


MANAYAY-VASQUEZ

MANAYAY-VASQUEZ

 Universidad Señor de Sipan

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::26396:429828591

Fecha de entrega

13 feb 2025, 10:06 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

13 feb 2025, 10:09 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

turnitin TESIS 2024-MANAYAY-VASQUEZ - V2.docx

Tamaño de archivo

7.3 MB

112 Páginas

27,027 Palabras

142,764 Caracteres




22% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 20%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 13%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 20% Fuentes de Internet
- 4% Publicaciones
- 13% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	
hdl.handle.net		7%
2	Internet	
repositorio.uns.edu.pe		3%
3	Internet	
repositorio.uss.edu.pe		2%
4	Internet	
repositorio.ucv.edu.pe		1%
5	Internet	
repositorio.unfv.edu.pe		<1%
6	Trabajos entregados	
Federal University of Technology on 2016-08-23		<1%
7	Trabajos entregados	
Universidad Cesar Vallejo on 2017-03-22		<1%
8	Internet	
docplayer.es		<1%
9	Trabajos entregados	
Universidad Tecnologica del Peru on 2022-12-14		<1%
10	Internet	
revistascientificas.cuc.edu.co		<1%
11	Trabajos entregados	
The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) on 2024-04-29		<1%

12	Trabajos entregados	Universidad Internacional de la Rioja on 2023-05-10	<1%
13	Internet	atenaeditora.com.br	<1%
14	Internet	realacademiadegastronomia.com	<1%
15	Internet	1library.co	<1%
16	Internet	www.coursehero.com	<1%
17	Internet	patents.google.com	<1%
18	Internet	www.researchgate.net	<1%
19	Internet	repositorio.unajma.edu.pe	<1%
20	Trabajos entregados	Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2015-04-14	<1%
21	Trabajos entregados	Universidad San Ignacio de Loyola on 2018-11-28	<1%
22	Trabajos entregados	uncedu on 2024-09-24	<1%
23	Trabajos entregados	Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion on 2020-01-29	<1%
24	Internet	c.coek.info	<1%
25	Trabajos entregados	Federal University of Technology on 2016-09-26	<1%

26	Internet	repositorio.uam.es	<1%
27	Trabajos entregados	Escuela Politecnica Nacional on 2014-07-31	<1%
28	Internet	www.macrotrends.net	<1%
29	Internet	repositorio.utn.edu.ec	<1%
30	Trabajos entregados	Universidad Internacional de la Rioja on 2023-05-10	<1%
31	Trabajos entregados	Universidad San Ignacio de Loyola on 2024-11-04	<1%
32	Trabajos entregados	Universidad Católica de Santa María on 2017-11-10	<1%
33	Internet	pesquisa.bvsalud.org	<1%
34	Internet	revistasum.umanizales.edu.co	<1%
35	Internet	www.scielo.org.mx	<1%
36	Trabajos entregados	Universidad Nacional del Centro del Peru on 2019-12-20	<1%
37	Trabajos entregados	Universidad San Francisco de Quito on 2021-07-08	<1%
38	Internet	es.slideshare.net	<1%
39	Publicación	Janaina Sánchez García. "Desarrollo y caracterización de nuevas harinas de lentej...	<1%

40	Internet	api-repositorio.unia.edu.pe	<1%
41	Internet	dia.chapingo.mx	<1%
42	Trabajos entregados	ueb on 2024-04-17	<1%
43	Internet	elpais.com	<1%
44	Internet	es.scribd.com	<1%
45	Internet	www.bdigital.unal.edu.co	<1%
46	Internet	agroaldia.minagri.gob.pe	<1%
47	Internet	articulo.mercadolibre.com.mx	<1%
48	Internet	worldcat.org	<1%
49	Publicación	González, José David Torres. "Reduction of in Vitro and in Vivo Starch Digestibility ...	<1%
50	Trabajos entregados	Universidad San Ignacio de Loyola on 2018-01-09	<1%
51	Internet	www.grafiati.com	<1%
52	Publicación	D. M.A. Molina-Quijada, L. A. Medina-Juárez, G. A. González-Aguilar, R. M. Robles-S...	<1%
53	Trabajos entregados	Universidad Autónoma de Nuevo León on 2016-07-28	<1%

54	Trabajos entregados	Universidad Católica de Santa María on 2017-10-30	<1%
55	Trabajos entregados	Universidad Continental on 2022-07-19	<1%
56	Trabajos entregados	Universidad Nacional del Centro del Peru on 2017-11-10	<1%
57	Internet	pdfs.semanticscholar.org	<1%
58	Internet	portal.oneplanetnetwork.org	<1%
59	Internet	prezi.com	<1%
60	Internet	qdoc.tips	<1%
61	Internet	repositorio.upct.es	<1%
62	Internet	www.jove.com	<1%
63	Internet	www.scielo.br	<1%
64	Publicación	Ramón Tejada Oliveros. "Optimización de las propiedades de tenacidad e impact..."	<1%
65	Trabajos entregados	Universidad Miguel Hernandez Servicios Informaticos on 2021-03-26	<1%
66	Trabajos entregados	University of Birmingham on 2017-03-29	<1%
67	Internet	www.fhurtado.com	<1%

68	Internet	www.pinterest.com	<1%
69	Publicación	Carlos Enrique Castro Méndez. "Degradación de las tierras por usos agrícolas inte...	<1%
70	Trabajos entregados	Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador on 2018-1...	<1%
71	Publicación	Juan Pablo Rodriguez, Alejandro Bonifacio, Luz Rayda Gómez-Pando, Angel Mujic...	<1%
72	Publicación	RAQUEL BAIXAULI MUÑOZ. "Influencia de la adición de un ingrediente funcional ...	<1%
73	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2018-07-27	<1%
74	Trabajos entregados	Universidad Nacional de Moquegua on 2024-12-13	<1%
75	Trabajos entregados	Universidad Técnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE o...	<1%
76	Trabajos entregados	Universidad del Desarrollo on 2024-02-07	<1%
77	Trabajos entregados	Universitat Politècnica de València on 2021-06-30	<1%
78	Internet	brandenburg.boom.ru	<1%
79	Internet	catalonica.bnc.cat	<1%
80	Internet	documents.mx	<1%
81	Internet	dokumen.pub	<1%

82	Internet	exactitudeconsultancy.com	<1%
83	Internet	livrosdeamor.com.br	<1%
84	Internet	mises.org	<1%
85	Internet	repositorio.uchile.cl	<1%
86	Internet	repositorio.unheval.edu.pe	<1%
87	Trabajos entregados	ueb on 2025-02-11	<1%
88	Internet	www.slideshare.net	<1%
89	Publicación	Ahmadreza Hosseini, Fahimeh Pazhouhandeh. "Production of enriched cakes by ...	<1%
90	Trabajos entregados	Aspen University on 2023-02-05	<1%
91	Publicación	C. Antonio-Estrada, L. A. Bello-Pérez, C. E. Martínez-Sánchez, J. L. Montañez-Soto e...	<1%
92	Trabajos entregados	Escuela Politecnica Nacional on 2013-09-06	<1%
93	Trabajos entregados	Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador on 2017-1...	<1%
94	Publicación	Harrison de la Rosa Ramírez. "Desarrollo de formulaciones de ácido poliláctico (P...	<1%
95	Publicación	Leidy Indira Hinestroza Còrdoba. "Aplicación de tecnologías sostenibles para el d...	<1%

96	Internet	SANDRA MARTÍNEZ CERVERA. "Reemplazo de grasa y azúcar en magdalenas. Efec...	<1%
97	Trabajos entregados	Universidad Internacional de la Rioja on 2023-05-10	<1%
98	Trabajos entregados	Universidad Miguel Hernandez Servicios Informaticos on 2019-06-13	<1%
99	Trabajos entregados	Universidad Nacional Autonoma de Chota on 2023-08-17	<1%
100	Trabajos entregados	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2024-11-15	<1%
101	Trabajos entregados	Universidad de Salamanca on 2024-06-14	<1%
102	Internet	biodiv.org	<1%
103	Internet	customportalcanada.powerappsportals.com	<1%
104	Internet	eprints.ucm.es	<1%
105	Internet	opendocs.ids.ac.uk	<1%
106	Internet	pdffox.com	<1%
107	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	<1%
108	Trabajos entregados	ueb on 2023-12-05	<1%
109	Trabajos entregados	uncedu on 2024-10-28	<1%

110	Internet	www.consumer.es	<1%
111	Internet	www.lapasiondezamora.com	<1%
112	Internet	www.lugostel.com	<1%
113	Internet	www.revistascca.unam.mx	<1%
114	Internet	www.slb.com	<1%

3 egresado (s) **Nombre del programa de estudios** **Título de la investigación en MAYÚSCULAS**

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

A pesar de los esfuerzos de organizaciones mundiales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Organización de las Naciones Unidas (ONU), Organización Mundial de la Salud (OMS), por combatir el hambre, la inseguridad alimentaria y la desnutrición, sigue siendo un problema sin resolver. La nutrición es una necesidad humana fundamental y esencial para una vida sana. Las enfermedades como el retraso en el crecimiento, los problemas oculares, la diabetes y las enfermedades cardíacas se deben principalmente a no tener la cantidad adecuada de nutrición a diario. Sumado a ello, existe un problema de la anemia y retraso en el crecimiento en los niños; que pueden causar deficiencias irreversibles en su aprendizaje y su crecimiento, por lo que es necesario desarrollar alimentos enriquecidos. La mayor conciencia sobre una alimentación saludable ha generado la necesidad de producir alimentos saludables y funcionales [1], [2], [3], [4].

Asimismo, con la pandemia del COVID-19 ha generado carencia de alimentos, aumento de los precios de los alimentos y pérdida de ingresos. La falta de acceso constante a fuentes de alimentos nutritivos se asocia con enfermedades graves que afectan la salud física, mental, hasta la muerte. La desnutrición es una condición grave que se desarrolla cuando el cuerpo humano se ve privado o no obtiene la cantidad adecuada de nutrientes vitales como vitaminas, minerales, proteínas, carbohidratos, lípidos y algunas otras sustancias esenciales que el cuerpo necesita para funcionar. Puede tener un efecto relevante en la salud de las personas, incluido el retraso en el crecimiento, el bajo peso corporal y la atrofia muscular, y varias enfermedades crónicas, incluidas las enfermedades del tracto gastrointestinal, el cáncer y, a veces, las complicaciones posquirúrgicas. Existe evidencia científica el consumo de alimentos funcionales y enriquecidos son efectivos para prevenir y reducir el impacto de la desnutrición [5], [6].

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) es un pseudocereal con un alto valor nutricional y funcional. Aunque en la antigüedad fue un alimento ampliamente consumido en la región andina, ha sido catalogado como un cultivo subutilizado durante décadas. Sin embargo, en los últimos años, su demanda ha experimentado un notable crecimiento, especialmente en mercados europeos, debido al creciente interés en alimentos con propiedades nutricionales

95 excepcionales [7]. Este pseudocereal posee una notable capacidad de adaptación a condiciones agroclimáticas extremas, lo que favorece su potencial expansión hacia nuevas áreas de cultivo. A pesar de sus propiedades nutricionales sobresalientes, su producción y consumo continúan siendo limitados fuera de sus regiones tradicionales. Su perfil nutricional lo distingue como un superalimento, debido a su equilibrada composición de aminoácidos esenciales, alto contenido proteico y una proporción significativa de ácidos grasos insaturados, destacando el ácido linoleico y oleico. Además, es una fuente importante de compuestos bioactivos con una potente capacidad antioxidante, lo que refuerza su relevancia en la alimentación y la salud [8].

108 A pesar de la existencia de numerosas investigaciones sobre la incorporación de quinua en la formulación de cupcakes, hasta el momento no se han desarrollado estudios específicos sobre el uso de la cañihua en este tipo de preparaciones. Esta harina destaca por su elevado contenido de proteínas, ácidos grasos esenciales y compuestos bioactivos, además de ser 51 hipoalergénica y libre de gluten, lo que la convierte en una alternativa idónea para la producción de productos de panadería y repostería. Su perfil nutricional la hace especialmente adecuada para la elaboración de cupcakes, favoreciendo su inclusión en formulaciones veganas o con bajo contenido de gluten, productos cuya demanda ha aumentado en el mercado de alimentos saludables. 82 Asimismo, la harina de cañihua puede emplearse en la producción de una variedad de productos horneados, como panes, tortas, galletas y fideos, ampliando así su potencial en la industria alimentaria [9].

101 En el estudio de [10] analizaron el impacto de la incorporación de harina de quinua, tanto en su versión integral como malteada, sobre las propiedades físicas, nutricionales y 39 sensoriales de muffins libres de gluten. Para ello, se desarrollaron diferentes formulaciones: una utilizando exclusivamente harina de arroz (100%) y otra donde el 30% de esta fue reemplazada por harina de quinua integral o malteada. En los productos obtenidos, se evaluaron diversos parámetros, como la composición proximal, la pérdida de masa durante el horneado, 18 las dimensiones del producto, el volumen específico, la morfología de la miga, el perfil de textura y la aceptación sensorial mediante un panel de panelistas. Las harinas de quinua produjeron un aumento de entre 12% y 18% en proteínas, de 8% a 18% en minerales y de 22% a 25% en aminoácidos, en comparación con las muestras que contenían solo harina de arroz (utilizada como referencia). Las mejoras tecnológicas y sensoriales en la calidad de los muffins evaluados también estuvieron asociadas a la adición de harinas de quinua. Los muffins con

harina de quinua malteada durante 24 horas tenían humedad, altura, volumen y firmeza cercanos a los de referencia. En todas las muestras, las células pequeñas (0,002 a 0,005 cm²) predominaron en la estructura de la miga y la evaluación sensorial arrojó resultados similares en cuanto a color y textura. Sin embargo, la fórmula con harina de quinua malteada durante 24 horas obtuvo la mejor puntuación en sabor y olor. En conclusión, el uso de harinas de quinua integral o malteada a formulaciones de productos sin gluten mejora sus características nutricionales y tecnológicas. Estos nuevos productos no sólo amplían la variedad de alimentos para las personas celíacas, sino que también aumentan el valor agregado de los granos de quinua, lo que motiva su producción e industrialización.

65 En el estudio de [11] se examinó la composición proximal y las propiedades tecnofuncionales de las harinas de tarwi y kañiwa, así como la calidad tecnológica de rebozados y muffins elaborados a partir de almidón de papa, en los cuales el 50% de la formulación fue sustituido por estas harinas. Las harinas andinas poseen un elevado contenido de proteínas, 107 fibra y lípidos, además de exhibir una notable capacidad de absorción de agua y aceite. En las 73 premezclas formuladas con almidón de papa y harinas andinas se observó una reducción en la viscosidad de la pasta debido a la dilución del almidón y la menor disponibilidad de agua. Dependiendo de su capacidad para interactuar con el agua, los rebozados formulados con estas harinas tuvieron mayor consistencia. Micrografías de barrido láser confocal mostraron que los rebozados con harinas andinas presentaban una matriz compleja con gránulos de almidón dispersos rodeados de proteínas y fragmentos de fibra. Los muffins elaborados con harinas andinas tuvieron un volumen específico ligeramente menor que el control, pero la dureza de la miga no fue modificada por la harina de tarwi (50%) y una mezcla de harinas de tarwi (25%) y 2 kañiwa (25%). El color intrínseco de estas harinas modificó el color de la miga y su contenido de azúcares reductores también favoreció las reacciones de Maillard en la corteza. Estos cambios de color son deseables en productos sin gluten porque dichos productos frecuentemente son pálidos debido a su alto contenido de almidón. Finalmente, se demostró que las harinas de tarwi y kañiwa son aptas para elaborar muffins veganos, sin gluten, de buena calidad tecnológica y perfil nutricional mejorado, agregando valor a estas harinas ancestrales subutilizadas.

