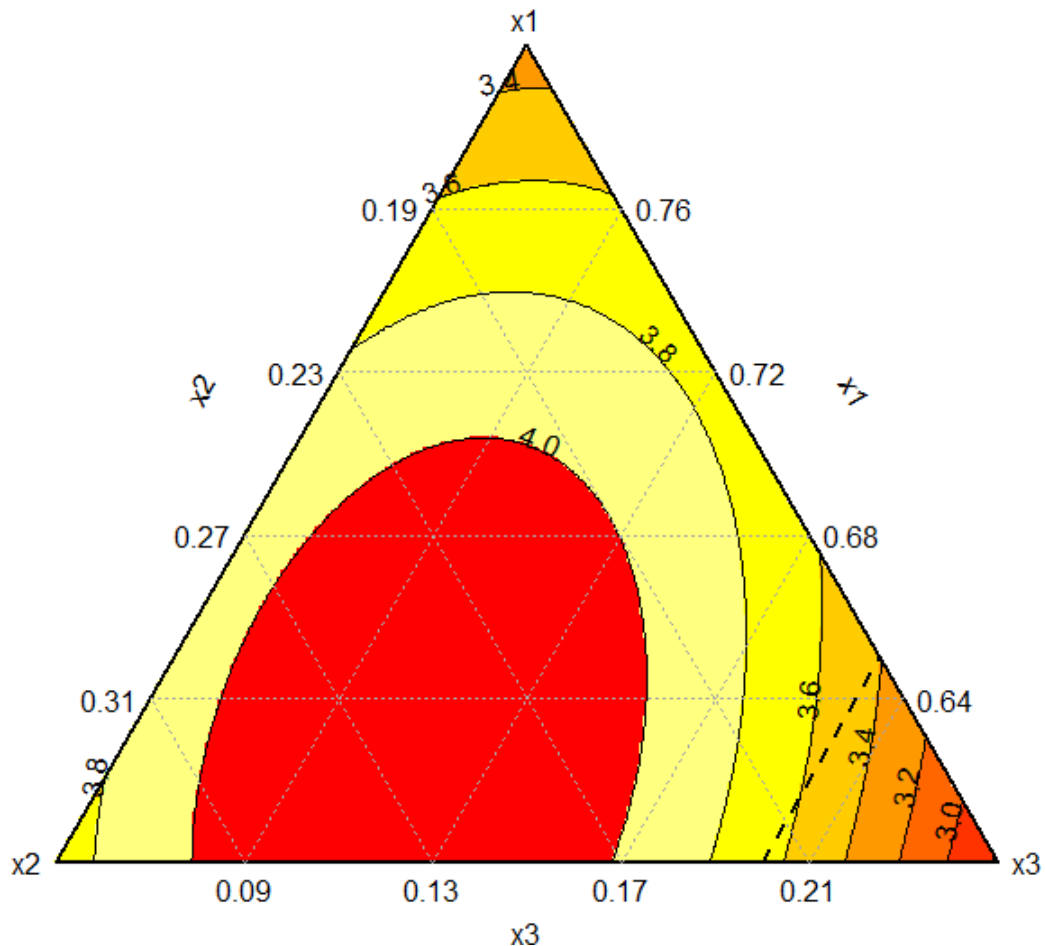
$$\hat{Y} = 0.1766 \cdot X_1 - 15.7540 \cdot X_2 - 46.7536 \cdot X_3 + 37.6610 \cdot X_1 \cdot X_2 + 67.0069 \cdot X_1 \cdot X_3 + 87.4181 \cdot X_2 \cdot X_3$$

El modelo cuadrático ajustado se puede visualizar mediante un diagrama de contornos (Figura 9), en el cual se presenta el comportamiento de la evaluación sensorial del atributo apariencia, en función de la proporción relativa de los tres ingredientes de la mezcla: Yuca (x_1), Zapallo (x_2) y Linaza (x_3).

En la figura, se destaca una zona central en color rojo, que indica una región de máxima aceptabilidad visual, con valores cercanos a 5. Esta zona corresponde a formulaciones que combinan proporciones moderadas de zapallo y linaza, con un predominio de yuca. Por otra parte, las zonas en colores más claros (amarillo o naranja) corresponden a puntuaciones entre 3.0 y 3.8.

Figura 9

Superficie de respuesta para el atributo apariencia del snack, en función de las proporciones de yuca (X_1), zapallo (X_2) y linaza (X_3)



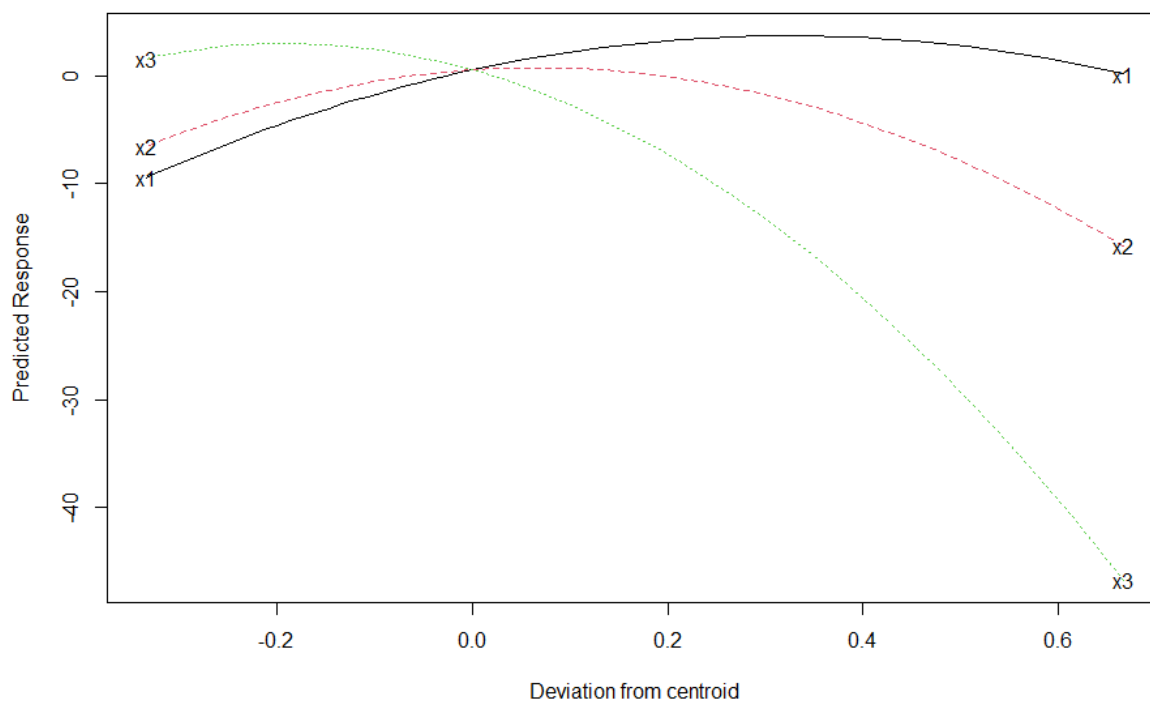
Por su parte, la Figura 10 muestra el efecto individual de cada componente de la mezcla —Yuca (x_1), Zapallo (x_2) y Linaza (x_3)— sobre la respuesta predicha, considerando desviaciones progresivas desde el centroide del diseño experimental.

Se observa que la curva correspondiente a la Yuca (X_1) (línea negra continua) presenta una forma cuadrática con un vértice hacia la parte superior, indicando que existe una proporción intermedia óptima de yuca que maximiza la aceptabilidad visual. En el caso del Zapallo (X_2) (línea roja punteada), el efecto también sigue una tendencia cuadrática, aunque su impacto sobre la apariencia es ligeramente menor que el de la yuca. Finalmente, la Linaza (X_3) (línea verde punteada) muestra una caída pronunciada en la respuesta a medida que su proporción

aumenta, lo cual sugiere que su uso en exceso puede comprometer negativamente la percepción visual del producto final.

Figura 10

Efectos principales del modelo cuadrático para la aceptabilidad de la apariencia



La optimización del modelo permitió identificar la combinación de ingredientes que maximiza la respuesta estimada del atributo. De acuerdo con los resultados obtenidos, la proporción óptima de ingredientes es la siguiente:

- Yuca (X1) = 62.20 %
- Zapallo (X2) = 26.19 %
- Linaza (X3) = 11.61 %

Bajo esta formulación, el valor estimado para la apariencia sensorial alcanzó un máximo de 4.1878 en una escala de 1 a 5, lo cual representa una alta aceptabilidad del producto en términos de apariencia.

4.2. Análisis de la optimización simultánea de las formulaciones

En la Tabla 21 se presenta la formulación óptima obtenida del análisis de superficie de respuesta bajo el criterio de maximización de la deseabilidad global. Esta formulación óptima corresponde a una mezcla de 60 % de yuca, 31.8 % de zapallo y 8.2 % de linaza, la cual representa el mejor comportamiento entre todos los atributos sensoriales evaluados.