En el estudio de [12] evaluaron la estabilidad fisicoquímica, textural, sensorial y microbiológica de cupcakes durante el almacenamiento luego de la adición de diferentes

proporciones de aislado de proteína de quinua modificado por desnaturalización por calor (QPI-HD) y congelación-liofilización (QPI-FL). Los cupcakes que contenían proteína de quinua modificada exhibieron mayor firmeza y actividad acuosa que los cupcakes de control. El análisis del perfil de textura (TPA) reveló que los cupcakes con proteína de quinua modificada eran estadísticamente diferentes de aquellos con aislado de proteína no modificado y el cupcake de control. Además, los cupcakes con proteína de quinua modificada ya sea por calor o por congelación tuvieron mayor aceptación y preferencia por parte de los consumidores. Sumado a esto, estos cupcakes mostraron un menor crecimiento de mohos luego de 10 días de almacenamiento; esto indicó que el aditivo antes mencionado podría aumentar la vida útil del producto terminado (cupcake). Los resultados mostraron que la adición de proteína de quinua modificada produjo cupcakes con mejores propiedades sensoriales y texturales y mayor estabilidad durante el almacenamiento.

El estudio realizado por [13] analizó las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de muffins elaborados con harina de trigo en su totalidad, utilizada como muestra de control, y de formulaciones en las que esta fue reemplazada en un 25% y 50% por harina de quinua. Se evidenció que la adición de harina de quinua provocó un aumento significativo en los niveles de proteínas, grasas, cenizas y aminoácidos, además de un incremento en la dureza del producto, evaluada mediante el análisis del perfil de textura. No obstante, se observó una disminución en el contenido de carbohidratos y en el volumen específico de los muffins. En cuanto al análisis de color, el aumento en la proporción de harina de quinua generó un incremento en los valores L^* de la corteza y en los valores a^* de la miga, mientras que los valores L^* de la miga mostraron una reducción. Finalmente, la evaluación sensorial reveló una disminución significativa en las calificaciones de porosidad, textura, sabor y aceptación general del producto.

Los hongos comestibles han ganado reconocimiento global debido a sus propiedades nutraceuticas y medicinales, considerándose un superalimento emergente. Su bajo contenido calórico, alto aporte proteico, bajos niveles de grasa y colesterol, así como su riqueza en vitaminas esenciales, los posicionan como una opción saludable dentro de la alimentación. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT), la producción mundial de hongos ha mostrado una tendencia ascendente en los últimos años, alcanzando 43 millones de toneladas métricas (TM) en el período 2018-2019. Se

20 estima que la demanda de estos alimentos continúe en aumento, impulsando su producción a nivel global. En términos económicos, el mercado internacional de hongos fue valorado en 45.3 mil millones de dólares en 2020, con una proyección de crecimiento anual compuesto (CAGR) del 7% entre 2022 y 2027, lo que evidencia su creciente importancia en la industria alimentaria. El cuerpo fructífero de los hongos comestibles contiene una amplia variedad de metabolitos primarios y secundarios, los cuales juegan un papel clave en su valor nutricional y funcional. Sin embargo, el cultivo sumergido es una forma más fiable y controlada de producción de biomasa de micelio y muchos compuestos bioactivos. Varios metabolitos bioactivos presentes en los hongos poseen una diferencia en las propiedades beneficiosas, que incluyen actividades antioxidantes, antimicrobianas, anticancerígenas, antidiabéticas, antiinflamatorias, antivirales y anti-COVID-19. Los consumidores se han vuelto más intrigados por los productos que contienen hongos a medida que el mundo necesita diversificar sus fuentes de proteínas para satisfacer la creciente demanda de proteínas. En este contexto, los hongos se consideran una fuente prometedora de sustancias químicas bioactivas que pueden emplearse como alternativa a los productos cárnicos [14], [15]

17 Los hongos silvestres comestibles representan una fuente prometedora para la identificación de compuestos bioactivos naturales con potencial funcional. *Suillus luteus* es un hongo ectomicorrízico (EM) ampliamente distribuido en el hemisferio norte, donde se asocia con diversas especies del género *Pinus*, y ha sido introducido en regiones como América del Sur y Nueva Zelanda. Entre sus componentes bioactivos destacan los poliprenilfenoles, como el 1-O-acetato de 2-geranilgeranil-1,4-bencenodiol, además de flavonoides, fosfolípidos y ácidos grasos. Estos compuestos han demostrado efectos beneficiosos sobre la salud, contribuyendo a la disminución de los niveles de glucosa en sangre, lipoproteínas de alta y baja densidad, colesterol total, triglicéridos, así como las enzimas alanina aminotransferasa y aspartato aminotransferasa, lo que sugiere su eficacia en el manejo de la diabetes. Además, se ha identificado su potencial como inhibidor del crecimiento de células tumorales, lo que refuerza su valor como ingrediente funcional. Debido a su perfil nutricional y bioactivo, este hongo podría utilizarse en el desarrollo de nuevos productos alimenticios, como cupcakes enriquecidos con propiedades nutracéuticas [16], [17], [18], [19], [20].

5 En el estudio de [21] evaluaron el efecto de los hongos *Suillus luteus* (L.) Roussel sin escaldar y escaldados hasta obtener consistencia para el consumo con aceite de semilla de colza

(100 g/kg) y NaCl (5 g/kg) y se obtuvieron 2 tipos de productos culinarios. La evaluación se llevó a cabo en champiñones frescos, así como en productos de champiñones de la siguiente manera: sin almacenar; almacenado a 20 °C durante 48 h; y se almacenaron a 4 °C durante 48 y 96 h. El escaldado provocó aumento en la materia seca, componentes nutricionales básicos y tocoferoles, y disminuciones en: polifenoles totales (46-61%), flavonoides totales (71-81%), vitamina C (71-81%), tiamina (71-81%). %), riboflavina (78%), vitamina B 3 (0-13%), vitamina B 6 (13-70%) y actividad antioxidante mediante ensayos ABTS, DPPH y FRAP (70-77%). El almacenamiento provocó mayores pérdidas de vitamina C y vitaminas del grupo B. Los productos almacenados durante 48 h a temperatura ambiente mostraron altos recuentos totales de viables, así como la presencia de levaduras, bacterias ácido lácticas y cepas de Bacillus; sin embargo, los productos almacenados en frío no presentaron contaminación microbiológica.

Si bien, no se han realizado estudios de hongos silvestres en cupcakes, se elaboraron con otros tipos de hongos, tal como [22] desarrollaron muffins funcionales mediante la incorporación de materiales alimenticios ricos en bioactivos, reemplazando progresivamente la harina de arroz por polvo de hongo shiitake (MP) y polvo de orujo de zanahoria (CP) y se evaluaron los efectos sobre las propiedades pastosas, físicas y texturales, así como la actividad antioxidante y la aceptabilidad del consumidor. Las propiedades pastosas de la harina de arroz estuvieron significativamente influenciadas ($P < 0,05$) por la incorporación de MP y CP. El aumento adicional en los niveles de MP y CP disminuyó el volumen de los muffins enriquecidos con un posterior aumento en el peso y la dureza. Se observaron contenidos más altos de polifenoles y carotenoides en los muffins enriquecidos, exhibiendo una mayor actividad antioxidante de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) en comparación con los muffins de arroz. El resultado sensorial reveló que los muffins enriquecidos tienen una aceptabilidad por parte del consumidor comparable y mejor que los muffins de arroz. Las propiedades antioxidantes de los muffins de arroz funcionales se mejoraron por la incorporación de MP y CP los convierte en un refrigerio potencial, adecuado para el consumo por sus beneficios para la salud.

En el estudio de [23], se analizó la calidad de cupcakes elaborados con mezclas de harina de trigo, camote de pulpa naranja (CAOF) y harina de champiñones en proporciones de 90:5:5, 80:10:10 y 70:15:15, respectivamente. La formulación de referencia correspondió a un

cupcake elaborado exclusivamente con harina de trigo (100%). Se evaluaron diversos parámetros, incluyendo la composición proximal, el contenido total de compuestos fenólicos, la concentración de vitamina A y las características sensoriales de los cupcakes, además de algunas propiedades funcionales de la mezcla de harinas empleada. Los resultados indicaron que el contenido de proteínas, cenizas y fibra cruda aumentó a medida que se incrementó la proporción de harinas de champiñones y camote en la formulación de los productos. El análisis de compuestos fenólicos mostró valores entre 0,13 y 0,16 mg/g, mientras que el contenido de vitamina A varió entre 0,64 y 1,06 mg/100 g. Las propiedades funcionales de la mezcla de harinas presentaron valores comprendidos entre 72,00–94,67% para la capacidad de absorción de agua, 6,97–8,19% para la capacidad de hinchamiento y 0,70–0,67 g/ml en la densidad aparente. Con base en estos hallazgos, se concluyó que los cupcakes desarrollados presentaron una mejora en su composición nutricional.

En el estudio de [24], se investigó la actividad antioxidante y los efectos antiinflamatorios del extracto acuoso del hongo shiitake (*Lentinus edodes*), así como su impacto en la calidad de muffins elaborados con distintas concentraciones de este extracto (SMWE). El análisis determinó que el contenido total de compuestos fenólicos en el extracto fue de 1,83 mg equivalentes de ácido gálico por gramo. Además, la capacidad del SMWE para eliminar radicales libres 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo mostró un incremento dependiente de la dosis ($P < 0,05$). Para evaluar su actividad antioxidante celular, se examinó la concentración de especies reactivas de oxígeno (ROS) en células RAW 264.7 expuestas a peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Los resultados indicaron que la aplicación de SMWE redujo la producción de ROS en un 26,58 % cuando se utilizó una concentración de 50 μ g/ml, evidenciando su potencial para mitigar el estrés oxidativo. Se examinaron los efectos antiinflamatorios utilizando células RAW 264.7 estimuladas con lipopolisacáridos y la producción de óxido nítrico se redujo al 72,92 % mediante la adición de SMWE a 50 μ g/ml. El peso de las magdalenas fue mayor en los grupos que contenían 0% SMWE. La altura y la tasa de pérdida de horneado de los muffins fueron mayores en los grupos que contenían 8% de SMWE, pero el contenido de humedad y el pH de los muffins disminuyeron significativamente cuando las cantidades de SMWE aumentaron ($P < 0,05$). El valor L y el valor b de los muffins disminuyeron significativamente cuando aumentaron las cantidades de SMWE ($P < 0,05$). Pero el valor de las magdalenas aumentó significativamente cuando aumentaron las cantidades de SMWE.

Entre otras investigaciones, en el estudio de [25], se evaluó el potencial del polvo de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*, OMP) como fuente de proteínas para mejorar el perfil nutricional de muffins sin gluten elaborados a base de harina de arroz y mijo perla. La formulación incluyó la incorporación de OMP en proporciones del 5, 10, 15 y 20 %. Los resultados indicaron que la adición de OMP mejoró significativamente ($p < 0,05$) el contenido nutricional de los muffins. En particular, el contenido de proteínas en la muestra de referencia fue del 7,12 %, aumentando a 9,41 % y 10,19 % cuando se incorporaron niveles del 10 % y 15 % de OMP, respectivamente. Asimismo, la inclusión de un 10 % o más de polvo de champiñón prácticamente duplicó la cantidad de fibra presente en los muffins. Además, la adición del 10 % y 15 % de OMP incrementó los niveles de magnesio y potasio a 19,20 % y 27,20 %, respectivamente, representando un aumento del 42,91 % y 57,48 % en comparación con la muestra de control. La sustitución parcial de la harina de arroz por OMP también generó un aumento en la firmeza y masticabilidad de los productos sin gluten. En concentraciones más elevadas (15 % y 20 %), se observaron modificaciones significativas en los atributos de color. Sin embargo, estos cambios en la textura y apariencia de los muffins derivados de la adición de OMP no afectaron negativamente sus características sensoriales, lo que sugiere que esta incorporación es viable para mejorar la calidad nutricional de productos de panificación sin gluten. Los muffins enriquecidos con OMP estuvieron en el rango altamente aceptable ($>7,0$), y los muffins sin gluten enriquecidos con OMP al 15 % tuvieron las puntuaciones de aceptabilidad general más altas entre las muestras evaluadas. Además, la tecnología se demostró entre personas intolerantes al gluten y pequeños empresarios de productos sin gluten. A más del 90% de los encuestados les gustaron los muffins enriquecidos con OMP en comparación con la muestra de control. Además, los procesadores sin gluten también apreciaron esta sencilla tecnología alimentaria para mejorar el valor nutricional de las dietas sin gluten existentes.

Este estudio responde a la creciente demanda de ingredientes innovadores en la formulación de alimentos funcionales, con el propósito de desarrollar productos que favorezcan la seguridad alimentaria y la salud de la población. En este contexto, la incorporación de cañihua y hongos silvestres comestibles en la elaboración de cupcakes surge como una alternativa prometedora, debido a sus propiedades nutricionales y sus beneficios en el manejo de enfermedades como la diabetes, afecciones cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer. Asimismo, se han realizado pruebas con estos ingredientes para evaluar su potencial como suplementos dietéticos, en

respuesta a la evolución de los hábitos alimenticios de los consumidores, influenciada por factores como el envejecimiento y la obesidad. A pesar de sus beneficios, la investigación sobre la aplicación de estas materias primas en la elaboración de cupcakes sigue siendo escasa, lo que resalta la necesidad de continuar explorando su viabilidad en la industria alimentaria. Paralelamente, el fomento de la producción y comercialización de cañihua y hongos silvestres en el Perú podría contribuir no solo a mejorar su disponibilidad en el mercado, sino también a generar un impacto positivo en la economía de los agricultores, fortaleciendo sus ingresos y elevando su calidad de vida.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál será el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo con harina de hongo comestible (*Suillus luteus*) y cañihua (*Chenopodium pollidicaule*) en sus características sensoriales y fisicoquímicas de cup-cake?

1.3. Hipótesis

H_a: La sustitución parcial de harina de trigo con harina de hongo comestible (*Suillus luteus*) y cañihua (*Chenopodium pollidicaule*) tiene un efecto significativo en las características sensoriales y fisicoquímico de cup-cake.

H₀: La sustitución parcial de harina de trigo con harina de hongo comestible (*Suillus luteus*) y cañihua (*Chenopodium pollidicaule*) no tiene un efecto significativo en las características sensoriales y fisicoquímico de cup-cake.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Evaluar las características sensoriales y fisicoquímicas del cup-cake con sustitución parcial de harina de trigo con harina de hongo comestible (*Suillus luteus*) y cañihua (*Chenopodium pollidicaule*).

Objetivos específicos

- Determinar las características fisicoquímicas de la harina de hongo comestible (*Suillus luteus*) y la harina de cañihua (*Chenopodium pollidicaule*).
- Evaluar las características sensoriales de los cup-cake formulados a partir de la sustitución parcial de harina de trigo con harina de hongo comestible (*Suillus luteus*) y cañihua

(*Chenopodium pollidicaule*).

- 19 - Evaluar las características fisicoquímicas de los cup-cake formulados a partir de la sustitución parcial de harina de trigo con harina de hongo comestible (*Suillus luteus*) y cañihua (*Chenopodium pollidicaule*).
- 3 - Determinar las características nutricionales de la mejor formulación de Cup- cake con sustitución parcial de harina de trigo con harina de hongo comestible (*Suillus luteus*) y cañihua (*Chenopodium pollidicaule*).

1.5. Teorías relacionadas al tema

1.5.1. Cañihua:

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) es un cultivo nativo andino que destaca por su elevado nivel de proteínas, fibra y minerales y con un buen perfil de ácidos grasos [26]. La Cañawa o cañihua (*Ch. pallidicaule* Aellen), es un grano andino poco explorado con gran potencial en su perfil nutricional, propiedades nutraceuticas y una planta que beneficia la fertilidad del suelo y con ello la sostenibilidad de la agricultura andina. Además, tiene resistencia a las heladas, la sequía y la salinidad, y sus granos son como los de la quinua, pero tienen muy bajo contenido de saponinas y no contienen gluten [27].