Tabla 21

Resultados de la optimización simultánea de los atributos sensoriales del snack a base de yuca, zapallo y linaza

Ingredientes óptimos (%)	Evaluaciones sensoriales predichas	Deseabilidad individual
Yuca = 60.00	Olor = 4.01	Olor = 0.752
Zapallo = 31.84	Color = 3.99	Color = 0.747
Linaza = 8.16	Sabor = 3.41	Sabor = 0.603
	Crocantez = 4.08	Crocantez = 0.769
	Apariencia = 4.02	Apariencia = 0.755
Deseabilidad global (D) = 0.722		

Los valores predichos de evaluación sensorial, en una escala de 1 a 5, fueron evaluados para todos los atributos, destacando la crocantez (4.08), apariencia (4.02) y olor (4.01). El sabor, si bien obtuvo un valor inferior (3.41), sigue estando dentro de un rango considerado aceptable.

En cuanto a las deseabilidades individuales, todas se mantuvieron por encima de 0.60, destacando la crocantez (0.769) como el atributo con mayor deseabilidad, seguido por la apariencia (0.755) y el olor (0.752). La menor deseabilidad fue la del sabor (0.603).

El valor de deseabilidad global obtenido fue de 0.722, lo que indica una formulación con un alto nivel de aceptabilidad sensorial desde un enfoque integral. Esto confirma que, bajo

las condiciones del experimento y el análisis de superficie de respuesta, la mezcla propuesta tiene un buen desempeño sensorial general.

4.3. Resultados del análisis químico proximal de la fórmula optimizada

En la Tabla 22 se presentan los resultados del análisis químico proximal del snack elaborado de acuerdo con las proporciones de harina de yuca (60 %), harina de semillas de zapallo (31.8 %) y harina de linaza (8.2 %) que optimizan la deseabilidad global del snack (Anexo H).

Tabla 22

Resultados del análisis químico proximal de la fórmula optimizada (60 % yuca, 31.8 % zapallo y 8.2 % linaza)

Parámetro	Resultado
Humedad (g/100 g)	2.12
Energía total (kcal/100 g)	521.40
Carbohidratos (g/100 g)	52.19
Proteína ((Nx6.25) g/100 g)	13.00
Grasa (g/100 g)	28.96
Fibra cruda (g/100 g)	1.69
Ceniza (g/100 g)	3.73

Como se detalla en la Tabla 22, la fórmula optimizada del snack cumple con los requisitos establecidos por la NTP 206.001 para productos horneados en términos de humedad, y presenta una composición nutricional balanceada, con niveles destacables de proteína y energía.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis sensorial de los palitos snack por atributo

En referencia al atributo olor, ninguno de los coeficientes obtenidos para el modelo cuadrático resultó significativo en la estimación de la aceptabilidad sensorial. Aunque el modelo presentó un excelente ajuste global (R^2 ajustado = 0.9656), la falta de significancia individual sugiere que la variación en las proporciones de las harinas de yuca, semillas de zapallo y linaza no afectaron perceptiblemente la valoración olfativa del producto.

Una posible explicación de este resultado radica en la naturaleza del producto evaluado, un palito tipo snack, cuya experiencia sensorial está mayormente influenciada por atributos como textura crujiente, sabor salado y aspecto visual, siendo el olor generalmente un componente de baja influencia en la decisión del consumidor. Estudios previos coinciden en que, en este tipo de productos, el atributo olfativo no suele generar una diferenciación significativa en términos de preferencia o aceptabilidad (Centro de investigación en alimentación y desarrollo [CIAD], 2024).

Adicionalmente, el perfil aromático de los ingredientes utilizados (Yuca, Zapallo y Linaza) no es particularmente intenso o volátil, lo que podría limitar su impacto en la dimensión olfativa. Por tanto, la ausencia de efectos significativos en el modelo podría reflejar tanto una escasa sensibilidad del atributo “olor” en el contexto sensorial del producto, como una limitación aromática natural en la formulación evaluada.

De manera similar, para el atributo sabor los coeficientes determinados no alcanzaron significancia estadística ($p > 0.05$), tanto en los efectos individuales como en las interacciones entre ingredientes. Esto sugiere que, dentro del espacio experimental considerado las proporciones evaluadas no generaron diferencias perceptibles en la aceptabilidad del sabor; a su vez, el resultado puede estar condicionado por una limitada intensidad gustativa de los ingredientes base, que no aportan contrastes sensoriales marcados.

Este hallazgo concuerda con estudios previos que indican que ciertos ingredientes de perfil neutro —como la yuca y la linaza en bajas concentraciones— pueden no generar una respuesta diferenciada en atributos como sabor a menos que se incorporen componentes potenciadores como sal, especias o agentes umami. (Sánchez, 2018; Santos et al., 2022)

Por otro lado, la no significancia estadística individual de los coeficientes, mientras que el modelo global es significativo, es un fenómeno que se presenta con bastante frecuencia en estudios sensoriales y de mezcla de ingredientes (Ortega-Pérez et al., 2015). Esto puede ser explicado por la colinealidad o la naturaleza combinada de los efectos de los ingredientes, donde el impacto aislado de un solo factor no es destacado, pero el modelo conjunto captura la variabilidad de la respuesta sensorial. (Myers et al., 2009)

La multicolinealidad puede afectar drásticamente la capacidad de estimar los coeficientes, haciéndolos inestables y difíciles de interpretar. Esto significa que, si bien el conjunto de ingredientes interactúa de manera significativa para influir en el sabor (significancia global del modelo), es difícil aislar y cuantificar la contribución única de cada ingrediente o interacción específica debido a su correlación mutua. (Myers et al., 2009)

En esta misma línea, el color también presentó un comportamiento similar, los resultados sugieren que la aceptabilidad del color del snack no es determinada por el efecto lineal independiente de cada ingrediente, sino por una compleja interacción sinérgica entre la yuca, el zapallo y la linaza.

En referencia al atributo de crocancez, sí se observaron coeficientes significativos para el modelo cúbico especial. De manera individual, únicamente el coeficiente de la linaza resultó significativo. Esto puede deberse al alto contenido de lípidos y mucílagos de este insumo, los cuales pueden generar una textura más ligera o aireada tras la cocción, facilitando una mayor percepción de crocancia, como también se ha reportado en productos similares enriquecidos con semillas. (Igual et al., 2025)

Las interacciones Yuca \times Linaza ($p = 0.0287$) y Zapallo \times Linaza ($p = 0.0343$) fueron estadísticamente significativas, lo que indica un efecto combinado favorable de estos ingredientes en la percepción de textura crujiente del snack. Esto puede explicarse por el papel de la linaza como agente estructurante cuando se combina con ingredientes ricos en almidón (como la yuca o el zapallo), generando estructuras más porosas o friables durante la cocción. (Tobias-Espinoza et al., 2019)

De particular relevancia fue la significancia de la interacción cúbica entre los tres componentes ($p = 0.0334$), indicando una relación sinérgica compleja en la que la proporción relativa de los tres ingredientes afecta significativamente la crocancia. Esta interacción puede estar relacionada con fenómenos como la gelatinización diferencial de los almidones, la redistribución de humedad durante el horneado y el papel estructurante de las proteínas y lípidos presentes, que modifican la textura de la matriz alimentaria. (Yang et al., 2019)

Finalmente, en referencia a la aceptabilidad sensorial del atributo apariencia del snack la interacción Zapallo \times Linaza sí resultó estadísticamente significativa (valor- $p = 0.0372$). Esto indica que la combinación de zapallo y linaza tiene un efecto significativo en la aceptabilidad de la apariencia, más allá de los efectos individuales. Este resultado es interesante, ya que tanto el zapallo como la linaza poseen compuestos bioactivos (carotenoides y mucílagos, respectivamente) que podrían alterar la tonalidad o brillo superficial del producto, afectando así su apariencia. Investigaciones como la de Méndez (2013) también han reportado efectos sinérgicos entre ingredientes ricos en pigmentos y compuestos emulsionantes sobre atributos visuales en productos horneados.

5.2. Análisis de la optimización simultánea de las formulaciones

La formulación óptima obtenida mediante este procedimiento corresponde a la combinación de 60 % de yuca, 31.8 % de zapallo y 8.2 % de linaza, proporción que maximiza

la deseabilidad global ($D = 0.722$). Esta formulación representa el mejor balance posible entre todas las características sensoriales evaluadas.