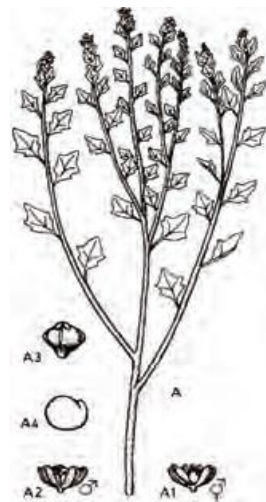
La cañihua, es un pseudocereal, originaria de la región andina, de diámetro pequeño de 0.5 a 1.5 mm, de color marrón o negro. El valor nutritivo se diferencia por el contenido de proteínas (16% mayor que la quinua).

1.5.1.1. Taxonomía y Morfología

Planta herbácea, con ramificaciones desde su origen, con una estatura que oscila entre los 50 y 60 cm, y un ciclo de crecimiento de promedio de 155 días. La tonalidad del área foliar de la planta (incluyendo las hojas y tallos) esta variación es de acuerdo al ecotipo durante la etapa fenológica de maduración del grano; pasando de verde a tonos como naranja, amarillo pálido, rosa claro, rosa intenso, rojo y morado. La raíz es pivotante, llegando a desarrollar entre 13 a 16 cm, de coloración blanco a rosado pálido. El tallo es hueco, estriado y ramificado (entre 11 a 16 ramas), pudiendo tener distintas coloraciones según la variedad. Las hojas son tributadas, de tamaños de peciolos menor a 12 mm, con distintas formas foliar, romboidal, triangular, ovalar, con

15 tamaños que varían entre 2.8 a 3.5 cm. Mientras que el grano, forma sub-cilíndrico, cónica, sub-lenticular, subcónico y sub-elipsoidal de tamaño menor a 1.2 mm, cubierto por perigonio, sin saponinas [28].

2
1 El cultivo de la cañihua no ha logrado una expansión significativa más allá de las regiones andinas de Bolivia y Perú, manteniéndose principalmente en zonas montañosas de estos países, como la provincia de Cochabamba en Bolivia y los departamentos de Ayacucho, Cusco, Junín y Huancavelica en Perú. Esta planta puede presentar un porte erecto o un crecimiento altamente ramificado desde la base, alcanzando alturas que varían entre 20 cm y 70 cm. Sus tallos superiores, así como sus hojas y estructuras florales, están recubiertos por vesículas de tonalidad blanca o rosada, que le confieren un aspecto característico [29].



8 **Figura 1. (A) Cañihua, (A1) flor hermafrodita, (A2) flor** [29]

15
1 La cañihua puede recibir distintas denominaciones, según el origen, por ejemplo, en Perú se conoce como "kañiwa", en Bolivia como "Cañahua", y en otras zonas e idiomas suelen llamarse: "kañiwa", "kañawa", "kañahua", "kañagua", "q'itacañigua", "ayara", "cuchiquinua. La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es una especie perteneciente al reino Plantae, clasificada dentro de la división Magnoliophyta, lo que indica que es una angiosperma, y en la clase Magnoliopsida, correspondiente a las dicotiledóneas. Se encuentra dentro del orden Caryophyllales, que agrupa diversas especies adaptadas a múltiples ecosistemas, muchas de ellas con

12

relevancia agrícola y nutricional. Forma parte de la familia Amaranthaceae, que incluye otros cultivos andinos de gran valor alimentario, como la quinua y el amaranto. A nivel taxonómico, se ubica en la subfamilia Chenopodioideae, dentro de la tribu Chenopodieae, y pertenece al género *Chenopodium*, que engloba diversas especies de interés agrícola y nutricional. Su nombre científico completo, *Chenopodium pallidicaule* Aellen, hace referencia al botánico que la describió formalmente [28].

1.5.1.2. Clasificación

a. Por Ecotipos

La tabla 1, presenta ejemplo de dos ecotipos diferenciados de cañihua. El primero, denominado Saiwa, se caracteriza por un crecimiento vertical con entre 3 y 5 ramificaciones en la base, mostrando un desarrollo más estructurado. El segundo, identificado como Lasta, exhibe una disposición semi-vertical con más de 6 ramificaciones basales y un patrón de crecimiento menos definido. Cada uno de estos ecotipos se distingue por el tono marrón o rosado de sus semillas. La variedad Saiwa destaca por su rápido ciclo de desarrollo, alcanzando la madurez en aproximadamente 70 días y presentando una menor cantidad de ramificaciones. En contraste, Lasta genera un mayor número de tallos y produce una mayor cantidad de biomasa. Además, ambos ecotipos pueden diferenciarse por la coloración de sus semillas, que varían entre tonalidades marrones y rosadas [30].

Tabla 1. Ecotipos de la Cañihua

Kañiwa Lasta (variedades de igual tamaño)	Kañiwa Saiwa (tallo más desarrollado y erecto)
Chilliwa, color rosado	Acallapi
Puca, color rojo	Puca
Morada, color oscuro	Morado
Condorsaya, color marrón a gris	Condorsaya

Fuente: [29]

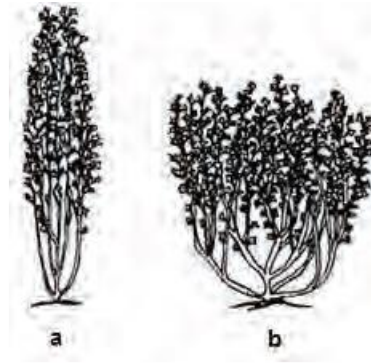


Figura 2. Ecotipos de la cañihua: (a) Saiwa, (b) Lasta [31]

b. Por coloración

La cañihua exhibe diversidad según el color de su tallo o hojas, presentándose en tonalidades como amarillo, rosa, naranja, rojo o morado. La cobertura de la mayoría de sus semillas varía desde un marrón oscuro hasta el negro.[30]



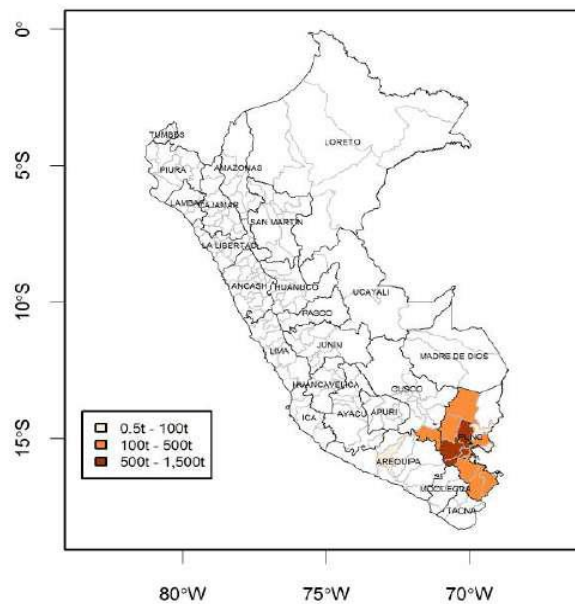
Figura 3. Semillas de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) [29]

1.5.1.3. Producción Nacional

La cañihua es un pseudocereal con notable capacidad de adaptación a condiciones agroecológicas extremas, lo que le permite prosperar en suelos de escasa profundidad y con niveles de pH entre 4.8 y 8.5, además de mostrar una resistencia moderada a la salinidad. Su sistema radicular poco profundo facilita su crecimiento en terrenos con capas superficiales delgadas. Asimismo, destaca por su tolerancia a bajas temperaturas, logrando germinar a 5°C, florecer a 10°C y alcanzar la madurez de sus semillas a 15°C, mientras que las plantas adultas pueden soportar heladas nocturnas sin afectar su desarrollo [32].

En Perú, su cultivo se concentra principalmente en el altiplano de la región de

21 Puno, con una mayor presencia en la provincia de Melgar, en distritos como Llalli, Macari, Ayaviri y Nuñoa. También se encuentra en otras provincias como Azángaro, Huancané, San Román y Puno, especialmente en el distrito de Acora, así como en la provincia de Chucuito, en los distritos de Pomata y Kelluyo. Estas zonas agrícolas están estrechamente relacionadas con comunidades de origen Aymara. Además, aunque en menor escala, la cañihua se cultiva en áreas de mayor altitud en las regiones de Arequipa y Cusco, evidenciando su versatilidad y resistencia en diversas condiciones climáticas [32].



46 **Figura 4. Zonas de producción de Cañihua, 2017.**[32]

55 En la última década, la producción de cañihua ha fluctuado entre 4.000 y 5.000 toneladas, alcanzando un máximo de 5.100 toneladas hasta septiembre de 2018. Se identificó un incremento del 1,0% en el período analizado, atribuido al crecimiento tanto del área cosechada como del rendimiento, cada uno con una variación del 0,5%. En la región de Puno se posiciona como el principal productor de cañihua, contribuyendo con el 95,0% del total nacional, seguido por Cusco, que aporta 4,9%, mientras que Arequipa representa apenas el 0,1% de la producción del país. En términos de rendimiento, Arequipa lidera con 1.150 kg/ha, reflejando un incremento del 4,9% en comparación con su productividad en 2007. Por su parte, Puno alcanza 839 kg/ha, superando su propio rendimiento registrado en 2007 de 779 kg/ha. Finalmente, Cusco presenta una productividad de 458 kg/ha, posicionándose con el menor rendimiento

entre las principales regiones productoras [32].

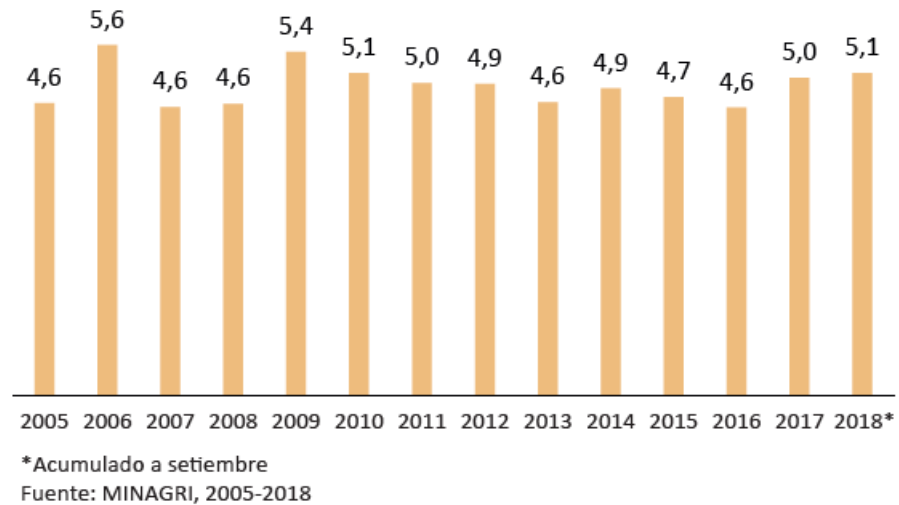


Figura 5. Perú: Producción de Cañihua (Miles de t)

1.5.1.4. Propiedades Nutricionales

1 La cañihua es un alimento de alto valor nutricional que se destaca por su abundante contenido de proteínas, con valores que oscilan entre 15,7% y 18,8%, y una equilibrada composición de aminoácidos esenciales. En particular, contiene un 7,1% de lisina, un aminoácido fundamental para el desarrollo cerebral y poco frecuente en fuentes vegetales. Su perfil nutricional se complementa con un 63,4% de carbohidratos y un 7,6% de aceites vegetales, lo que le confiere un elevado aporte energético. Además, este pseudocereal es una fuente rica en minerales esenciales, incluyendo calcio, magnesio, sodio, fósforo, hierro y zinc, así como en vitaminas del complejo B y vitamina E, lo que ha llevado a compararla con la leche en términos de valor nutricional. Su alto contenido de fibra y ácidos grasos insaturados la convierten en un recurso clave para la seguridad alimentaria, con un gran potencial para la formulación de productos innovadores en la industria alimentaria. Su calidad nutricional, superior a la de la quinua, refuerza su relevancia como alimento funcional con múltiples aplicaciones [33].

47

31

Tabla 2. Composición de algunos granos andinos en comparación con el trigo (g/100g)

Componentes	Quinoa	Cañihua	Trigo
Proteínas	11,7	14,0	8,6
Grasas	6,3	4,3	1,5
Carbohidratos	68,0	64,0	73,7
Fibra	5,2	9,8	3,0
Ceniza	2,8	5,4	1,7
Humedad (%)	11,2	12,2	14,5

Fuente: [33].

Los carbohidratos representan los principales compuestos químicos en los granos de quinua, kañiwa, amaranto y trigo sarraceno, siendo el almidón el más abundante en estos pseudocereales. El almidón presente en estos granos se caracteriza por su granulometría fina, lo que le otorga diversas propiedades tecnofuncionales de interés. No obstante, en cuanto al contenido del almidón de la cañihua hasta el día de hoy no se ha encontrado muchos estudios en comparación con el de otros pseudocereales. Además de los polisacáridos, tanto la quinua como la cañihua contienen pequeñas proporciones de azúcares simples. Cabe destacar que los cultivos andinos tradicionales presentan una concentración de azúcares mayor en comparación con los cereales convencionales, lo que influye en sus características nutricionales y funcionales [33].

Tabla 3. Contenido de azúcares en los granos andinos (g/100g materia seca)

Componentes	Quinoa	Cañihua	Kiwicha
Glucosa	1,70	1,80	0,75
Sacarosa	2,90	2,60	1,30
Maltosa	1,40	1,70	1,30

Fuente: [33]

El aceite extraído de la cañihua destaca por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados y una significativa concentración de tocoferoles, superando incluso los valores encontrados en el aceite de maíz. Su perfil lipídico revela que la mayor proporción de sus ácidos grasos corresponde al Omega 6 (ácido linoleico), con un 42.6%, mientras que en la quinua este valor asciende a 50.2%. Estos niveles son

1 comparables a los del aceite de germen de maíz, cuyos valores oscilan entre 45% y 65%. En menor proporción, el Omega 9 (ácido oleico) es el segundo ácido graso más presente, con un 23.5% en la cañihua y un 26.0% en la quinua. Además, ambos aceites contienen Omega 3 (ácido alfa-linolénico), con un 6% en el aceite de cañihua y un 4.8% en el de quinua. Este perfil de ácidos grasos posiciona al aceite de cañihua como una fuente de lípidos funcionales con un alto potencial en la industria alimentaria y en el desarrollo de productos saludables [34].

2 La cañihua se distingue por su elevado contenido de fibra dietética, con una mayor proporción de fibra insoluble. Actualmente, el interés en su composición no solo se enfoca en la cantidad total de fibra presente, sino también en sus fibras dietéticas totales, debido a sus beneficios para la salud digestiva. Entre sus principales funciones se encuentran su capacidad para retener agua, atrapar cationes, absorber compuestos orgánicos y formar geles, lo que contribuye a su funcionalidad en la alimentación. La elevada presencia de fibra insoluble en la cañihua se atribuye a la presencia de perigonios, estructuras que recubren el grano y que no siempre son completamente eliminadas durante el procesamiento. Además, este pseudocereal representa una fuente significativa de minerales esenciales como calcio y hierro. Según estudios de la [29], la cañihua contiene entre 10 y 15 mg de hierro por cada 100 g y entre 87 y 141 mg de calcio por cada 100 g, dependiendo de la variedad. Asimismo, es rica en fósforo, con un contenido que varía entre 335 y 496 mg/100 g, lo que refuerza su importancia como un alimento altamente nutritivo y funcional [35], [36].

8 **Tabla 4. Contenido de fibra insoluble, soluble y fibra dietética total (FDT) en los granos andinos (g/100g base seca)**

Muestra	Fibra insoluble	Fibra soluble FDT
Amaranto	5,76	3,19
Cañihua	12,92	3,49
Quinua	5,31	2,49

Fuente: [35], [36].

Además, la cañihua es rica en compuestos bioactivos. El contenido de ácidos fenólicos varía entre 16,8 a 59,7 mg/100 g y el contenido de ácidos fenólicos solubles

varía entre 7% a 61%. El contenido de flavonoides en la cañihua es excepcionalmente alto, oscilando entre 36,2 y 144,3 mg/100 g [37], [38]

Tabla 5. Capacidad antioxidante en alimentos

Alimento	Capacidad antioxidante ($\mu\text{g trolox/g}$)
Kiwicha	660,37
Kañiwa	1509,80
Quinoa	2400,55
Maíz morado	4720,00
Camote morado	3167,00

Fuente: [35], [36].

1.5.2. Hongo Silvestre comestible

Los hongos comestibles se han considerado durante mucho tiempo una dieta funcional y nutricional debido a su bajo nivel de calorías, proteínas, lípidos, minerales y contenido de vitaminas. Los hongos son una excelente fuente de proteínas dietéticas, importantes para el crecimiento y la regeneración celular, el apoyo del sistema inmunológico, así como por sus funciones como enzimas y moléculas de señalización. Los hongos tienen más de 100 actividades terapéuticas, con usos medicinales primarios ricos en compuestos antiparasitarios, antibacterianos, antioxidantes, antiinflamatorios, anticancerígenos, antitumorales, anticoagulantes, citotóxicos, hipolipidémicos, antitrombóticos, hipocolesterolémicos, anti-VIH, antidiabéticos y hepatoprotectores [39], [40], [41].

1.5.2.1. Propiedades Nutricionales

Los hongos comestibles contienen una amplia variedad de metabolitos primarios y secundarios, los cuales ofrecen múltiples beneficios para la salud. Los metabolitos primarios son esenciales para el crecimiento y desarrollo de los organismos, y están compuestos principalmente por ácidos grasos poliinsaturados, proteínas y carbohidratos. Los hongos poseen un valor comparable al de la carne, los huevos y la leche, debido a que su perfil de aminoácidos es similar al de las proteínas de origen animal. Dentro de su composición, destacan polisacáridos estructurales como quitina, hemicelulosa, betaglucanos, alfa-glucanos, mananos, xilanos y galactanos, los cuales

contribuyen a sus propiedades funcionales y beneficios fisiológicos [42], [43], [44].

Tabla 6.

Información nutricional de los hongos medicinales y sus posibles beneficios para la salud

Mushroom Species	Protein (g/kg)	Lipids (g/kg dw)	Carbohydrates (g/100 g)	Secondary metabolites	Bioactivity
<i>Agaricus blazei</i> Murill	312.9	1.82	59.42	Ergosterol, polysaccharides.	Immunoregulation and anti-fatigue Effect
<i>P. ostreatus</i>	19	3.0	4.6	Polysaccharides, phenolic compounds.	Anti-bacterial, anti-inflammatory
<i>A. vitellinus</i>	52.6	47.0	81.00	Phenolic compounds	Antioxidant, antimicrobial
<i>Agaricus campestris</i>	185.7	1.1	58.16	Steroids and polysaccharides	Anti-viral, anti-diabetic
<i>Armillaria mellea</i>	163.8	55.6	71.28	Tocopherols and ascorbic acid	Antioxidant, anti-radiation
<i>Lactarius deliciosus</i>	265.7	80.2	51.54	Terpenes and alkaloids	Anti-cancer
<i>Tricholoma imbricatum</i>	504.5	18.8	41.22	Amino acids, polysaccharides	Antioxidant, immunomodulatory
<i>R. olivacea</i>	168.4	19.9	43.38	β -(1,3)-glucans and β -(1,6)-glucans	Anti-inflammatory
<i>Boletus aereus</i>	178.6	4.4	72.83	Phenolic compounds	Antioxidant
<i>Lentinula edodes</i>	329.3	37.3	47.60	Eritadenine lentinan	Lower cholesterol and anticancer agent
<i>Pleurotus giganteus</i>	177	43.0	78.0	Polysaccharides, proteins	Antioxidant, anti-inflammatory
<i>Auricularia auricula</i>	42.0	83.0	82.80	Acidic polysaccharides	Decrease blood glucose
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	192.3	27.0	63.40	Lovastatin	Lowers cholesterol
<i>B. edulis</i>	210.7	24.5	70.95	β -glucans	Antioxidant
<i>Lycoperdon echinatum</i>	235.2	12.2	65.83	Phenolic compounds, sugar	Antitumor, antioxidant
<i>Agaricus bisporus</i>	387.0	33	31.6	β -(1,6)-glucans, as also α -(1,6) and α -(1,4).	Antitumor, anti-cancer
<i>Suillus mediterraneensis</i>	243.2	26.1	45.43	Amino acids, terpenoids	Supports immune system
<i>Cantharellus cibarius</i>	46.81	14.7	37.53	Phenolic compounds, terpenes	Anti-cancer
<i>Calocybe gambosa</i>	154.6	8.3	69.82	Tocopherols and fatty acids	Antioxidant, immunomodulation
<i>S. variegatus</i>	175.7	33.1	63.76	Phenolic compounds, polyketides	Liver Protective, anti-fibrotic
<i>R. patagonica</i>	181.0	9.0	72.40	fatty and organic acids, soluble sugars	Antitumor, anti-oxidant
<i>P. eryngii</i>	1.3	1.0	8.3	<i>p</i> -hydroxybenzoic acid	Anti-diabetes
<i>Flammulina velutipes</i>	176.0	19.0	73.10	Ergothioneine proflamin	Antioxidant and anticancer activity

Los hongos producen ácidos orgánicos en función de su metabolismo primario, lo que ayuda en diversas funciones fisiológicas y adaptaciones ambientales. Estos ácidos orgánicos son el ácido cítrico, el ácido málico y el ácido oxálico, entre otros. Los hongos contienen una variedad de metabolitos secundarios que son beneficiosos para la salud humana. Estos metabolitos incluyen ácidos fenólicos, terpenoides, polifenoles, alcaloides, lactonas, esteroides, agentes quelantes de metales, análogos de nucleótidos, vitaminas, glicoproteínas, polisacáridos y particularmente β -glucanos. Estos metabolitos secundarios contribuyen a las características medicinales y nutricionales del hongo y se informa que tienen capacidades antioxidantes, antiinflamatorias, inmunomoduladoras y anticancerígenas, así como otras ventajas para la salud [44], [45].

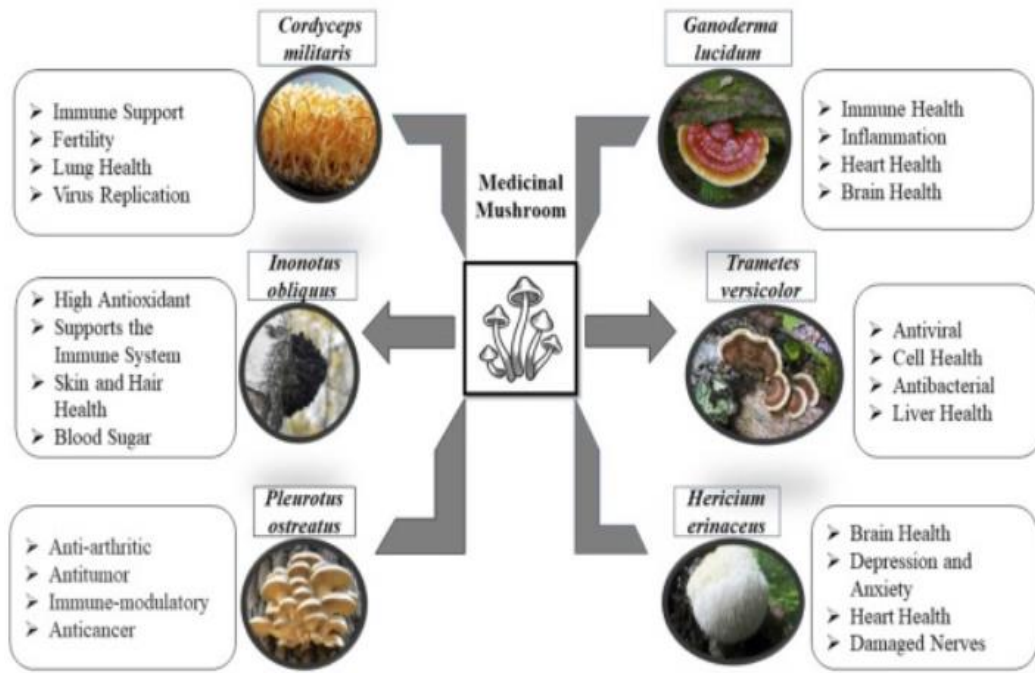


Figura 6. Hongos medicinales: el futuro de la atención sanitaria [14]

1.5.2.2. Propiedades Medicinales

a. Antioxidantes

Los hongos comestibles poseen un alto contenido de antioxidantes, lo que contribuye a la reducción del estrés oxidativo y protege contra el daño celular. Entre sus compuestos bioactivos, los polifenoles destacan por su notable capacidad antioxidante, permitiéndoles neutralizar radicales libres, disminuir el impacto del estrés oxidativo y ejercer efectos antiinflamatorios. Uno de los antioxidantes más potentes presentes en los hongos es el glutatión, reconocido como un elemento clave en los mecanismos de defensa celular contra el daño oxidativo. Este compuesto desempeña un papel fundamental en la protección celular al neutralizar radicales libres potencialmente dañinos y fortalecer los sistemas antioxidantes naturales del organismo. Además, los polisacáridos extraídos de especies como *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus* han demostrado propiedades antioxidantes significativas. Estos compuestos pueden interactuar con especies reactivas de oxígeno (ROS), ayudando a mitigar el estrés oxidativo y, en consecuencia,

disminuir el riesgo de enfermedades crónicas [46], [47], [48].

b. Antiinflamatorio

Las propiedades antiinflamatorias de los hongos se han investigado ampliamente y se atribuyen a varios químicos bioactivos que se encuentran en estos hongos. Los β -glucanos interactúan con las células inmunitarias, en particular los macrófagos y las células dendríticas, que son componentes esenciales de la respuesta inmunológica. Los hongos producen triterpenos, que tienen cualidades antiinflamatorias [40]

c. Anticancerígeno

Los compuestos bioactivos presentes en los hongos comestibles desempeñan un papel fundamental en la modulación del sistema inmunológico, ya que influyen en la maduración, diferenciación y proliferación de las células inmunitarias. Estos compuestos tienen la capacidad de estimular respuestas inmunológicas dirigidas contra células tumorales, además de intervenir en vías de señalización molecular asociadas con el desarrollo y progresión del cáncer. La regulación de estos procesos ha demostrado efectos anticancerígenos en distintos tipos de células malignas, incluyendo cáncer de piel, pulmón, mama y próstata, lo que refuerza su potencial como agentes terapéuticos naturales en la prevención y tratamiento de enfermedades oncológicas [49].

d. Antidiabético

Los hongos comestibles han sido ampliamente estudiados por su potencial como reguladores naturales de la glucosa en sangre, gracias a su capacidad de influir en mecanismos tanto dependientes como independientes de la insulina. Su efecto hipoglucemiante se debe, en gran medida, a su contenido de polisacáridos, particularmente β -D-glucanos, y a la presencia de vitamina D, lo que los posiciona como

16

103

56

17

59

una opción viable en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2 (DM2). Se ha demostrado que estos organismos actúan como prebióticos, promoviendo el equilibrio del microbiota intestinal, además de reducir el estrés oxidativo, lo que contribuye a un mejor control metabólico en pacientes diabéticos. Entre los principales mecanismos de acción de los hongos se incluyen la inhibición en la absorción de glucosa, el estímulo en la secreción de insulina, la protección de las células beta pancreáticas, el fortalecimiento de las defensas antioxidantes, la regulación del metabolismo de los carbohidratos y la disminución de los procesos inflamatorios. Adicionalmente, se ha evidenciado su capacidad para inhibir enzimas digestivas responsables de la descomposición de carbohidratos, lo que permite una liberación más lenta de glucosa en el torrente sanguíneo, favoreciendo así la estabilidad de los niveles glucémicos [50], [51], [52].

e. Antitumoral

Los hongos tienen capacidades antitumorales debido a varios químicos bioactivos que inhiben el crecimiento de los tumores, inducen la apoptosis y previenen la propagación del tumor. Los hongos demuestran diferentes efectos antitumorales a través de múltiples mecanismos. Se ha demostrado que inhiben el crecimiento tumoral, inducen apoptosis (muerte celular programada), previenen la formación de tumores y exhiben actividad antitumoral contra diferentes tipos de tumores. Además, los hongos pueden ayudar a prevenir la metástasis tumoral, inhibir las interacciones de los puntos de control inmunológico para superar la resistencia del tumor y atacar la vía de señalización PI3K/AKT del cáncer. Estos hallazgos resaltan el potencial de los hongos como fuente natural de compuestos con propiedades antitumorales [53].

f. Anti-covid

Se ha descubierto que una variedad de extractos de hongos y biocompuestos derivados de hongos tienen propiedades antivirales al prevenir la multiplicación viral. Estos compuestos bioactivos han demostrado capacidad para obstruir diversas fases del ciclo de replicación viral, deteniendo la propagación y multiplicación del virus. Al apuntar a enzimas, proteínas o receptores virales esenciales, estos compuestos bioactivos de hongos pueden inhibir la replicación viral y reducir la carga viral. Los hongos contienen propiedades inmunomoduladoras que les permiten gestionar y mejorar la respuesta del sistema inmunológico. Estos efectos pueden ayudar a fortalecer los mecanismos defensivos del cuerpo y su capacidad para combatir infecciones virales. Se han encontrado importantes compuestos bioactivos antivirales, incluidos ergosterol, heliantriol F, velutina y colossolactona [53], [54], [55].

1.5.3. Cupcakes

Los muffins son productos de panificación que se caracterizan por su textura esponjosa, miga húmeda, volumen elevado y superficie plana, atributos obtenidos a través de un proceso de fermentación química. Tradicionalmente, su elaboración involucra ingredientes como harina de trigo, aceite, huevo, azúcar y leche. Un aspecto clave en su preparación es la incorporación de aire en la masa, la cual influye directamente en la formación de una estructura porosa durante el horneado. Este fenómeno ocurre debido a la estabilidad de las burbujas de aire y la generación de corrientes de convección durante el mezclado. La cantidad de aire incorporado en la masa puede medirse a través de la gravedad específica, calculada dividiendo el peso de la masa entre el peso de un volumen equivalente de agua. A medida que aumenta la cantidad de burbujas de aire, la densidad de la masa disminuye, lo que influye en la textura final del producto, generando muffins más ligeros y aireados [56], [57], [58].

La masa para muffins es una formulación compleja en la que sus ingredientes interactúan para lograr la estructura final del producto. En términos generales, una receta estándar contiene una elevada proporción de azúcar, junto con cantidades variables de grasa, harina, huevos y agentes leudantes. Además, se suelen incluir otros

112

aditivos como emulsionantes, conservantes y leche en polvo para mejorar su estabilidad y vida útil. Los muffins se distinguen por su textura porosa y volumen considerable, lo que requiere una masa capaz de retener numerosas burbujas de aire. Estas burbujas se generan durante el proceso de mezclado y, posteriormente, actúan como núcleos de expansión cuando el dióxido de carbono liberado por el polvo de hornear provoca el crecimiento de la masa durante la cocción. Los huevos, en particular la clara, junto con las proteínas presentes en la leche, juegan un papel crucial como estabilizadores de espuma, ya que retrasan la fusión de las burbujas de aire. Para lograr una textura más suave y evitar la sensación de sequedad en boca, se emplean aceites y mantecas vegetales. Durante la cocción, la gelatinización del almidón de la harina y la desnaturalización de las proteínas permiten fijar la estructura del producto. La sacarosa influye en este proceso al elevar la temperatura a la que se producen estos cambios, otorgando el tiempo necesario para que la masa incremente su volumen antes de solidificarse [58].