En términos de valores sensoriales predichos, los atributos que alcanzaron mayores puntajes fueron crocancez (4.08), apariencia (4.02) y olor (4.01) en una escala de 1 a 5, mientras que el sabor obtuvo una puntuación más baja (3.41). Esta menor valoración relativa del sabor se tradujo en una deseabilidad individual más baja (0.603), siendo el valor más bajo entre los cinco atributos. Sin embargo, se mantiene dentro de un rango aceptable (>0.60), indicando que no compromete severamente la calidad sensorial del producto. Es posible que la ligera disminución en el puntaje de sabor se relacione con la proporción moderada de linaza, cuyo sabor característico puede no ser del agrado general de todos los panelistas, como ha sido señalado en otras investigaciones. (Farooq et al., 2024; Siva et al., 2017)

Por otro lado, la crocancez presentó la mayor deseabilidad individual (0.769), lo que sugiere que la proporción seleccionada de yuca, rica en almidón, favorece una textura crocante y agradable, aspecto altamente valorado en productos tipo snack. La apariencia (0.755) y el olor (0.752) también destacaron como atributos fuertes, lo cual puede atribuirse a la presencia del zapallo, que aporta un color atractivo y notas aromáticas suaves. (Mesquita et al., 2013)

5.3. Análisis químico proximal de la fórmula optimizada

Los resultados obtenidos para el análisis químico proximal del snack elaborado con 60 % de harina de yuca, 31.8 % de harina de zapallo y 8.2 % de harina de linaza (Tabla 22) muestran un perfil nutricional acorde a los estándares de calidad requeridos. En cuanto a la humedad, el producto final registró un contenido 2.12 %, lo cual está dentro del límite establecido por la NTP 206.001, en la que se establece un límite máximo de humedad de 12 %; asegurando así una buena estabilidad microbiológica y mayor vida útil del producto. (INACAL, 2019)

Valores ligeramente superiores de humedad se han reportado en galletas enriquecidas con linaza y avena (LA) o linaza y harina de trigo integral (LHTI); con valores de 8.92 g/100 g y 9.06 g/100 g, respectivamente (Benítez et al., 2017). De manera similar, Ortega et al. (2016) en galletas de avena y linaza encontró valores de 9.88 % y 7.86 % en dos tipos de formulaciones; mientras que, Di Giorgio y Pérez (2023) registraron una humedad de 3 % en galletas saladas elaboradas a base de garbanzo. En comparación con los estudios mencionados, la humedad del snack desarrollado en el presente estudio es notablemente inferior, lo que sugiere una mayor crocancia y estabilidad del producto final.

Desde el punto de vista energético, el snack formulado proporciona un valor calórico de 521.40 kcal por cada 100 g, valor que lo posiciona como un producto denso en energía, ideal para su consumo como fuente rápida de energía. Esta densidad calórica es atribuible principalmente a su contenido graso del 28.96 %, porcentaje significativamente alto en comparación con otros snacks horneados a base de cereales, lo cual se debe en gran parte a la incorporación de las harinas de linaza y zapallo, ingredientes con alto contenido lipídico, incluyendo ácidos grasos poliinsaturados. (Goyal et al., 2014)

El contenido de proteína (13.00 g/100 g) es otro aspecto destacable de la formulación, superando los niveles frecuentes en snacks convencionales basados en almidón. Este aporte estaría asociado principalmente a las harinas de linaza y de semillas de zapallo. La harina de semilla de zapallo contiene todos los aminoácidos esenciales, con un alto porcentaje de ácido glutámico, arginina e isoleucina, mientras que la linaza es rica en aminoácidos esenciales y ácidos grasos poliinsaturados, ofreciendo un perfil nutricional funcional para productos alimenticios. (Al-Madhagy et al., 2023; Patel, 2013)

Las galletas LA y LHTI tuvieron 12.93 g/100 g y 12.10 g/100 g de proteína respectivamente (Benítez et al., 2017). En galletas suplementadas con 30 % de harina de semillas de zapallo se reportaron valores de contenido proteico de 8 %. (Kaur y Sharma, 2017)

En cuanto al contenido de carbohidratos (52.19 g/100 g), los resultados obtenidos fueron similares a los que reportan Benítez et al. (2017) en galletas elaboradas con harina de linaza cuyo contenido de este nutriente varió entre 48 y 55 g/100 g.

Por su parte, el contenido de cenizas del snack muestra un nivel superior al de la mayoría de las galletas y harinas de otros estudios, lo que podría indicar un mayor aporte mineral en su composición final. Benítez et al. (2017) reportaron valores de cenizas para sus formulaciones de galletas LA y LHTI de 2.02 g/100 g y 2.66 g/100 g, respectivamente, mientras que la galleta comercial control tuvo 2.08 g/100.

VI. CONCLUSIONES

- Las proporciones de harinas de yuca amarilla, semillas de zapallo y linaza tienen un efecto significativo en la aceptabilidad sensorial de los palitos snack. El análisis de modelos de superficie de respuesta mostró que las interacciones entre estos ingredientes influyen de manera conjunta en la percepción sensorial.
- La aceptabilidad para los atributos de olor, apariencia, color, crocantez y sabor de los palitos snack en los ensayos evaluados estuvo en el rango de 2.88 a 4.38. Los mayores niveles de aceptabilidad para el olor, color y apariencia se alcanzaron en los ensayos 6 (72.5 % de yuca, 15 % zapallo y 12.5 % de linaza) y 7 (70 % de yuca, 55 % zapallo y 5 % de linaza), mientras que el sabor y la apariencia mostraron su valor más bajo y más alto, respectivamente, con el ensayo 5 (60 % de yuca, 27.5 % zapallo y 12.5 % de linaza).
- Los modelos predictivos desarrollados mediante la metodología de superficie de respuesta demostraron una alta capacidad para explicar y estimar la aceptabilidad sensorial de los atributos de olor, sabor, color, crocantez y apariencia en los palitos snack. El modelo cúbico especial describió adecuadamente la aceptabilidad sensorial del atributo crocantez, mostrando interacciones no lineales entre las harinas de yuca, zapallo y linaza; mientras que, para los atributos de olor, sabor, color y apariencia se determinó un modelo cuadrático.
- La formulación optimizada del snack (60 % yuca, 31.8 % zapallo y 8.2 % linaza) presentó baja humedad (2.12 g/100 g), alto valor energético (521.40 kcal/100 g), buen aporte de carbohidratos (52.19 g/100 g), proteínas (13.00 g/100 g) y grasas saludables (28.96 g/100 g), cumpliendo con la NTP 206.001 y destacando por su perfil nutricional balanceado.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar posibles ajustes en el diseño experimental, ampliar el rango de mezclas o explorar atributos alternativos que puedan reflejar mejor las diferencias entre formulaciones.
- Se recomienda realizar ensayos de vida útil y estabilidad del producto, considerando que el bajo contenido de humedad favorece su conservación.
- Se sugiere evaluar el impacto funcional y nutricional de incorporar aditivos naturales o ingredientes enriquecedores (como proteínas vegetales, fibras solubles o micronutrientes).
- Se recomienda explorar la viabilidad productiva y comercial del snack a nivel piloto o industrial.

VIII. REFERENCIAS

- Al-Madhagy, S., Ashmawy, N. S., Mamdouh, A., Eldahshan, O. A. & Farag, M. A. (2023). A comprehensive review of the health benefits of flaxseed oil in relation to its chemical composition and comparison with other omega-3-rich oils. *European Journal of Medical Research*, 28, Article 240. <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01203-6>
- Alvarez-Cano, J., Cavero, V. & Diez-Canseco, F. (2022). The comings and goings of the design of the healthy eating policy in Peru: A comparative analysis of its regulatory documents. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 39(4), 480–488. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2022.394.11896>
- Aristizábal, J., Sánchez, T. y Mejía, L. D. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. (Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO - 163). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. <https://www.fao.org/4/a1028s/a1028s00.htm>
- Asencio, N. (2023). *Aprovechamiento de la cáscara del zapallo (Cucúrbita máxima y Cucúrbita pepo) para la obtención de maltodextrina y su aplicación en un embutido*. [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional UAE. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ASENCIO%20GOMEZ%20NATHALY%20MERCEDES.pdf>
- Atauje, J. (2020). *Formulación de un helado hipocalórico y funcional elaborado a partir de extracto de *Linum usitatissimum* “linaza”*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio Institucional UNJFSC. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/4174>
- Balón, S. (2024). *Efecto de la harina de linaza (*Linum usitatissimum*) en las características sensoriales y bromatológicas en nuggets de jaiba (*Metacarcinus magister*)*. [Tesis de

- pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional UAE.
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BALON%20FARFAN%20SENI%20JUDIE.pdf>
- Benítez, B., Archile, A., Rangel, L., Ferrer, K., Márquez, E., Barboza, Y. y Márquez, E. (2008). Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino. *Interciencia*, 33(1), 61-65.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008000100013&lng=es&tlng=es.
- Benítez, B., Olivares, J., Ortega, M., Barboza, Y., Rangel, L. y Romero, Z. (2017). Formulación y evaluación fisicoquímica, microbiológica y sensorial de galletas enriquecidas con linaza como alimento funcional. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 36(4), 106–113. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55952806003>
- Bueno, M. (2017). *Formulación y evaluación de galletas de avena (Avena sativa) y harina de linaza (Linum usitatissimum), con características de alimento funcional*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional UNSA. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6127>
- Castro, L. K. y Zegarra, J. A. (2020). *Enriquecimiento de la carne de pollo con ácidos grasos omega-3 mediante la suplementación de las dietas con semilla de lino (Linum usitatissimum L.) y su conservación en envasado al vacío*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional UNMSM. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/15685>
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. (15 de agosto de 2024). *La textura en los alimentos: una delicia sensorial*. <https://www.ciad.mx/la-textura-en-los-alimentos-una-delicia-sensorial>
- Cervantes, C. y Torres, J. (2018). *Optimización de la formulación para el aprovechamiento de las semillas de zapallo (Cucurbita maxima Duch) en la elaboración de galletas*

- fortificadas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/1503>
- Chacón-Orduz, G., Muñoz-Rincón, A. y Quiñónez-Mosquera, G. A. (2017). Descripción del mercado de los snacks saludables en Villavicencio, Meta. *Revista Libre Empresa*, 14(2), 33–45. <https://doi.org/10.18041/1657-2815/libreempresa.2017v14n2.3031>
- Claudio, J. C. y Rivera, G. (2022). *Efecto de densidades de siembra en el rendimiento de zapallo (Cucurbita máxima Duch) variedad macre en condiciones de Huanchag-Panao, Huánuco, 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/item/75a51b29-68c4-4d98-b1bc-ca4cb575dedf>
- Clementz, A. y Delmoro, J. (2011). Bocadillos frutales. *Invenio*, 14(27), 153-163. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87722114010>
- Cochran, W.G y Cox, G. (2008). *Diseños experimentales*. (2ª ed.). Trillas.
- Comisión del Codex Alimentarius. (1989). *Norma para la harina de yuca comestible (CXS 176-1989)*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Organización Mundial de la Salud. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/es/>
- Cosme, L. R (2021). *Manual del cultivo de zapallo macre (Cucurbita maxima Duch) bajo las condiciones de la costa central del Perú*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1227>
- Di Giorgio, G. y Pérez, S. (2023). Aplicación del diseño de mezclas y metodologías sensoriales rápidas para la formulación de una galleta salada a base de harina de garbanzos. *Tekhné*, 26(3), 1–27. <https://doi.org/10.62876/tekhn.v26i3.6306>

- Dzuvor, C. K. O., Taylor, J. T., Acquah, C., Pan, S., & Agyei, D. (2018). Bioprocessing of functional ingredients from flaxseed. *Molecules*, 23(10), 2444. <https://doi.org/10.3390/molecules23102444>
- Farooq, S. A., Imran, S. & Tanweer, A. (2024). Nutritional, functional and sensory evaluation of flaxseed-enriched cupcakes. *Nurture*, 18(2), 340–348. <https://doi.org/10.55951/nurture.v18i2.618>
- Figuerola, F., Muñoz, O. y Estévez, A. M. (2008). La linaza como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de alimentos. *Agro Sur*, 36(2), 49–58. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2008.v36n2-01>
- Galvez, J. B. y Ortiz, R. (2023). *Evaluación del perfil sensorial y nutricional de un pan elaborado con sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum) por almidón de yuca (Manihot esculenta)*. [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Institucional USS. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/11572>
- Ganán, A. C. (2021). *Determinación del punto óptimo de cosecha de zapallo (Cucurbita maxima) para la elaboración de chips por fritura al vacío*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/39e8563b-c597-4290-a2e6-9705a8cc88c3>
- Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S. & Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: An ancient medicine & modern functional food. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1633–1653. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>
- Huang, C., Tse, T. J., Purdy, S. K., Chicilo, F., Shen, J., Meda, V. & Reaney, M. J. T. (2023). Depletion of cyanogenic glycosides in whole flaxseed via Lactobacillaceae fermentation. *Food Chemistry*, 403, 134441. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134441>

- Igual, M., Gimeno, D., García-Segovia, P., Martínez-Monzó, J. & Navarro-Rocha, J. (2025). Fatty acid enrichment of corn extrudates with hemp seeds. *Molecules*, 30(6), 1390. <https://doi.org/10.3390/molecules30061390>
- Inga, H. y López, J. (2001). *Diversidad de yuca (Manihot esculenta crantz) en Jenaro Herrera, Loreto - Perú* (Documento técnico No. 28). Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. <https://repositorio.iiap.gob.pe/items/bf170f26-e72f-4a2f-864e-b12c6b0b7931>
- Instituto Nacional de Calidad. (2016). *Harina de cereales y derivados. Determinación de grasa*. (NTP 209.104:2016). <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/>
- Instituto Nacional de Calidad. (2017). *Harina de cereales y derivados. Determinación de cenizas*. (NTP 209.217:2017). <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/>
- Instituto Nacional de Calidad. (2017). *Harina de cereales y derivados. Determinación de proteínas*. (NTP 209.211:2017). <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/>
- Instituto Nacional de Calidad. (2018). *Biscochos, galletas y pastas o fideos. Determinación de humedad*. (NTP 206.011:2018, 2ªed.). <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/>
- Instituto Nacional de Calidad. (2019). *Galletas. Requisitos*. (NTP 206.001:2019, 4ª ed.). <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/>
- Instituto Nacional de Calidad. (2019). *Yuca y derivados. Harina de yuca. Definiciones, clasificación y requisitos*. (NTP 011.500:2009 revisada el 2019, 1ª ed.). <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/>
- Instituto Nacional de Calidad. (2023). *Bocaditos a base de cereales, leguminosas y granos andinos. Requisitos*. (NTP 209.226:2023). <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/>
- Kaur, M., & Sharma, S. (2017). Formulation and nutritional evaluation of cookies supplemented with pumpkin seed (*Cucurbita moschata*) flour. *Chemical Science Review and Letters*, 6(24), 2236–2241.

https://www.researchgate.net/publication/331400140_Formulation_and_Nutritional_Evaluation_of_Cookies_Supplemented_With_Pumpkin_Seed_Cucurbita_Moschata_Flour

Lawless, H. T. & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices*. (2^a ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>

Martínez, Z. N., Menacho, P. Z. & Pachón-Ariza, F. A. (2014). Food loss in a hungry world, a problem?. *Agronomía Colombiana*, 32(2), 283–293. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n2.43470>

Meilgaard, M. C., Civille, G. V. & Carr, B. T. (2015). *Sensory evaluation techniques*. (5^a ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b19493>

Méndez, M. F. (2013). *Elaboración y caracterización de un snack de zapallo italiano (Cucurbita pepo L.) con incorporación de esencias aromáticas*. [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Institucional de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/148196>

Mendieta, J. I. y Zambrano, S. A. (2021). *Tiempo y temperatura de tostado sobre el grado de alergia alimentaria en la semilla de zapallo (Cucurbita máxima d.)*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio Institucional ESPAMMFL. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1414>

Mesías, M. y Morales, F. J. (5 y 6 de abril de 2017). ¿Snacks saludables? [Ponencia]. *Ponencia, XXI Jornadas de Nutrición Práctica, Madrid, España*. <http://hdl.handle.net/10261/172269>

Mesquita, C. B., Leonel, M. & Mischán, M. M. (2013). Effects of processing on physical properties of extruded snacks with blends of sour cassava starch and flaxseed flour.

Food Science and Technology, 33(3), 404-410. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000073>

Myers, R. H., Montgomery, D. C., & Anderson-Cook, C. M. (2009). *Response surface methodology: Process and product optimization using designed experiments* (3.^a ed.). Wiley.