49

111

El método de elaboración de pasteles con masa de harina se basa en dos etapas separadas de incorporación de aire que luego se combinan antes de completar la mezcla. Consiste en dividir la harina en dos porciones, la primera para batir con las grasas y la segunda para mezclar con la masa en una etapa posterior. Al mismo tiempo que se mezclan la harina y la grasa, se baten los huevos y el azúcar con una segunda máquina hasta formar una espuma. Normalmente, las grasas se baten con un peso igual (o un poco menos) de harina hasta obtener una mezcla cremosa. Se recomiendan aproximadamente 400 g de harina por 450 g de grasa (14 oz de harina por 1 libra de grasa). Se bate el huevo con su propio peso de azúcar. Este batido no tiene por qué ser tan minucioso como para los bizcochos, y la aireación no debe ir demasiado lejos o los bizcochos tendrán un volumen demasiado grande y tendrán una miga friable. Unos 5 o 6 minutos a velocidad segunda o rápida con una batidora planetaria suelen ser suficientes. Existe una mayor posibilidad de obtener una masa demasiado ligera (baja densidad) cuando se utiliza este método que cuando se hacen pasteles con el método de masa de azúcar. Cuando la espuma de huevo y azúcar esté lista se añade a la masa de harina y grasa, mientras la máquina funciona a velocidad moderada. La espuma se puede agregar en porciones pequeñas; generalmente en cuatro o cinco partes, y se bate cada porción antes de agregar la siguiente. Alternativamente, se puede hacer funcionar

68 como un flujo continuo. Cuando ambas masas estén mezcladas, se puede mezclar la harina y el polvo de hornear restantes, ya sea a mano o a la velocidad más lenta de la máquina [59].

2 Durante el horneado de los muffins, la pérdida progresiva de humedad influye en la formación de sus atributos sensoriales y físicos. A medida que avanza la cocción, se establece un gradiente de humedad que va desde el interior del producto hacia su superficie. En la capa externa, la reducción rápida del contenido de agua, provocada por el aumento de temperatura, desencadena la degradación térmica de los azúcares y el inicio de las primeras reacciones de Maillard, responsables del desarrollo del color, el sabor y la textura característica de la corteza oscura de los productos horneados. En contraste, en la parte interna del muffin, la evaporación del agua es menos intensa, lo que mantiene una actividad de agua relativamente elevada y restringe la temperatura a un máximo de 105°C. En estas condiciones, las reacciones de Maillard ocurren de manera más lenta, lo que explica el tono más claro de la miga. Además, la incorporación de fibra puede modificar la estructura interna del producto, influyendo en su textura. La estabilidad durante el almacenamiento y la vida útil de los muffins dependen de la conservación de sus atributos sensoriales y físicos, como la suavidad de la miga, la compresibilidad y el contenido de humedad, factores determinantes en la percepción de frescura por parte del consumidor [60].

3

II. MATERIALES Y MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

La investigación fue aplicada, dado que se evalúa el grado de aceptación de cupcake con la sustitución haciendo uso de un sustituto parcial de harina de hongo comestible (*Suillus luteus*) y cañihua (*Chenopodium pollidicaule*) en el contenido total de harina trigo.

El diseño de investigación fue experimental transversal, prospectivo, analítico dado que existe manipulación de variables independiente (formulaciones de cup cake) y se estudia su influencia sobre las variables dependientes. Además, se toman los datos una sola vez, obtenidos a partir de los objetivos propuestos.

3

2.2. Variables, Operacionalización

Variables independientes:

- Harina de hongo comestible.
- Harina de cañihua.
- Harina de trigo.

Variables dependientes:

- Análisis sensorial
- Análisis fisicoquímico
- Características nutricionales

3

Tabla 7. Operacionalización de la variable

2

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Tipo de variable	Escala de medición
Variable independiente: Formulación de cup cake: Harina de trigo – harina de hongo – harina de cañihua	Es la combinación de ingredientes y procesos para crear un cupcake de alta calidad, considerando aspectos como la calidad de la harina, el tipo de equipo, el proceso de elaboración y la naturaleza del producto terminado.	Método gravimétrico	Harina de trigo Harina de hongo Harina de cañihua	Masa	70% - 100% 0% – 30 % 0% – 30%	Balanza	Numérica	Intervalo
Variable dependiente: Características Sensoriales, fisicoquímicas y nutricionales	Son parámetros para evaluar la calidad de un alimento.	Perfil sensorial (Escala hedónica)	Olor, sabor, textura, apariencia y aceptabilidad general. Humedad Acidez pH Proteínas Fibra	Lineal método de regla	10 cm	Ficha de evaluación sensorial Estufa Equipo titulador pHmetro	Categórica Numérica	Ordinal Intervalo
		Parámetros fisicoquímicos	pH	Métodos AOAC	0 – 0.60 0 – 14			
		Parámetros nutricionales	Grasa Cenizas Carbohidratos	Métodos AOAC y NTP	0 – 100%	Kjeldahl Gravimétrico Soxhlet Mufla Por diferencia Gravimétrico	Numérica	Intervalo

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

La población en estudio fue conformada por granos de cañihua obtenido del mercado Modelo de Chiclayo y hongos procedentes del distrito de Incahuasi.

La muestra consistió en granos seleccionados de cañihua y hongos en buenas condiciones fisiológicas, procedentes del distrito de Incahuasi.

El Muestreo, fue del tipo por conveniencia no probabilístico, dado que se necesitó reducir la variabilidad en la muestra tomada.

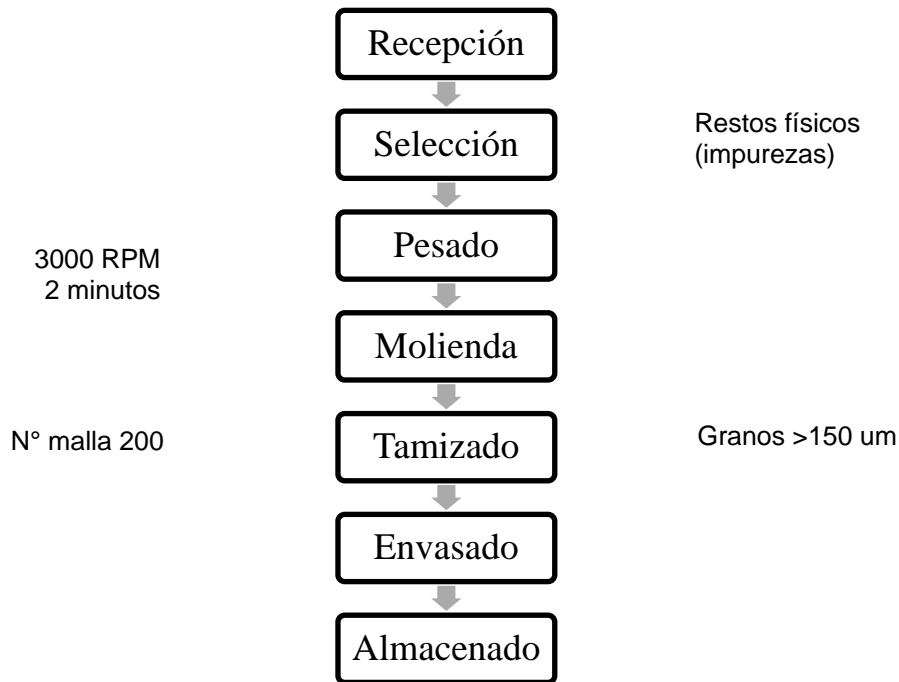
Los Criterios de selección, utilizados consistió en las buenas condiciones de calidad, a través de la observación aplicada a las muestras.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Elaboración de harina de cañihua-hongos

Para la obtención de harina de cañihua se procedió de la siguiente manera:

- a. **Recepción y Selección:** Se utilizó cañihua comprada del mercado Modelo de Chiclayo, y se eliminó las impurezas como tierra, pajilla, hojas, así como otros materiales extraños. Así mismo, se seleccionó los granos de buena calidad, eliminando los granos dañados.
- b. **Pesado:** Se realizó el pesado de los granos de cañihua en buen estado, haciendo uso de balanza gramera calibrada.
- c. **Molienda:** Se utilizó una licuadora de alta potencia, donde se colocaron los granos de cañihua para ser convertidos en granos de tamaño muy pequeño.
- d. **Tamizado:** Se procedió a utilizar un tamiz Taylor para separar los granos finos de los medianos, con un tamaño de malla N° 200.
- e. **Envasado y Almacenamiento:** Se procedió a empacar en bolsas herméticas y almacenar los granos finos de cañihua, los cuales fueron utilizados posteriormente para la formulación de cupcakes.

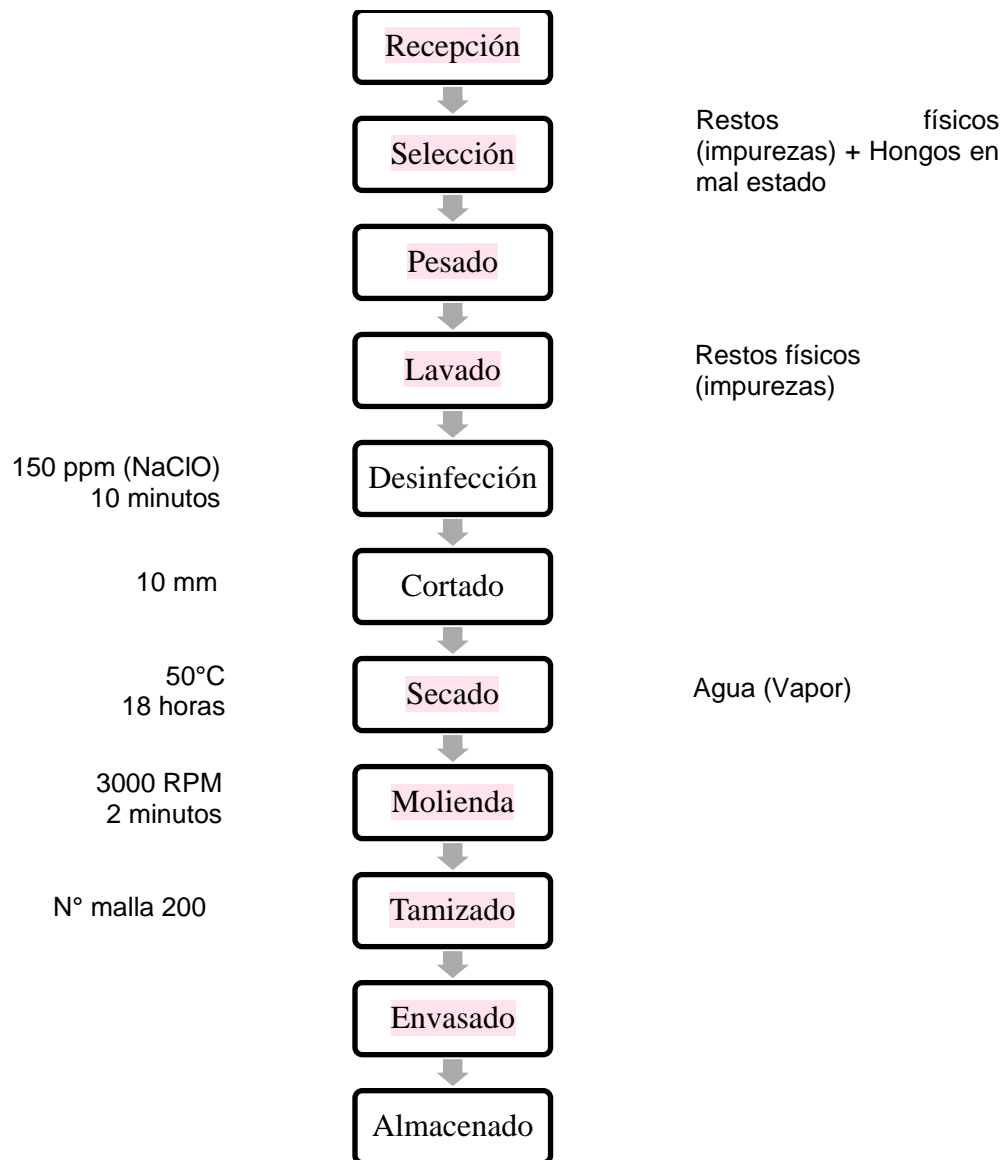


40 Para la obtención de harina de hongo comestible se procedió de la siguiente manera:

- a. **Recepción:** Se recibió los hongos comestibles (*Suillus luteus*) provenientes del distrito de Incahuasi.
- b. **Selección:** Se eliminó los hongos comestibles con daños físicos, mecánicos, biológicos y otras anomalías extrañas, quedando sólo materia prima en buenas condiciones de calidad.
- c. **Pesado:** Con la ayuda de una balanza gramera, se procedió a pesar los hongos comestibles seleccionados.
- d. **Limpieza y Desinfección:** Se procedió a realizar el lavado con agua en proporción (1:3), para posteriormente desinfectar usando NaOCl a 150 ppm en relación a (1:2), por 10 minutos.
- e. **Cortado:** Usando un cuchillo, se realizaron los cortes de 20 x 20 mm, con la finalidad de tener un secado más homogéneo.
- f. **Secado:** Se realizó la deshidratación del producto en una secadora de bandejas a una temperatura de 50°C, por un tiempo de 18 – 24 horas aproximadamente, hasta alcanzar una humedad de 3% – 5%.
- g. **Molienda:** Se realizó la reducción de tamaño de partículas del hongo comestible seco, con la ayuda de un molino universal.

- h. Tamizado:** Se procedió a utilizar un tamiz Taylor para obtener granos finos uniformes, con un tamaño de malla N° 200.
- i. Envasado y Almacenamiento:** Se procedió a empacar en bolsas herméticas y almacenar los granos finos de hongo comestible, los cuales fueron utilizados posteriormente para la formulación de cupcakes.

109



2.4.2. Caracterización de harina de cañihua y hongos

Los análisis fisicoquímicos de la harina se llevaron a cabo siguiendo métodos estandarizados para evaluar sus propiedades funcionales y composición química. Para determinar el índice de absorción de agua (IAA), se aplicó el método de la AOAC 54-50. Se mezcló un gramo de harina con 10 mililitros de agua destilada en un tubo de

3

3

1

1 ensayo, agitándose vigorosamente durante 30 segundos. La mezcla se dejó en reposo a temperatura ambiente por 30 minutos y posteriormente se sometió a centrifugación a 3,000 rpm durante 10 minutos. Se registró el peso del sedimento y se calculó el índice como la relación entre el peso del sedimento y el peso inicial de la muestra seca.

18
53
29 El índice de solubilidad se obtuvo mediante el método descrito por Anderson y colaboradores en 1969, utilizando el sobrenadante obtenido del ensayo de absorción de agua. Este sobrenadante fue secado en una estufa a 105 °C y el porcentaje de sólidos solubles se calculó en función del peso inicial de la muestra. Para evaluar el poder de hinchamiento, se siguió la metodología propuesta por Robertson et al. en 2000 y Aguilera en 2009. Se mezcló un gramo de harina con 10 mililitros de agua destilada y la mezcla fue calentada a 60 °C durante 30 minutos. Luego, se dejó enfriar y se sometió a centrifugación a 3,000 rpm por 15 minutos. El volumen del gel formado se midió directamente en un tubo graduado y se expresó en mililitros por gramo de muestra seca.

3
94
3 La temperatura de gelatinización se determinó siguiendo la técnica descrita por Grace en 1977. Se pesó una cantidad específica de harina (entre 5 y 10 miligramos) y se mezcló con agua en una proporción de 1:3 dentro de una cápsula sellada. La muestra se calentó progresivamente desde 25 °C hasta 120 °C a una velocidad de 10 °C por minuto. Se registraron las temperaturas de inicio, pico y final del proceso, representando la gelatinización del almidón.