Nicho, L. K. y Sotomayor, M. V. (2023). *Elaboración y valor nutritivo de palitos de ajonjolí (Sesamum indicum) con harina de chía (Salvia hispánica) y tarwi (Lupinus mutabilis)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio Institucional UNJFSC. <http://hdl.handle.net/20.500.14067/8003>

Oomah, B. D., Mazza, G., & Kenaschuk, E. O. (1996). Flavonoid content of flaxseed. Influence of cultivar and environment. *Euphytica*, 90(2), 163–167. <https://doi.org/10.1007/BF00023854>

Ortega-Pérez, D. C., Bustamante-Rua, M. O., Gutiérrez- Rôa, D. F. y Correa-Espinal, A. A. (2015). Diseño de mezclas en formulaciones industriales. *Dyna*, 82(189), 149-156. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49635366020>

Ortega, M., Barboza, Y., Piñero, M. P. y Parra, K. (2016). Formulación y evaluación de una galleta elaborada con avena, linaza y pseudofruto del cauñil como alternativa de un alimento funcional. *Multiciencias*, 16(1), 76–86. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90450808010>

Patel, S. (2013). Pumpkin (*Cucurbita sp.*) seeds as nutraceutic: a review on status quo and scopes. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 6(3), 183–189. <https://doi.org/10.1007/s12349-013-0131-5>

Peñaranda, L. V, Montenegro, S.P. y Giraldo, P., A. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *Revista De Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 141-150. <https://doi.org/10.22490/21456453.2040>

- Plencovich, R. M, Trouilh, D. B. y Massari, T. N. (2017). *Harina de amaranto y semillas de lino en la elaboración de scones: Aportando aminoácidos y ácidos grasos esenciales*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Córdoba]. Repositorio Institucional UNC. <http://hdl.handle.net/11086/4729>
- Quintana, D. (2021). *Obtención de bioplástico a partir de la yuca amarilla (Manihot esculenta) y aceite esencial de hierba luisa (Cymbopogon citratus) para embalaje de alimentos*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional ESPOCH. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16801>
- Reyes, M. M., Gómez, V. I. y Espinoza, C. M. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos* (10.ªed). Instituto Nacional de Salud. <https://repositorio.ins.gob.pe/items/7dd870ba-42db-449c-bef2-5d67d881383f>
- Rico, H. y Peralta, P. (2020). Comportamiento del consumidor frente a productos derivados de la yuca. *Innovar*, 30(75), 9–18. <https://doi.org/10.15446/innovar.v30n75.83235>
- Rodríguez, S. (2022). *Desarrollo de un producto funcional a base de linaza y semillas de calabaza*. [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]. Repositorio Institucional Uniandes. <http://hdl.handle.net/1992/58089>
- Sánchez, M. (2018). *Entrenamiento y validación de un panel de catadores de snack y patatas fritas extracrujientes*. [Tesis de maestría, Universidad de Valladolid]. Repositorio Institucional UVA. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/33210>
- Santos, O., Dávila, L., Tuesta, T. y López, L. E. (2022). Características de snacks y componentes funcionales para consumidores jóvenes y adultos en Lima Metropolitana. *Agroindustrial Science*, 12(1), 81–88. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2022.01.10>

- Singh, R., Langyan, S., Sangwan, S., Rohtagi, B., Khandelwal, A. & Shrivastava, M. (2022). Protein for human consumption from oilseed cakes: A review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.811912>
- Siva, S., Balasubramanyam, B., Jayaraj, K., Heartwin, D. & Surendra, B. (2017). Effect of flaxseed oil and flour on sensory, physicochemical and fatty acid profile of fruit yoghurt. *Journal of Food Science and Technology*, 54(2), 368–378. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2471-x>
- Stone, H., Bleibaum, R. & Thomas, H. (2012). *Sensory evaluation practices*. (4^a ed.). Academic Press.
- Tobias-Espinoza, J. L., Amaya-Guerra, C. A., Quintero-Ramos, A., Pérez-Carrillo, E., Núñez-González, M. A., Martínez-Bustos, F., Meléndez-Pizarro, C. O., Báez-González, J. G. & Ortega-Gutiérrez, J. A. (2019). Effects of the addition of flaxseed and amaranth on the physicochemical and functional properties of instant-extruded products. *Foods*, 8(6), 183. <https://doi.org/10.3390/foods8060183>
- Tolentino, M. H. (2023). *Formulación de galletas dulces de yuca y quinua para promover su consumo y diversificación en la industria alimentaria*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5630>
- Tomaszewska-Ciosk, E. & Zdybel, E. (2021). Properties of extruded corn snacks with common flax (*Linum usitatissimum* L.) and golden flax (*Linum flavum* L.) pomace. *International Journal of Food Science and Technology*, 56, 2009–2018. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14832>
- Ulloa, G. (2018). *Evaluación de los efectos de la precocción, prefritura y congelación IQF (Individually Quick Frozen) en las características físico-químicas y sensoriales de yuca amarilla (Manihot esculenta Crantz) de la provincia de Pastaza*. [Tesis de

pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA.
<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/28027>

Vinces, H. L. y Vera, V. E. (2023). Emprendimiento agroindustrial sostenible de la yuca para el consumo humano en la provincia de Manabí. *Revista Científica Sinapsis*, 1(22).
<https://doi.org/10.37117/s.v1i22.874>

Yang, C., Zhong, F., Goff, H. D., & Li, Y. (2019). Study on starch-protein interactions and their effects on physicochemical and digestible properties of the blends. *Food Chemistry*, 280, 51-58. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.028>

Yovera, S. L. y Lorenzo, R. G. (2023). *Palitos integrales de semilla de sachá inchi (Plukenetia volubilis) y linaza (Linum usitatissimum) y su efecto dietético en escolares con sobrepeso*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].

Repositorio

Institucional

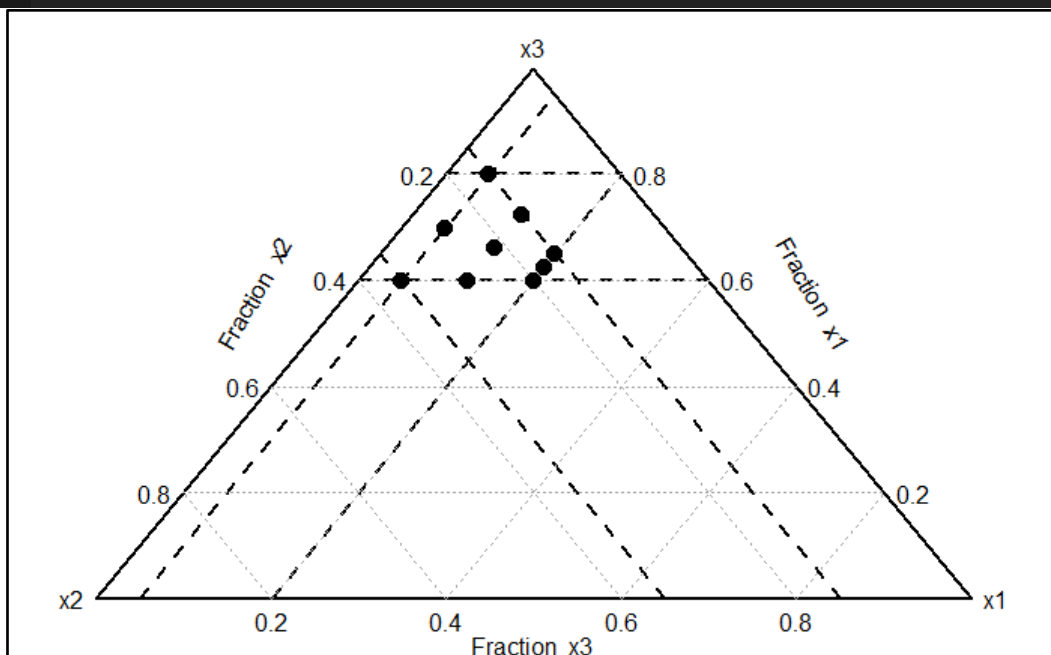
UNJFSC.

<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/3214>

IX. ANEXOS

Anexo A. Diseño de mezclas restringido

```
diseno <- xvert(nfac = 3,  
              lc = c(0.6, 0.15, 0.05),  
              uc = c(0.8, 0.35, 0.2),  
              ndm = 1,  
              pseudo = FALSE)  
  
print(diseno)
```



Anexo B. Ficha de evaluación sensorial

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL				
				Nº MUESTRA
Nombres y Apellidos: _____			Fecha: _____	
Instrucciones				
Se presentan dos muestras de palitos snack elaborados a partir de harinas de yuca amarilla, semillas de zapallo y linaza. Por favor, pruebe cada una de ellas, empezando de izquierda a derecha. Califique los atributos de las muestras según la escala, marcando con un aspa (X) sobre la frase que mejor describa su opinión.				
Sabor				
Me gusta muchísimo	Me gusta moderadamente	Ni me gusta ni me disgusta	Me disgusta moderadamente	Me disgusta muchísimo
Olor				
Me gusta muchísimo	Me gusta moderadamente	Ni me gusta ni me disgusta	Me disgusta moderadamente	Me disgusta muchísimo
Color				
Me gusta muchísimo	Me gusta moderadamente	Ni me gusta ni me disgusta	Me disgusta moderadamente	Me disgusta muchísimo
Crocantez				
Me gusta muchísimo	Me gusta moderadamente	Ni me gusta ni me disgusta	Me disgusta moderadamente	Me disgusta muchísimo
Apariencia				
Me gusta muchísimo	Me gusta moderadamente	Ni me gusta ni me disgusta	Me disgusta moderadamente	Me disgusta muchísimo
¡Gracias por su participación!				