2
1
45
52
29
3 Para la determinación del contenido de humedad, se utilizó el método gravimétrico según la AOAC 2000. Se pesaron 5 gramos de muestra y se colocaron en una estufa a 105 °C hasta alcanzar un peso constante. La humedad se calculó a partir de la diferencia entre el peso inicial y final de la muestra. El contenido de cenizas totales se determinó por calcinación, siguiendo el método gravimétrico de la AOAC 923.03. Se pesaron 2 gramos de muestra seca en un crisol previamente tarado, incinerándose en un horno mufla a 550 °C durante un período de 4 a 6 horas hasta obtener cenizas blancas o gris claro. Posteriormente, el crisol fue enfriado en un desecador antes de ser pesado nuevamente, expresando el contenido de cenizas como porcentaje del peso inicial de la muestra.

15
40 La acidez, expresada en ácido láctico, se determinó mediante titulación con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N, siguiendo la norma ISO 750:1998. Se preparó una

suspensión de 5 gramos de harina en 50 mililitros de agua destilada, utilizando fenolftaleína como indicador. La acidez se expresó como porcentaje de ácido láctico o ácido cítrico, según la matriz analizada. Finalmente, el pH de la harina se midió con un potenciómetro, de acuerdo con la norma ISO 15023:2008. Para ello, se preparó una suspensión mezclando 10 gramos de harina con 100 mililitros de agua destilada, agitando la mezcla durante 30 minutos antes de proceder a la medición.

2.4.3. Elaboración de los cupcakes formulado a partir de harina de hongo comestible (*Suillus luteus*) y cañihua (*Chenopodium pollidicaule*)

A continuación, se detallan las etapas del proceso para la elaboración de cupcakes con distintas formulaciones de harina de hongo comestible (*Suillus luteus*) y cañihua (*Chenopodium pollidicaule*):

- a. **Recepción:** Se recepcionó las materias primas (harina de trigo, harina de hongo comestible y harina de cañihua) e insumos a utilizar (azúcar blanca, mantequilla, leche fresca, polvo para hornear, bicarbonato, sal, huevos y esencia de vainilla).
- b. **Pesado:** En función a las formulaciones (tabla 8) requeridas para cada tratamiento en base a 600 g, sea realizó el pesado de materias primas e insumos, haciendo uso de la balanza gramera marca VENTUS.

Tabla 8. Formulación en base de cup cake basada en la proporción de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible

Formulación	Harina de trigo (%)	Harina de hongo comestible (%)	Harina de cañihua (%)	Harina de trigo (g)	Harina de hongo comestible (g)	Harina de cañihua (g)
<i>Con proporciones predominantes</i>						
F3	70.0%	4.9%	25.1%	420.0	29.7	150.3
F4	74.5%	19.4%	6.1%	446.9	116.4	36.7
F10	79.9%	9.7%	10.4%	479.6	58.2	62.1
F12	75.4%	4.0%	20.6%	452.4	24.1	123.5
F13	90.1%	4.9%	5.0%	540.6	29.3	30.1
F14	70.0%	13.4%	16.6%	420.0	80.6	99.4
<i>Sin proporciones predominantes</i>						

F1	100.0%	0.0%	0.0%	600.0	0.0	0.0
F2	85.0%	15.0%	0.0%	510.0	90.0	0.0
F5	100.0%	0.0%	0.0%	600.0	0.0	0.0
F6	85.0%	0.0%	15.0%	510.0	0.0	90.0
F7	70.0%	0.0%	30.0%	420.0	0.0	180.0
F8	70.0%	30.0%	0.0%	420.0	180.0	0.0
F9	85.0%	15.0%	0.0%	510.0	90.0	0.0
F11	70.0%	30.0%	0.0%	420.0	180.0	0.0

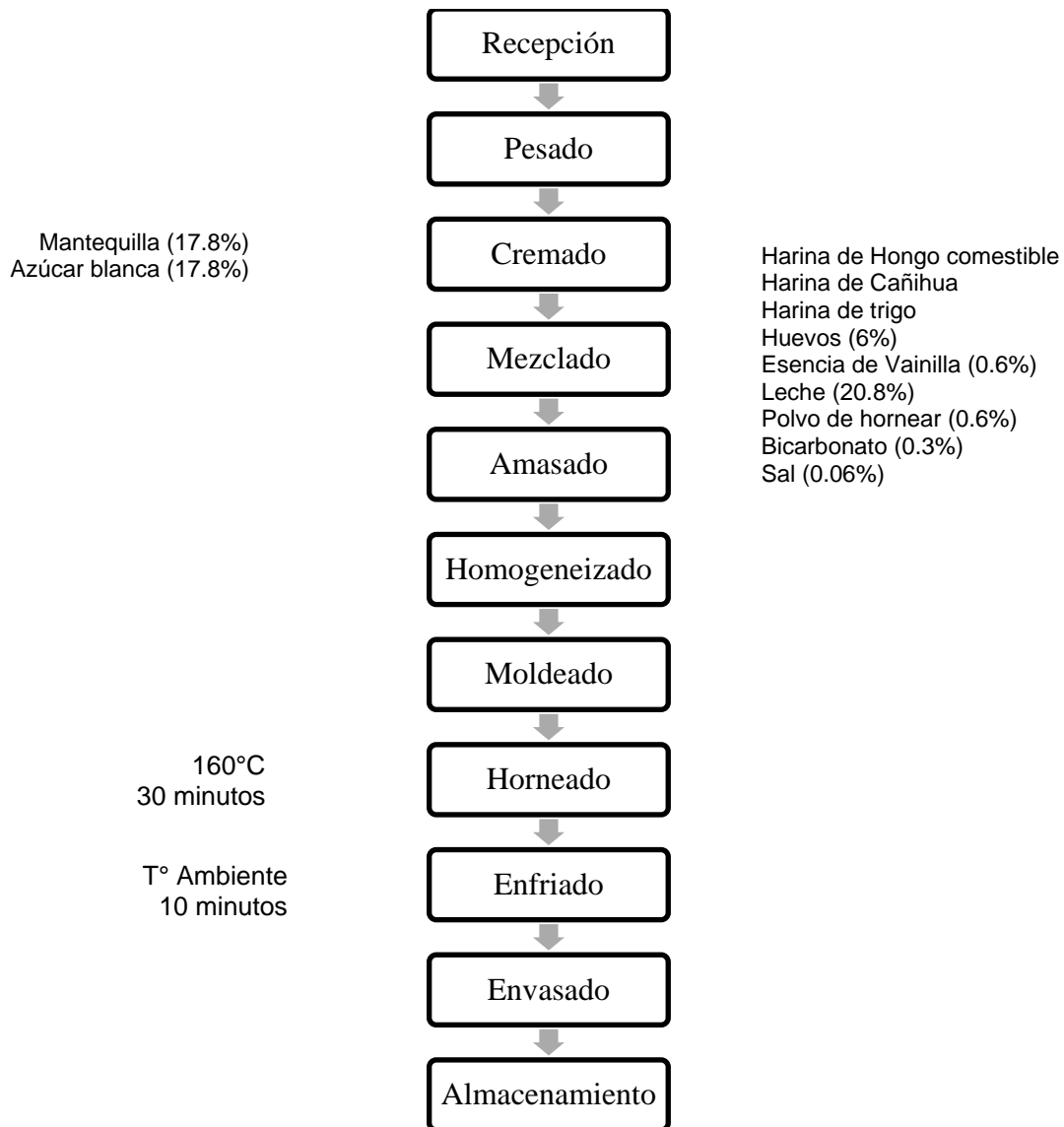
Tabla 9. Insumos agregar a cada formulación de cup cake

Ingredientes	Cantidad (g)
Azúcar blanca	300
Huevos	100
Esencia de vainilla	10
Mantequilla	300
Leche	350
Polvo de hornear	10
Bicarbonato	5
Sal	1

- c. **Cremado:** En esta etapa, se batió la mantequilla junto con la azúcar blanca durante aproximadamente 5 a 7 minutos. El objetivo fue disolver completamente el azúcar y obtener una pasta de textura cremosa que sirviera como base para las siguientes etapas.
- d. **Mezclado:** El proceso continuó con el batido de las claras de huevo en una batidora durante 3 a 5 minutos, hasta alcanzar el punto de nieve. Estas claras se incorporaron cuidadosamente a la crema de mantequilla y azúcar obtenida en la etapa anterior, logrando una mezcla uniforme. Posteriormente, se añadieron las harinas de trigo, cañihua y hongo comestible, junto con los demás ingredientes: sal, bicarbonato de sodio, polvo para hornear, esencia de vainilla y leche fresca. Esta mezcla se trabajó hasta integrar todos los componentes. mezclándose hasta obtener una masa

homogénea.

- 114
- e. **Amasado:** Una vez añadidos todos los ingredientes, se trasladó la mezcla a una amasadora. Allí se amasó de 10 a 15 min hasta obtener una masa completamente homogénea y consistente, lista para ser utilizada en la preparación del producto final.
 - f. **Homogeneizado:** Se verificó que la masa tuviera una textura uniforme y libre de grumos, asegurando una adecuada distribución de todos los ingredientes antes de proceder con las etapas finales de elaboración.
 - g. **Moldeado:** Se vertió la masa homogénea en moldes de acero inoxidable de una capacidad aproximada de 10 g.
 - h. **Horneado:** Se llevó la masa homogénea en moldes al horno, a una temperatura de 160 °C, por un espacio de 30 minutos. Cabe precisar a cada molde, se rotuló a fin de conocer a que formulación pertenecía.
 - 5 i. **Enfriado:** Se enfriaron los moldes con cupcakes a temperatura ambiente por un tiempo aproximadamente de 10 minutos.
 - j. **Envasado:** Se retiraron los cupcakes de los moldes, y fueron colocados en bolsas herméticas de manera individual, las cuales fueron cerradas con maquina selladora.
 - 87 k. **Almacenamiento:** Se almacenó los cupcakes a temperatura ambiente, en un lugar fresco y ventilado.



2.4.4. Evaluación sensorial de cupcakes formulados

El análisis sensorial de las diferentes formulaciones de cupcakes incluyó la evaluación del sabor, color, textura y aceptabilidad general. Para ello, se contó con la participación de 30 panelistas semientrenados, quienes utilizaron una escala no estructurada de 0 a 10 para calificar cada atributo. En dicha escala, el valor más bajo correspondía a una percepción de "totalmente desagradable", mientras que el valor más alto indicaba "totalmente agradable". Entre los valores intermedios, se consideró "neutral" como un punto medio de evaluación, y "muy agradable" como una categoría cercana a la máxima puntuación.

Cada muestra fue identificada con un código y presentada de manera individual a cada panelista junto con una ficha de evaluación (descrita en los anexos). Se proporcionaron

instrucciones precisas antes de iniciar el procedimiento, asegurando que cada evaluación se realizara de manera estandarizada. Se comenzó con la primera formulación y, tras su evaluación, se otorgó un intervalo de cinco minutos antes de continuar con la siguiente muestra. Este procedimiento se repitió hasta completar la evaluación de las 14 formulaciones en estudio.

2.4.5. Evaluación fisicoquímica de cupcakes formulados

3 Para la evaluación fisicoquímica de los cupcakes formulados, se emplearon distintos métodos analíticos con el propósito de caracterizar sus propiedades. La humedad se determinó mediante el método de gravimetría de acuerdo con la norma establecida por la AOAC en el año 2000. El contenido de cenizas totales fue cuantificado utilizando el método gravimétrico por calcinación, según la norma AOAC 923.03.

91 La acidez, expresada en términos de ácido láctico, se determinó por titulación utilizando una solución de hidróxido de sodio (NaOH), siguiendo el protocolo descrito en la Norma Técnica Peruana N.T.P 206.013 (1981), revisada en 2011. Asimismo, el pH fue medido mediante el método potenciométrico, en conformidad con la Norma Técnica Peruana 209.059 (1974).

75 2 2 Para la evaluación del color, se empleó un colorímetro de la marca KONICA MINOLTA, siguiendo el sistema CIELab. En este análisis, se determinaron los valores de luminosidad (L^*), donde 0 corresponde al negro y 100 al blanco; los valores de a^* , que indican la variación entre verde (-) y rojo (+); y los valores de b^* , que representan la transición entre azul (-) y amarillo (+). Adicionalmente, se calcularon la cromacidad (C^*), $Cromaticidad = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ y el ángulo de tonalidad (h°), $Angulo\ de\ tonalidad = \tan^{-1}(b^*/a^*)$, según la metodología descrita por Minolta (1993).

2.4.6. Evaluación nutricional de la mejor formulación de cupcakes

17 2 2 Mediante el uso del software estadístico Design Expert Versión 7, se identificó la formulación óptima del cupcake, a la cual se le evaluó su perfil nutricional a través de diversas metodologías analíticas. La humedad se determinó siguiendo el procedimiento establecido en la Norma Técnica Peruana N.T.P 206.011:1981, revisada en 2011, específicamente para productos de panificación como bizcochos, galletas, pastas y fideos. El contenido de cenizas se cuantificó aplicando el método descrito en la N.T.P

206.007:1976, también revisada en 2011, dirigido a los mismos tipos de productos.

2 La cantidad de proteínas fue analizada utilizando el método AOAC 992.15, empleando el equipo Kjeldahl para la determinación del contenido nitrogenado. Para la cuantificación de grasas, se aplicó el procedimiento detallado en la Norma Técnica Peruana NTP 206.017:1981, revisada en 2011, mediante extracción con el equipo Soxhlet.

2 El contenido de carbohidratos se determinó a partir de un análisis proximal utilizando el método por diferencia MS-INN, basado en los criterios de Collazos (1993) y la FAO (2002). Este cálculo se realizó restando del 100% la suma de los porcentajes de humedad, ceniza, grasa y proteínas presentes en la muestra. Finalmente, el contenido de fibra se analizó de acuerdo con el método AOAC 985.29, garantizando la precisión en la caracterización del perfil nutricional del producto optimizado.

2.4.7. Vida Útil

Se estableció la duración de la vida anaquel del cupcake mediante la aplicación del método de evaluación sensorial, el cual se sometió a un análisis estadístico utilizando la regresión lineal. En este análisis, las variables de estudio fueron los días de almacenamiento en comparación con la valoración sensorial de cada cupcake, según la escala hedónica. La fórmula aplicar fue:

$$y = a + bx$$

Donde:

“Y”: días de almacenamiento

“X”: evaluación sensorial (escala hedónica)

2 Además, se determinaron tanto el límite superior como el límite inferior, se evaluó el 16 coeficiente de determinación y el intervalo de confianza, y se llevó a cabo una prueba de hipótesis con un nivel de significancia del 0.05. El periodo durante el cual el cupcake se mantiene en condiciones ideales o aceptables se identifica como el tiempo de vida útil.

3 2.5. Procedimiento de análisis de datos

99 Los datos obtenidos fueron organizados y procesados en hojas de cálculo de Excel, asegurando su alineación con los objetivos específicos del estudio. En primer lugar, se analizaron las características fisicoquímicas de la harina de hongo comestible (*Suillus luteus*)

y la harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), determinando el promedio y la desviación estándar mediante el software estadístico SPSS. Posteriormente, se utilizó el software Design Expert (versión 7) para aplicar un diseño estadístico de mezclas, permitiendo evaluar el impacto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de hongo comestible y cañihua en las características fisicoquímicas y sensoriales de los cupcakes formulados.

El análisis de datos se llevó a cabo a través del ANOVA (Análisis de Varianza), herramienta que facilitó la identificación del comportamiento de las variables. Se utilizó un nivel de significancia de $P < 0.05$ para determinar si las diferencias observadas entre los tratamientos eran estadísticamente significativas. Adicionalmente, se aplicó una prueba estadística de comparación de medias, junto con la generación de gráficos de contorno y superficie de respuesta, con el objetivo de visualizar las diferencias o similitudes en los valores promedio de cada tratamiento respecto a los parámetros analizados.