Anexo C. Ajuste de modelos de superficie de respuesta para el atributo olor

C1. Anova secuencial

Analysis of Variance Table

Model 1: evaluacion ~ 1

Model 2: evaluacion ~ -1 + Yuca + Zapallo + Linaza

Model 3: evaluacion ~ -1 + Yuca + Zapallo + Linaza + Yuca:Zapallo + Yuca:Linaza + Zapallo:Linaza

Model 4: evaluacion ~ -1 + Yuca + Zapallo + Linaza + Yuca:Zapallo + Yuca:Linaza + Zapallo:Linaza + Yuca:Zapallo:Linaza

	Res. Df	RSS	Df	Sum of Sq	F	Pr(>F)
1	71	37.319				
2	69	36.717	2	0.60215	0.5767	0.5646
3	66	34.780	3	1.93698	1.2367	0.3036
4	65	33.935	1	0.84486	1.6183	0.2079

C2. Modelo cuadrático de superficie de respuesta

Residual standard error: 0.72593 on 66 degrees of freedom

Corrected Multiple R-squared: 0.06803778

Call:

lm(formula = mixmodnI, data = frame)

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-2.11731	-0.65171	0.02828	0.34829	1.34829

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Yuca	0.9361	2.1347	0.439	0.662
Zapallo	-10.1714	15.2351	-0.668	0.507
Linaza	-37.5452	25.7419	-1.459	0.149
Yuca:Zapallo	29.0479	29.2297	0.994	0.324
Yuca:Linaza	60.0728	36.9692	1.625	0.109
Zapallo:Linaza	48.4722	36.9691	1.311	0.194

Residual standard error: 0.7259 on 66 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9685, Adjusted R-squared: 0.9656

F-statistic: 337.8 on 6 and 66 DF, p-value: < 2.2e-16

Anexo D. Ajuste de modelos de superficie de respuesta para el atributo sabor

D1. Anova secuencial

Analysis of Variance Table

Model 1: evaluacion ~ 1

Model 2: evaluacion ~ -1 + Yuca + Zapallo + Linaza

Model 3: evaluacion ~ -1 + Yuca + Zapallo + Linaza + Yuca:Zapallo + Yuca:Linaza + Zapallo:Linaza

Model 4: evaluacion ~ -1 + Yuca + Zapallo + Linaza + Yuca:Zapallo + Yuca:Linaza + Zapallo:Linaza + Yuca:Zapallo:Linaza

	Res.Df	RSS	Df	Sum of Sq	F	Pr(>F)
1	71	55.875				
2	69	55.515	2	0.35954	0.2235	0.8003
3	66	52.439	3	3.07637	1.2749	0.2904
4	65	52.283	1	0.15564	0.1935	0.6615

D2. Modelo cuadrático de superficie de respuesta

Call:

```
lm(formula = mixmodnI, data = frame)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.1273	-0.5757	0.1958	0.5847	1.5846

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Yuca	2.6654	2.6211	1.017	0.313
Zapallo	8.0182	18.7071	0.429	0.670
Linaza	11.7625	31.6083	0.372	0.711
Yuca:Zapallo	-0.5066	35.8909	-0.014	0.989
Yuca:Linaza	5.6847	45.3942	0.125	0.901
Zapallo:Linaza	-72.4358	45.3942	-1.596	0.115

Residual standard error: 0.8914 on 66 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9453, Adjusted R-squared: 0.9403

F-statistic: 190.2 on 6 and 66 DF, p-value: < 2.2e-16

Anexo E. Ajuste de modelos de superficie de respuesta para el atributo color

E1. Modelo secuencial

```

Analysis of Variance Table

Model 1: evaluacion ~ 1
Model 2: evaluacion ~ -1 + Yuca + Zapallo + Linaza
Model 3: evaluacion ~ -1 + Yuca + Zapallo + Linaza + Yuca:Zapallo + Yuca:Linaza +
        Zapallo:Linaza
Model 4: evaluacion ~ -1 + Yuca + Zapallo + Linaza + Yuca:Zapallo + Yuca:Linaza +
        Zapallo:Linaza + Yuca:Zapallo:Linaza
  Res.Df    RSS Df Sum of Sq    F Pr(>F)
1      71 39.986
2      69 38.316  2    1.67003 1.4649 0.2386
3      66 38.166  3    0.15036 0.0879 0.9664
4      65 37.052  1    1.11386 1.9540 0.1669

```

E2. Modelo cuadrático de superficie de respuesta

```

Call:
lm(formula = mixmodnI, data = frame)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.81036 -0.62182  0.08047  0.37818  1.41368

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Yuca              2.843     2.236   1.271  0.208
Zapallo            1.276    15.959   0.080  0.937
Linaza            -7.367    26.966  -0.273  0.786
Yuca:Zapallo       7.178    30.619   0.234  0.815
Yuca:Linaza       13.284    38.727   0.343  0.733
Zapallo:Linaza    17.542    38.727   0.453  0.652

Residual standard error: 0.7604 on 66 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9635,    Adjusted R-squared:  0.9602
F-statistic: 290.2 on 6 and 66 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Anexo F. Ajuste de modelos de superficie de respuesta para el atributo crocantez

F1. Anova secuencial

```

Analysis of Variance Table

Model 1: evaluacion ~ 1
Model 2: evaluacion ~ -1 + Yuca + Zapallo + Linaza
Model 3: evaluacion ~ -1 + Yuca + Zapallo + Linaza + Yuca:Zapallo + Yuca:Linaza +
  Zapallo:Linaza
Model 4: evaluacion ~ -1 + Yuca + Zapallo + Linaza + Yuca:Zapallo + Yuca:Linaza +
  Zapallo:Linaza + Yuca:Zapallo:Linaza
  Res.Df    RSS Df Sum of Sq    F Pr(>F)
1      71 61.875
2      69 54.520  2     7.3548 4.7846 0.01152 *
3      66 53.589  3     0.9308 0.4037 0.75084
4      65 49.958  1     3.6312 4.7245 0.03338 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

F2. Modelo cúbico especial de superficie de respuesta

```

Call:
lm(formula = mixmodnI, data = frame)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.16385 -0.27568 -0.09823  0.76807  1.72432

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Yuca           -7.642      5.697   -1.341  0.1845
Zapallo        -67.544     45.022   -1.500  0.1384
Linaza        -284.058    130.847   -2.171  0.0336 *
Yuca:Zapallo   145.818     87.463    1.667  0.1003
Yuca:Linaza    500.405    223.694    2.237  0.0287 *
Zapallo:Linaza 1765.852    816.588    2.162  0.0343 *
Yuca:Zapallo:Linaza -2879.651  1324.830   -2.174  0.0334 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8767 on 65 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9545,    Adjusted R-squared:  0.9496
F-statistic: 194.6 on 7 and 65 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Anexo G. Ajuste de modelos de superficie de respuesta para el atributo apariencia

G1. Anova secuencial

```

Analysis of Variance Table

Model 1: evaluacion ~ 1
Model 2: evaluacion ~ -1 + Yuca + Zapallo + Linaza
Model 3: evaluacion ~ -1 + Yuca + Zapallo + Linaza + Yuca:Zapallo + Yuca:Linaza +
Zapallo:Linaza
Model 4: evaluacion ~ -1 + Yuca + Zapallo + Linaza + Yuca:Zapallo + Yuca:Linaza +
Zapallo:Linaza + Yuca:Zapallo:Linaza
  Res.Df    RSS Df Sum of Sq    F Pr(>F)
1      71 48.444
2      69 46.813  2    1.6317 1.2639 0.2894
3      66 42.989  3    3.8242 1.9747 0.1265
4      65 41.959  1    1.0292 1.5943 0.2112

```

G2. Modelo cuadrático de superficie de respuesta

```

Call:
lm(formula = mixmodnI, data = frame)



Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.7032 -0.5574  0.1239  0.4426  1.4426

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
Yuca          0.1766     2.3732   0.074  0.9409
Zapallo     -15.7540    16.9377  -0.930  0.3557
Linaza     -46.7536    28.6187  -1.634  0.1071
Yuca:Zapallo  37.6610    32.4963   1.159  0.2507
Yuca:Linaza  67.0069    41.1007   1.630  0.1078
Zapallo:Linaza 87.4181    41.1007   2.127  0.0372 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8071 on 66 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9589,    Adjusted R-squared:  0.9552
F-statistic: 256.7 on 6 and 66 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Anexo H. Resultados del análisis proximal de la formulación optimizada

 Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C. <small>JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280 E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com</small>																	
INFORME DE ENSAYO N° DT-04048-01-2025																	
PRODUCTO	: Palitos snack a base de harinas de yuca amarilla, semillas de zapallo macre y linaza,																
SOLICITADO POR	: Arangüena Mendoza Sandra Milagros																
DIRECCIÓN	: Jr. Crnel. Francisco Bolognesi Nro 750 Dpto.702. Residencial Las Torres Gemelas-San Miguel - Lima																
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2025-07-10																
FECHA DE ANÁLISIS	: 2025-07-11																
FECHA DE INFORME	: 2025-07-16																
SOLICITUD N°	: SDT-06422-2025																
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	: Ninguna																
ESTADO / CONDICIÓN	: Producto horneado / Temperatura Ambiente																
PRESENTACIÓN	: Bolsa de polietileno transparente y sellada por 150g, sin etiqueta																
CANTIDAD DE MUESTRA	: 2 unidades																
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE	: Ninguna (A solicitud del cliente)																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Servicio</th> <th style="text-align: center;">Vía / Resultado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(*) Carbohidratos (g/100g)</td> <td style="text-align: center;">52,19</td> </tr> <tr> <td>(*) Ceniza (g/100g)</td> <td style="text-align: center;">3,73</td> </tr> <tr> <td>(*) Energía total (kcal/100g)</td> <td style="text-align: center;">521,40</td> </tr> <tr> <td>(*) Fibra cruda (g/100g)</td> <td style="text-align: center;">1,69</td> </tr> <tr> <td>(*) Grasa (g/100g)</td> <td style="text-align: center;">28,96</td> </tr> <tr> <td>(*) Humedad (g/100g)</td> <td style="text-align: center;">2,12</td> </tr> <tr> <td>(*) Proteína ((Nx6,25) g/100g)</td> <td style="text-align: center;">13,00</td> </tr> </tbody> </table>		Servicio	Vía / Resultado	(*) Carbohidratos (g/100g)	52,19	(*) Ceniza (g/100g)	3,73	(*) Energía total (kcal/100g)	521,40	(*) Fibra cruda (g/100g)	1,69	(*) Grasa (g/100g)	28,96	(*) Humedad (g/100g)	2,12	(*) Proteína ((Nx6,25) g/100g)	13,00
Servicio	Vía / Resultado																
(*) Carbohidratos (g/100g)	52,19																
(*) Ceniza (g/100g)	3,73																
(*) Energía total (kcal/100g)	521,40																
(*) Fibra cruda (g/100g)	1,69																
(*) Grasa (g/100g)	28,96																
(*) Humedad (g/100g)	2,12																
(*) Proteína ((Nx6,25) g/100g)	13,00																
(*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA																	
MÉTODOS																	
(*) Carbohidratos	: Por Cálculo																
(*) Ceniza	: AOAC 935.39B, 22nd Ed. (2023) // AOAC 923.03, 22nd Ed. (2023). Baked Products // Ash of flour																
(*) Energía total	: Por Cálculo																
(*) Fibra cruda	: AOAC 962.09, 22nd Ed. (2023). Fiber (crude) In Animal Feed and Pet Food																
(*) Grasa	: AOAC 935.39D, 22nd Ed. (2023) // AOAC 922.06, 22nd Ed. (2023). Baked product // Fat in flour. Acid hydrolysis method.																
(*) Humedad	: NTP 208.008:2014 (revisada el 2019). Confitería. Determinación de la humedad																
(*) Proteína	: AOAC 935.39C, 22nd Ed. (2023) // AOAC 950.36, 22nd Ed. (2023) // AOAC 986.13A, 22nd Ed. (2023). Baked products // Protein in bread // Protein (crude) In animal feed and pet food. Cooper catalyst Kjeldahl Method.																
Notas																	
Contacto: Sandra Milagros Arangüena Mendoza. Correo: milagrosarangüena_20@hotmail.com																	
Fecha de inicio de análisis: 2025-07-11																	
Fecha de término de análisis: 2025-07-15																	
- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.																	
QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS JEFE DIVISIÓN TÉCNICA C. Q. P. N° 296																	
																	
Firmado digitalmente por: Quim. Maria Clotilde Huapaya Herreros Fecha: 17/07/2025 23:29																	

Anexo I. Base de datos del análisis sensorial

panelistas	atributo	muestras	evaluación	categoría
panelista 1	olor	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 1	olor	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 1	color	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 1	color	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 1	sabor	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 1	sabor	T2	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 1	crocantez	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 1	crocantez	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 1	apariencia	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 1	apariencia	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 2	olor	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 2	olor	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 2	color	T2	5	Me gusta muchísimo
panelista 2	color	T8	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 2	sabor	T2	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 2	sabor	T8	5	Me gusta muchísimo
panelista 2	crocantez	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 2	crocantez	T8	5	Me gusta muchísimo
panelista 2	apariencia	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 2	apariencia	T8	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 3	olor	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 3	olor	T4	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 3	color	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 3	color	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 3	sabor	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 3	sabor	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 3	crocantez	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 3	crocantez	T4	5	Me gusta muchísimo
panelista 3	apariencia	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 3	apariencia	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 4	olor	T4	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 4	olor	T7	4	Me gusta ligeramente
panelista 4	color	T4	5	Me gusta muchísimo
panelista 4	color	T7	5	Me gusta muchísimo
panelista 4	sabor	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 4	sabor	T7	5	Me gusta muchísimo
panelista 4	crocantez	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 4	crocantez	T7	4	Me gusta ligeramente
panelista 4	apariencia	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 4	apariencia	T7	4	Me gusta ligeramente
panelista 5	olor	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 5	olor	T6	5	Me gusta muchísimo
panelista 5	color	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 5	color	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 5	sabor	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 5	sabor	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 5	crocantez	T5	5	Me gusta muchísimo

panelista 5	crocanz	T6	5	Me gusta muchísimo
panelista 5	apariencia	T5	5	Me gusta muchísimo
panelista 5	apariencia	T6	5	Me gusta muchísimo
panelista 6	olor	T1	4	Me gusta ligeramente
panelista 6	olor	T6	5	Me gusta muchísimo
panelista 6	color	T1	5	Me gusta muchísimo
panelista 6	color	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 6	sabor	T1	4	Me gusta ligeramente
panelista 6	sabor	T6	5	Me gusta muchísimo
panelista 6	crocanz	T1	4	Me gusta ligeramente
panelista 6	crocanz	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 6	apariencia	T1	4	Me gusta ligeramente
panelista 6	apariencia	T6	5	Me gusta muchísimo
panelista 7	olor	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 7	olor	T7	5	Me gusta muchísimo
panelista 7	color	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 7	color	T7	5	Me gusta muchísimo
panelista 7	sabor	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 7	sabor	T7	4	Me gusta ligeramente
panelista 7	crocanz	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 7	crocanz	T7	4	Me gusta ligeramente
panelista 7	apariencia	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 7	apariencia	T7	4	Me gusta ligeramente
panelista 8	olor	T8	5	Me gusta muchísimo
panelista 8	olor	T9	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 8	color	T8	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 8	color	T9	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 8	sabor	T8	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 8	sabor	T9	2	Me disgusta moderadamente
panelista 8	crocanz	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 8	crocanz	T9	2	Me disgusta moderadamente
panelista 8	apariencia	T8	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 8	apariencia	T9	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 9	olor	T5	5	Me gusta muchísimo
panelista 9	olor	T9	2	Me disgusta moderadamente
panelista 9	color	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 9	color	T9	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 9	sabor	T5	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 9	sabor	T9	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 9	crocanz	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 9	crocanz	T9	2	Me disgusta moderadamente
panelista 9	apariencia	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 9	apariencia	T9	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 10	olor	T1	4	Me gusta ligeramente
panelista 10	olor	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 10	color	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 10	color	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 10	sabor	T1	2	Me disgusta moderadamente
panelista 10	sabor	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 10	crocanz	T1	4	Me gusta ligeramente

panelista 10	crocanz	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 10	apariencia	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 10	apariencia	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 11	olor	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 11	olor	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 11	color	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 11	color	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 11	sabor	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 11	sabor	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 11	crocanz	T2	5	Me gusta muchísimo
panelista 11	crocanz	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 11	apariencia	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 11	apariencia	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 12	olor	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 12	olor	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 12	color	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 12	color	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 12	sabor	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 12	sabor	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 12	crocanz	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 12	crocanz	T6	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 12	apariencia	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 12	apariencia	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 13	olor	T4	5	Me gusta muchísimo
panelista 13	olor	T9	5	Me gusta muchísimo
panelista 13	color	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 13	color	T9	5	Me gusta muchísimo
panelista 13	sabor	T4	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 13	sabor	T9	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 13	crocanz	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 13	crocanz	T9	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 13	apariencia	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 13	apariencia	T9	4	Me gusta ligeramente
panelista 14	olor	T5	5	Me gusta muchísimo
panelista 14	olor	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 14	color	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 14	color	T8	5	Me gusta muchísimo
panelista 14	sabor	T5	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 14	sabor	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 14	crocanz	T5	5	Me gusta muchísimo
panelista 14	crocanz	T8	5	Me gusta muchísimo
panelista 14	apariencia	T5	5	Me gusta muchísimo