A continuación, se llevó a cabo la optimización de la formulación de cupcakes con el software Design Expert, reduciendo la proporción de harina de trigo y maximizando la incorporación de harina de hongo comestible y harina de cañihua, al mismo tiempo que se optimizaban los atributos sensoriales del producto. Finalmente, utilizando SPSS, se calcularon el promedio y la desviación estándar de los parámetros nutricionales correspondientes a la formulación óptima de cupcakes, garantizando un análisis integral de su composición.

2.6. Criterios éticos

Esta investigación se desarrolló conforme a los principios éticos establecidos en el Informe de Belmont, así como a los códigos de ética definidos por la Universidad Señor de Sipán. Se garantizó el cumplimiento de los estándares científicos y éticos en todas las etapas del estudio, priorizando el rigor metodológico y la integridad en la gestión y ejecución de la investigación. Se promovió la honestidad intelectual, evitando omisiones o distorsiones de la información, y se mantuvo una postura de objetividad e imparcialidad en las relaciones profesionales y laborales asociadas al proyecto. Asimismo, se asumió la responsabilidad tanto con los resultados obtenidos como con el prestigio institucional de la Universidad.

Se respetaron los derechos de propiedad intelectual, asegurando el reconocimiento adecuado de los aportes de los autores y contribuyentes. La difusión de los hallazgos se realizó con veracidad, justicia y transparencia, evitando conflictos de interés. Además, se garantizó el

3 manejo responsable de la biodiversidad y el medio ambiente, aplicando prácticas sostenibles. Se citó y referenció correctamente cada fuente utilizada, siguiendo la normativa internacional. Toda la información recopilada se manejó con confidencialidad y se empleó exclusivamente con fines científicos. ara la evaluación sensorial de los cupcakes desarrollados, se recabó el consentimiento y asentimiento informado de los participantes, asegurando su participación de manera voluntaria y el cumplimiento de los estándares éticos en estudios que involucran a seres humanos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Características fisicoquímicas y tecno-funcional de la Harina de hongo comestible

Se realizó el análisis fisicoquímico de la harina de hongo comestible, a fin de conocer sus distintas propiedades acordes a los métodos estandarizados internacionalmente, lo que aseguran la validez y confiabilidad. Se determinó un alto nivel de proteínas ($22.92\% \pm 0.88$), fibra ($2.33\% \pm 0.04$) y bajo en grasas ($3.89\% \pm 0.05$). El nivel de humedad ($4.81\% \pm 0.12$) y carbohidratos ($56.93\% \pm 1.22$), se encontró dentro de la normativa nacional de harinas. Cabe destacar la harina de cañihua no se realizó su análisis fisicoquímico, debido a ser un producto comercial, con destacadas referencias sobre dichas propiedades.

Tabla 10. Características fisicoquímicas de harina de hongo comestible

Propiedad	Cantidad (PROM±DE)
Humedad (%)	4.81 ± 0.12
Cenizas (%)	9.12 ± 0.21
Grasas (%)	3.89 ± 0.05
Proteínas (%)	22.92 ± 0.88
Fibra (%)	2.33 ± 0.04
Carbohidratos (%)	56.93 ± 1.22

Fuente 7. Elaboración propia

Así mismo, se realizó el análisis de las características tecnofuncionales de las harinas, a fin de conocer su comportamiento reológico de masas. Se determinó que la harina de trigo tuvo menor índice de absorción de agua (0.0051 ± 0.0031), y mayor la harina de hongo comestible (0.1877 ± 0.0272), lo que significa que tiene una mayor capacidad de retención de agua, lo que es beneficioso para la elaboración de productos de panificación. Cabe destacar la capacidad de la harina para absorber agua afecta directamente la formación de la masa, la estructura del pan y la calidad del producto final. Por lo tanto, comprender y controlar el índice de absorción de agua es crucial para lograr resultados consistentes y deseados en la producción de alimentos.

Por otro lado, se determinó un mayor índice de solubilidad de la harina de trigo (39.735 ± 13.3873) y en menor proporción en la harina de hongo comestible (1.5833 ± 0.3592),

esto significa que la harina de trigo tiene mayor capacidad de disolverse en agua, y la mayor cantidad de componentes solubles en agua como proteínas, azúcares y otros compuestos, que afectan la textura, la viscosidad y otras características de los productos de panificación.

De igual manera, se determinó un mayor poder de hinchamiento en la harina de hongo comestible (0.1594 ± 0.0645) y en menor proporción en la harina de trigo (0.0096 ± 0.0019), esto significa que la harina de hongo comestible cuenta con buenas propiedades para la retención de agua y expansión, lo que puede ser beneficioso en la producción de productos de panificación. Cabe resaltar medir el poder de hinchamiento de una harina alimenticia es importante para comprender cómo se comportará la harina durante la cocción y para ajustar las formulaciones de productos alimenticios con el fin de lograr las características deseadas en términos de textura y estructura.

Tabla 11. Características tecnofuncionales de las harinas utilizadas en la formulación de cupcakes

Propiedad Tecnofuncional	Harina de Trigo	Harina de Hongo comestible	Harina de cañihua
Índice de absorción de agua (g/g)	0.0051 ± 0.0031	0.1877 ± 0.0272	0.1023 ± 0.01
Índice de solubilidad (g/g)	39.735 ± 13.3873	1.5833 ± 0.3592	5.0693 ± 0.1463
Poder de hinchamiento (g/g)	0.0096 ± 0.0019	0.1594 ± 0.0645	0.053 ± 0.0085

Fuente 7. Elaboración propia

3.1.2. Evaluación sensorial de las formulaciones de cupcakes elaborados a base de Harina de hongo comestible y harina de cañihua

Se determinó la evaluación sensorial de las 14 formulaciones de cupcakes, calificado por 30 panelistas con escala hedónica (1 al 10) de los parámetros Olor, Color, Sabor, Textura y Aceptabilidad General, aplicando un diseño de mezclas, con un nivel de 0.7 a 1 para harina de trigo y de 0 a 0.30 para harina de hongos comestible y harina de cañihua. En la tabla 8 de la metodología se detalló las 14 formulaciones que resultó el software Design Expert.

La figura 7 observamos que la formulación 1 y formulación 5 (control) fue la que mostró

mejores resultados, mientras que la formulación 11 (70% Harina de trigo: 30% Harina de hongo comestible) fue la que tuvo más bajo parámetros sensoriales.

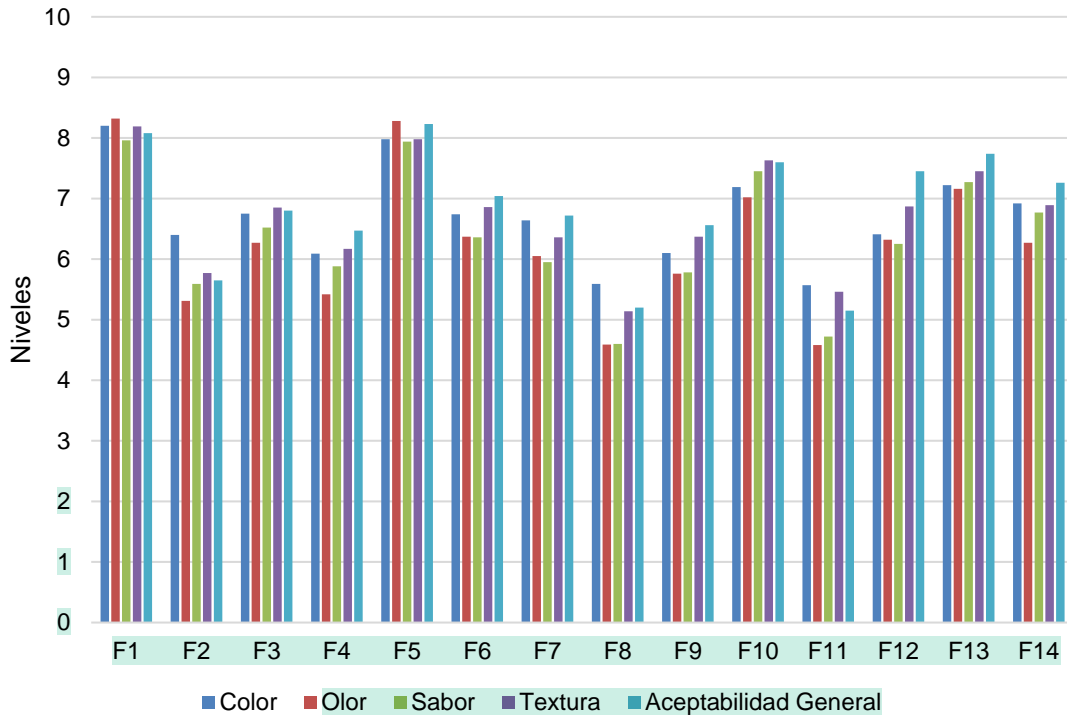


Figura 7. Resultados de evaluación sensorial de las formulaciones del cupcake

3.1.2.1. Evaluación Sensorial del Olor

Tabla 12. Reajuste del diseño de las mezclas al modelo para el atributo Olor

Modelo	Dev. Std.	R - cuadrado	R - cuadrado ajustado	R - cuadrado predicho	Error	
Linear	0.536	0.817	0.783	0.733	4.602	
Quadratic	0.350	0.943	0.908	0.804	3.381	
Special Cubic	0.234	0.978	0.959	0.914	1.485	Seleccionado
Cubic	0.248	0.986	0.954	-0.483	25.560	

En la tabla 12 se observa al modelo cúbico especial como seleccionado debido a que tiene mayor coeficiente de correlación ($R^2 = 0.978$) cercano a 1, es decir, los datos de la variable olor se ajustan más al comportamiento de una función polinomial de grado 3.

Tabla 13. (ANOVA) para el atributo Olor

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F	
Model	16.86	6.00	2.81	51.50	< 0.0001	significativo
Linear Mixture	14.08	2.00	7.04	129.05	< 0.0001	
AB	1.11	1.00	1.11	20.33	0.0028	
AC	0.49	1.00	0.49	9.02	0.0198	
BC	0.45	1.00	0.45	8.25	0.0239	
ABC	0.60	1.00	0.60	10.93	0.013	
Residual	0.38	7.00	0.06			
Cor Total	17.24	13.00				

En la Tabla 13 se presenta el análisis de variabilidad correspondiente a la característica de olor. El valor F del modelo, que alcanza 51.50, sugiere que el modelo es estadísticamente significativo, con solo un 0.05% de probabilidad de que este valor carezca de relevancia y se deba a otros factores. Esta conclusión se respalda en el hecho de que el p-valor es menor a 0.05, lo que confirma la validez del modelo. Asimismo, los valores de "Prob > F" menores a 0.0500 indican que los términos del modelo poseen significancia estadística, destacándose los componentes de la mezcla lineal (AB, AC, BC, ABC) como factores determinantes dentro del análisis.

Tabla 14. Coeficiente estadístico para el atributo Olor

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.23	R-cuadrado	0.9778
Mean	6.27	R ² -ajustada	0.9589
C.V. %	3.73	R ² - previsto	0.9139
PRESS	1.48	Predicción adecuada	22.974

En la Tabla 14, se observa un ajuste adecuado de los datos al modelo, evidenciado por un coeficiente de correlación (R²) de 0.9778 para la característica de olor, según el análisis realizado con el software Design Expert v.7.0. Además, el R² previsto obtenido es 0.9139, lo que indica una correspondencia satisfactoria, dado que el modelo

estudiado explica aproximadamente el 3.73% de la varianza. Asimismo, se destaca que el R^2 previsto (0.9139) mantiene una concordancia razonable con el R^2 ajustado (0.9589), lo que refuerza la confiabilidad del modelo. A continuación, se presenta la ecuación matemática que describe el modelo numérico, el cual se utilizó para optimizar la percepción del olor en los cupcakes. Es fundamental que los niveles de las variables sean expresados en sus unidades de medida originales para garantizar la precisión en la interpretación de los resultados. Sin embargo, es importante señalar que este modelo numérico no permite evaluar el impacto relativo de cada factor, ya que los coeficientes se ajustan en función de las unidades de medición de cada variable, y el centro del diseño experimental no se encuentra en la intersección del espacio de diseño.

$$\begin{aligned} \text{Olor} = & 8.32397 \quad * \text{Trigo (Harina)} \\ & 23.98061 \quad * \text{Hongo (Harina)} \\ & 25.49147 \quad * \text{Cañihua (Harina)} \\ & -40.43497 \quad * \text{Trigo (Harina)* Hongo (Harina)} \\ & -35.30848 \quad * \text{Trigo (Harina)* Cañihua (Harina)} \\ & -574.97317 \quad * \text{Hongo (Harina)* Cañihua (Harina)} \\ & 870.47197 \quad * \text{Trigo (Harina) * Hongo (Harina) * Cañihua (Harina)} \end{aligned}$$

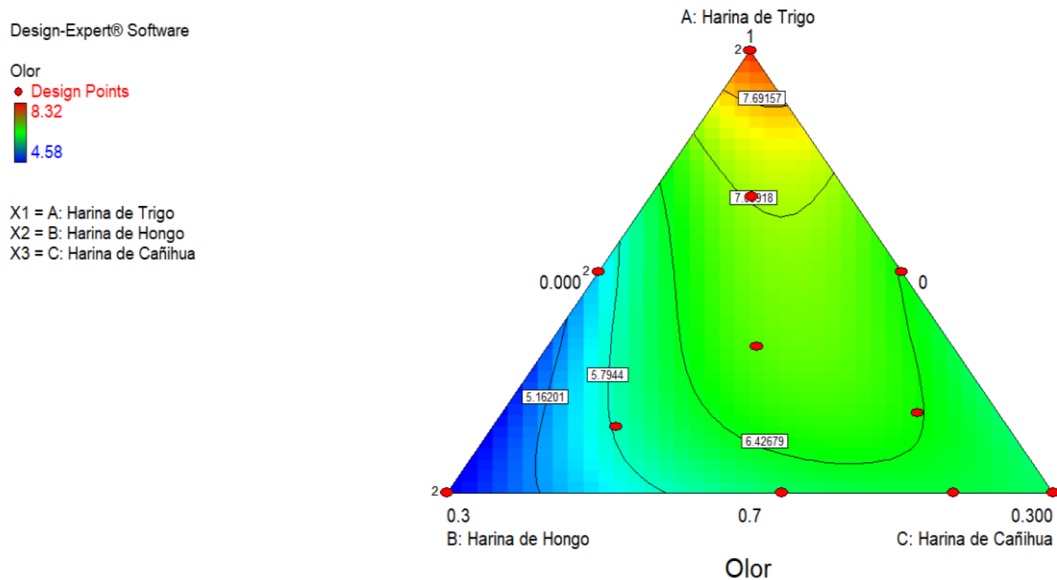


Figura 8. Superficie de contorno de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el Olor

En la Figura 8, se presenta el gráfico de contorno que ilustra la relación entre la característica sensorial de olor y la combinación de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en la formulación de cupcakes. Se observa que la zona resaltada en rojo indica la mayor aceptación en términos de olor, con una puntuación de 8.28, correspondiente a la Formulación 5. Esta preparación estuvo compuesta por 600 g de harina de trigo (100%), sin incorporación de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%). Por otro lado, la región azul representa la menor valoración en esta característica, registrando una puntuación de 4.58, asociada a la Formulación 11. En esta mezcla, la proporción de ingredientes incluyó 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y sin adición de harina de cañihua (0%). Finalmente, la zona verde refleja una aceptabilidad moderada en cuanto al olor, correspondiente a la Formulación 7, la cual estuvo compuesta por 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de cañihua (30%) y sin presencia de harina de hongo comestible (0%).