panelista 14	apariencia	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 15	olor	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 15	olor	T7	5	Me gusta muchísimo
panelista 15	color	T6	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 15	color	T7	4	Me gusta ligeramente
panelista 15	sabor	T6	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 15	sabor	T7	4	Me gusta ligeramente
panelista 15	crocanz	T6	4	Me gusta ligeramente

panelista 15	crocanz	T7	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 15	apariencia	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 15	apariencia	T7	5	Me gusta muchísimo
panelista 16	olor	T1	4	Me gusta ligeramente
panelista 16	olor	T7	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 16	color	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 16	color	T7	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 16	sabor	T1	5	Me gusta muchísimo
panelista 16	sabor	T7	2	Me disgusta moderadamente
panelista 16	crocanz	T1	4	Me gusta ligeramente
panelista 16	crocanz	T7	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 16	apariencia	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 16	apariencia	T7	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 17	olor	T4	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 17	olor	T8	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 17	color	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 17	color	T8	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 17	sabor	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 17	sabor	T8	5	Me gusta muchísimo
panelista 17	crocanz	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 17	crocanz	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 17	apariencia	T4	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 17	apariencia	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 18	olor	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 18	olor	T9	5	Me gusta muchísimo
panelista 18	color	T2	5	Me gusta muchísimo
panelista 18	color	T9	5	Me gusta muchísimo
panelista 18	sabor	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 18	sabor	T9	4	Me gusta ligeramente
panelista 18	crocanz	T2	5	Me gusta muchísimo
panelista 18	crocanz	T9	5	Me gusta muchísimo
panelista 18	apariencia	T2	5	Me gusta muchísimo
panelista 18	apariencia	T9	5	Me gusta muchísimo
panelista 19	olor	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 19	olor	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 19	color	T1	4	Me gusta ligeramente
panelista 19	color	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 19	sabor	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 19	sabor	T4	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 19	crocanz	T1	2	Me disgusta moderadamente
panelista 19	crocanz	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 19	apariencia	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 19	apariencia	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 20	olor	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 20	olor	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 20	color	T2	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 20	color	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 20	sabor	T2	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 20	sabor	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 20	crocanz	T2	2	Me disgusta moderadamente

panelista 20	crocanz	T6	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 20	apariencia	T2	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 20	apariencia	T6	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 21	olor	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 21	olor	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 21	color	T2	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 21	color	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 21	sabor	T2	5	Me gusta muchísimo
panelista 21	sabor	T3	5	Me gusta muchísimo
panelista 21	crocanz	T2	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 21	crocanz	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 21	apariencia	T2	2	Me disgusta moderadamente
panelista 21	apariencia	T3	2	Me disgusta moderadamente
panelista 22	olor	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 22	olor	T5	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 22	color	T4	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 22	color	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 22	sabor	T4	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 22	sabor	T5	2	Me disgusta moderadamente
panelista 22	crocanz	T4	2	Me disgusta moderadamente
panelista 22	crocanz	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 22	apariencia	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 22	apariencia	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 23	olor	T5	5	Me gusta muchísimo
panelista 23	olor	T7	4	Me gusta ligeramente
panelista 23	color	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 23	color	T7	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 23	sabor	T5	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 23	sabor	T7	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 23	crocanz	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 23	crocanz	T7	2	Me disgusta moderadamente
panelista 23	apariencia	T5	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 23	apariencia	T7	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 24	olor	T6	5	Me gusta muchísimo
panelista 24	olor	T8	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 24	color	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 24	color	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 24	sabor	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 24	sabor	T8	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 24	crocanz	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 24	crocanz	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 24	apariencia	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 24	apariencia	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 25	olor	T7	4	Me gusta ligeramente
panelista 25	olor	T9	4	Me gusta ligeramente
panelista 25	color	T7	5	Me gusta muchísimo
panelista 25	color	T9	2	Me disgusta moderadamente
panelista 25	sabor	T7	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 25	sabor	T9	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 25	crocanz	T7	4	Me gusta ligeramente

panelista 25	crocanz	T9	2	Me disgusta moderadamente
panelista 25	apariencia	T7	5	Me gusta muchísimo
panelista 25	apariencia	T9	5	Me gusta muchísimo
panelista 26	olor	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 26	olor	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 26	color	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 26	color	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 26	sabor	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 26	sabor	T8	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 26	crocanz	T1	2	Me disgusta moderadamente
panelista 26	crocanz	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 26	apariencia	T1	2	Me disgusta moderadamente
panelista 26	apariencia	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 27	olor	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 27	olor	T9	4	Me gusta ligeramente
panelista 27	color	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 27	color	T9	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 27	sabor	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 27	sabor	T9	5	Me gusta muchísimo
panelista 27	crocanz	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 27	crocanz	T9	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 27	apariencia	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 27	apariencia	T9	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 28	olor	T1	4	Me gusta ligeramente
panelista 28	olor	T5	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 28	color	T1	4	Me gusta ligeramente
panelista 28	color	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 28	sabor	T1	4	Me gusta ligeramente
panelista 28	sabor	T5	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 28	crocanz	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 28	crocanz	T5	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 28	apariencia	T1	4	Me gusta ligeramente
panelista 28	apariencia	T5	4	Me gusta ligeramente
panelista 29	olor	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 29	olor	T4	5	Me gusta muchísimo
panelista 29	color	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 29	color	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 29	sabor	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 29	sabor	T4	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 29	crocanz	T2	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 29	crocanz	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 29	apariencia	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 29	apariencia	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 30	olor	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 30	olor	T8	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 30	color	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 30	color	T8	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 30	sabor	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 30	sabor	T8	2	Me disgusta moderadamente
panelista 30	crocanz	T3	4	Me gusta ligeramente

panelista 30	crocanz	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 30	apariencia	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 30	apariencia	T8	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 31	olor	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 31	olor	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 31	color	T4	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 31	color	T6	5	Me gusta muchísimo
panelista 31	sabor	T4	4	Me gusta ligeramente
panelista 31	sabor	T6	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 31	crocanz	T4	5	Me gusta muchísimo
panelista 31	crocanz	T6	5	Me gusta muchísimo
panelista 31	apariencia	T4	5	Me gusta muchísimo
panelista 31	apariencia	T6	5	Me gusta muchísimo
panelista 32	olor	T3	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 32	olor	T5	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 32	color	T3	2	Me disgusta moderadamente
panelista 32	color	T5	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 32	sabor	T3	2	Me disgusta moderadamente
panelista 32	sabor	T5	1	Me disgusta muchísimo
panelista 32	crocanz	T3	4	Me gusta ligeramente
panelista 32	crocanz	T5	5	Me gusta muchísimo
panelista 32	apariencia	T3	2	Me disgusta moderadamente
panelista 32	apariencia	T5	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 33	olor	T6	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 33	olor	T9	4	Me gusta ligeramente
panelista 33	color	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 33	color	T9	4	Me gusta ligeramente
panelista 33	sabor	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 33	sabor	T9	4	Me gusta ligeramente
panelista 33	crocanz	T6	5	Me gusta muchísimo
panelista 33	crocanz	T9	5	Me gusta muchísimo
panelista 33	apariencia	T6	4	Me gusta ligeramente
panelista 33	apariencia	T9	4	Me gusta ligeramente
panelista 34	olor	T2	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 34	olor	T7	4	Me gusta ligeramente
panelista 34	color	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 34	color	T7	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 34	sabor	T2	5	Me gusta muchísimo
panelista 34	sabor	T7	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 34	crocanz	T2	5	Me gusta muchísimo
panelista 34	crocanz	T7	4	Me gusta ligeramente
panelista 34	apariencia	T2	4	Me gusta ligeramente
panelista 34	apariencia	T7	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 35	olor	T7	4	Me gusta ligeramente
panelista 35	olor	T8	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 35	color	T7	4	Me gusta ligeramente
panelista 35	color	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 35	sabor	T7	5	Me gusta muchísimo
panelista 35	sabor	T8	4	Me gusta ligeramente
panelista 35	crocanz	T7	4	Me gusta ligeramente

panelista 35	crocanlez	T8	5	Me gusta muchísimo
panelista 35	apariencia	T7	5	Me gusta muchísimo
panelista 35	apariencia	T8	5	Me gusta muchísimo
panelista 36	olor	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 36	olor	T9	4	Me gusta ligeramente
panelista 36	color	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 36	color	T9	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 36	sabor	T1	4	Me gusta ligeramente
panelista 36	sabor	T9	4	Me gusta ligeramente
panelista 36	crocanlez	T1	2	Me disgusta moderadamente
panelista 36	crocanlez	T9	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 36	apariencia	T1	3	Ni me gusta ni me disgusta
panelista 36	apariencia	T9	3	Ni me gusta ni me disgusta

Anexo J. Fotografías del proceso experimental

J1. Proceso de obtención de la harina de yuca



J2. Proceso de obtención de la harina de semilla de zapallo



J3. Proceso de elaboración de los palitos snack



J4. Análisis sensorial de los palitos snack