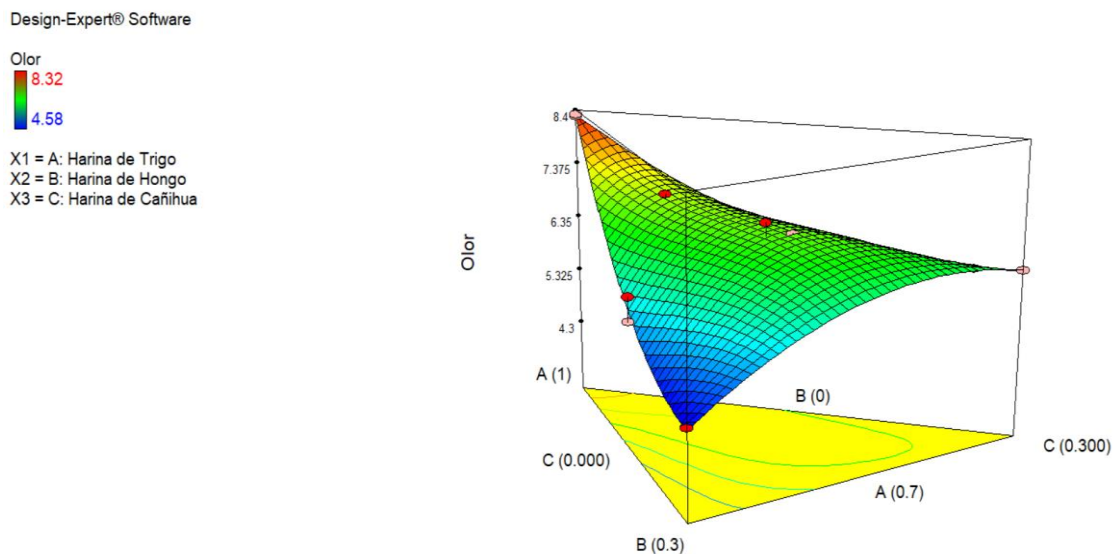


Figura 9. Superficie de respuesta de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo Olor

En la Figura 9, se muestra el gráfico de superficie de respuesta correspondiente a la evaluación del atributo de olor en cupcakes formulados con distintas proporciones de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible. Este modelo tridimensional exhibe una variación de tonalidades, donde el color rojo representa los valores más altos de percepción de olor, el verde indica un nivel intermedio y el azul

refleja las puntuaciones más bajas. A partir del análisis de esta representación, se determinó que la Formulación N° 5 obtuvo la mayor aceptación en el atributo de olor, con una composición de 600 g de harina de trigo (100%), sin adición de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%). En contraste, la puntuación más baja en esta característica correspondió a la Formulación N° 11, que incluyó 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y sin presencia de harina de cañihua (0%).

3.1.2.2. Evaluación Sensorial del Color

Tabla 15. Ajuste del diseño de mezclas al modelo para el atributo Color

Modelo	Dev. Std.	R cuadrado	R - cuadrado ajustado	R - cuadrado predicho	Error	
Linear	0.400	0.771	0.729	0.665	2.630	
Quadratic	0.260	0.932	0.890	0.819	1.420	Seleccionado
Special Cubic	0.240	0.949	0.904	0.757	1.910	
Cubic	0.270	0.963	0.878	-4.038	39.650	

En la tabla 15 se observa al modelo cuadrático como seleccionado debido a que tiene mayor coeficiente de correlación ($R^2 = 0.932$) cercano a 1, es decir, los datos de la variable color se ajustan más al comportamiento de una función polinomial de grado 2.

Tabla 16. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Color

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F	
Model	7.34	5.00	1.47	22.01	0.0002	significativo
Linear	6.07	2.00	3.03	45.49	< 0.0001	
Mixture						
AB	0.36	1.00	0.36	5.34	0.0496	
AC	0.20	1.00	0.20	3.07	0.1179	
BC	0.66	1.00	0.66	9.96	0.0135	
Residual	0.53	8.00	0.07			
Cor Total	7.87	13.00				

En la Tabla 16, se presenta el análisis de variabilidad para la característica de color. El valor F del modelo, que alcanza 22.01, sugiere que el modelo es estadísticamente significativo, con solo un 0.05% de probabilidad de que este valor carezca de relevancia y sea producto del efecto de otras variables. Este resultado se respalda en el hecho de que el p-valor es menor a 0.05, lo que confirma la validez del modelo. Asimismo, los valores de "Prob > F" menores a 0.0500 evidencian que los términos evaluados poseen significancia estadística. En este caso, los componentes de la mezcla lineal, específicamente AB y BC, se identificaron como factores clave dentro del modelo.

Tabla 17. Coeficientes estadísticos para el atributo Color

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.26	R-cuadrado	0.9322
Mean	6.7	R ² -ajustada	0.8899
C.V. %	3.85	R ² - previsto	0.8193
PRESS	1.42	Predicción adecuada	15.174

En la Tabla 17, se observa un ajuste adecuado de los datos al modelo, evidenciado por un coeficiente de correlación (R²) de 0.9322 para la característica de color, según el análisis realizado con el software Design Expert v.7.0. Además, el R² previsto obtenido es 0.8193, lo que indica una correspondencia satisfactoria, dado que el modelo explica aproximadamente el 3.85% de la variabilidad en los datos. Asimismo, se destaca que el R² previsto (0.8193) mantiene una concordancia razonable con el R² ajustado (0.8899), lo que refuerza la confiabilidad del modelo.

A continuación, se presenta la ecuación matemática que describe el modelo numérico, el cual se utilizó para optimizar la percepción del color en los cupcakes. Es fundamental que los niveles de las variables sean expresados en sus unidades de medida originales para garantizar la precisión en la interpretación de los resultados. Sin embargo, es importante señalar que esta ecuación no permite evaluar el impacto relativo de cada factor, ya que los coeficientes se ajustan en función de las unidades de medición de cada variable, y el centro del diseño experimental no se encuentra en la intersección del espacio de diseño.

$$\text{Color} = 8.10454 * \text{Harina de Trigo} + 14.92516 * \text{Harina de Hongo}$$

7

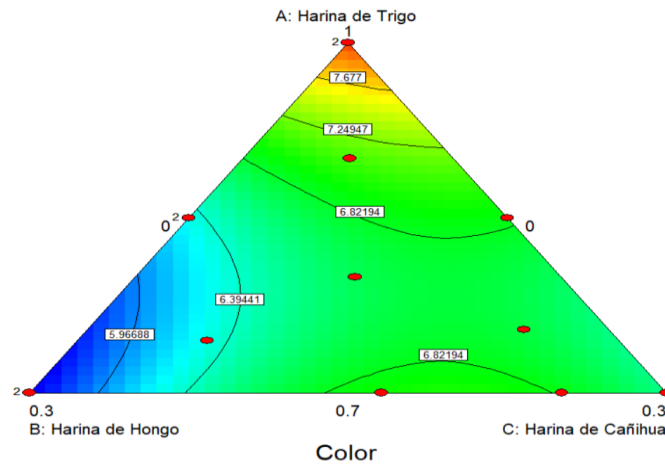
16.5478
 -21.95892
 -19.72102
 37.54438

- * Harina de Cañihua
- * Harina de Trigo * Harina de Hongo
- * Harina de Trigo * Harina de Cañihua
- * Harina de Hongo * Harina de Cañihua

Design-Expert® Software

Color
 ● Design Points
 8.2
 5.57

X1 = A: Harina de Trigo
 X2 = B: Harina de Hongo
 X3 = C: Harina de Cañihua



2

Figura 10. Superficie de contorno de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo Color.

1

2

4

5

5

En la Figura 10, se presenta el gráfico de contorno que ilustra la relación entre la característica de color y la combinación de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en la formulación de cupcakes. La zona resaltada en rojo representa la mayor aceptabilidad en términos de color, con una puntuación de 8.20, correspondiente a la Formulación 1, compuesta exclusivamente por 600 g de harina de trigo (100%), sin incorporación de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%). En contraste, la región azul indica la menor aceptación del color, con una puntuación de 4.58, correspondiente a la Formulación 11, elaborada con 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y sin adición de harina de cañihua (0%). Finalmente, la zona verde refleja una aceptabilidad intermedia, asociada a la Formulación 7, que contiene 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de cañihua (30%) y sin presencia de harina de hongo comestible (0%).

Design-Expert® Software

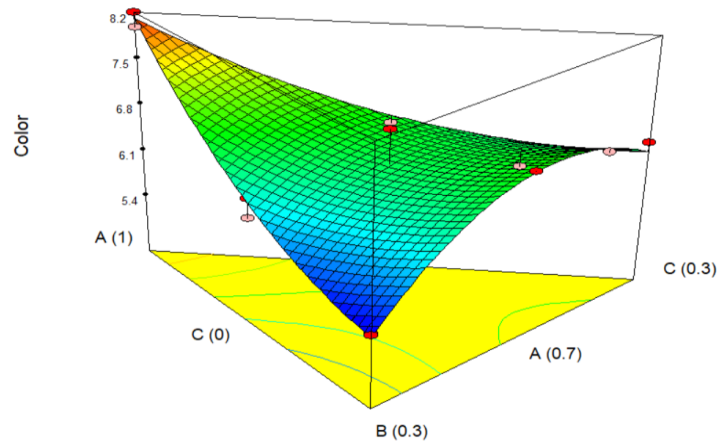
Color
8.2
5.57X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

Figura 11. Superficie de respuesta de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo color

En la Figura 11, se presenta el gráfico de superficie de respuesta que representa la variación del atributo de color en cupcakes formulados con diferentes proporciones de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible. Este modelo tridimensional exhibe un gradiente de tonalidades, donde el color rojo indica los valores más altos de percepción del color, el verde refleja un nivel intermedio y el azul representa las puntuaciones más bajas. A partir del análisis de esta representación, se determinó que la Formulación N° 1 obtuvo la máxima aceptación en cuanto a color, con una composición de 600 g de harina de trigo (100%), sin incorporación de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%). En contraste, la puntuación más baja en esta característica correspondió a la Formulación N° 11, que incluyó 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y sin presencia de harina de cañihua (0%).

3.1.2.3. Evaluación Sensorial del Sabor

Tabla 18. Ajuste del diseño de mezclas al modelo para el atributo sabor

Modelo	Dev. Std.	R - cuadrado	R - cuadrado ajustado	R - cuadrado predicho	Error	
Linear	0.620	0.706	0.653	0.572	6.160	
Quadratic	0.380	0.921	0.872	0.752	3.570	
Special Cubic	0.260	0.967	0.940	0.879	1.750	Seleccionado
Cubic	0.250	0.983	0.943	-1.741	39.450	

En la tabla 18 se observa al modelo cúbico especial como seleccionado debido a que tiene mayor coeficiente de correlación ($R^2 = 0.967$) cercano a 1, es decir, los datos de la variable sabor se ajustan más al comportamiento de una función polinomial de grado 3.

Tabla 19. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo sabor

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F	
Model	13.92	6.00	2.32	34.64	< 0.0001	significativo
Linear Mixture	10.17	2.00	5.08	75.88	< 0.0001	
AB	0.50	1.00	0.50	7.48	0.0291	
AC	0.31	1.00	0.31	4.59	0.0693	
BC	1.31	1.00	1.31	19.57	0.0031	
ABC	0.67	1.00	0.67	9.99	0.0159	
Residual	0.47	7	0.067			
Cor Total	14.39	13.00				

En la Tabla 19, se presenta el análisis de variabilidad correspondiente a la característica de sabor. El valor F del modelo, que alcanza 34.64, indica que el modelo es estadísticamente relevante, con solo un 0.05% de probabilidad de que este valor no tenga significancia y sea producto del efecto de otras variables. Esta conclusión se respalda en el hecho de que el p-valor es menor a 0.05, lo que confirma la validez del

modelo. Asimismo, los valores de "Prob > F" inferiores a 0.0500 evidencian que los términos del modelo poseen significancia estadística, destacándose los componentes de la mezcla lineal AB, BC y ABC como factores clave en la evaluación del sabor. Sin embargo, la combinación AC no mostró una influencia significativa dentro del modelo.

Tabla 20. Coeficientes estadísticos para el atributo Sabor

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.26	R-cuadrado	0.9674
Mean	6.36	R ² -ajustada	0.9395
C.V. %	4.07	R ² - previsto	0.8785
PRESS	1.75	Predicción adecuada	18.463

En la Tabla 20, se observa un ajuste adecuado de los datos al modelo, evidenciado por un coeficiente de correlación (R²) de 0.9674 para la característica de sabor, según el análisis realizado con el software Design Expert v.7.0. Además, el R² previsto obtenido es 0.8785, lo que indica una correspondencia satisfactoria, considerando que el modelo explica aproximadamente el 4.07% de la variabilidad en los datos. Asimismo, se destaca que el R² previsto (0.8785) mantiene una relación razonable con el R² ajustado (0.9395), lo que refuerza la confiabilidad del modelo.

A continuación, se presenta la ecuación matemática que describe el modelo numérico, utilizado para optimizar la percepción del sabor en los cupcakes. Es fundamental que los niveles de las variables sean expresados en sus unidades de medida originales para garantizar precisión en la interpretación de los resultados. No obstante, es importante señalar que esta ecuación no permite evaluar el impacto relativo de cada factor, ya que los coeficientes se ajustan en función de las unidades de cada variable y el centro del diseño experimental no se encuentra en la intersección del espacio de diseño.

Sabor =

- 7.98934 * Harina de Trigo
- 15.74994 * Harina de Hongo
- 20.6038 * Harina de Cañihua
- 27.17758 * Harina de Trigo * Harina de Hongo
- 27.91841 * Harina de Trigo * Harina de Cañihua
- 586.94029 * Harina de Hongo * Harina de Cañihua

922.27523

* Harina de Trigo * Harina de Hongo * Harina de Cañihua

Design-Expert® Software

Sabor



X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

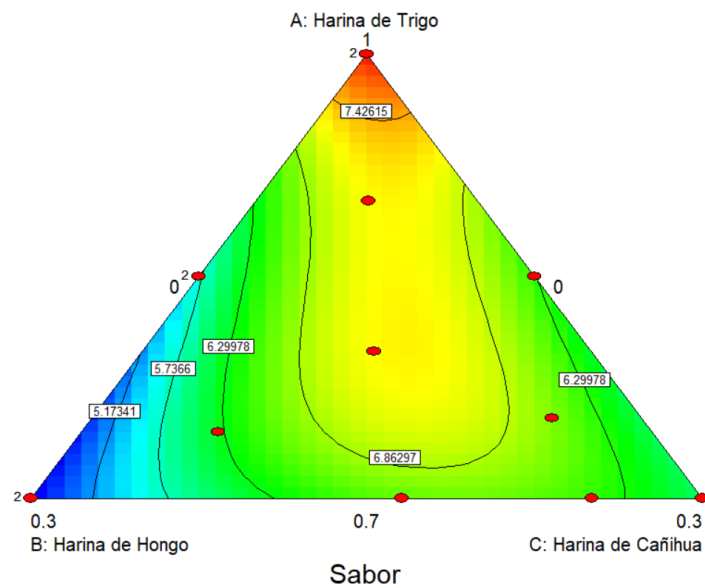


Figura 12. Superficie de contorno de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo sabor.

En la Figura 12, se presenta el gráfico de contorno que ilustra la relación entre la característica sensorial de sabor y la combinación de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en la formulación de cupcakes. Se observa que la zona resaltada en rojo representa la mayor aceptación en términos de sabor, con una puntuación de 7.94, correspondiente a la Formulación 5, compuesta exclusivamente por 600 g de harina de trigo (100%), sin incorporación de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%). En contraste, la región azul señala la menor valoración del sabor, con una puntuación de 4.60, correspondiente a la Formulación 8, que incluyó 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y sin adición de harina de cañihua (0%). Finalmente, la zona verde refleja una aceptabilidad moderada en cuanto al sabor, correspondiente a la Formulación 7, la cual estuvo compuesta por 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de cañihua (30%) y sin presencia de harina de hongo comestible (0%).

Design-Expert® Software

Sabor

7.96

4.6

X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

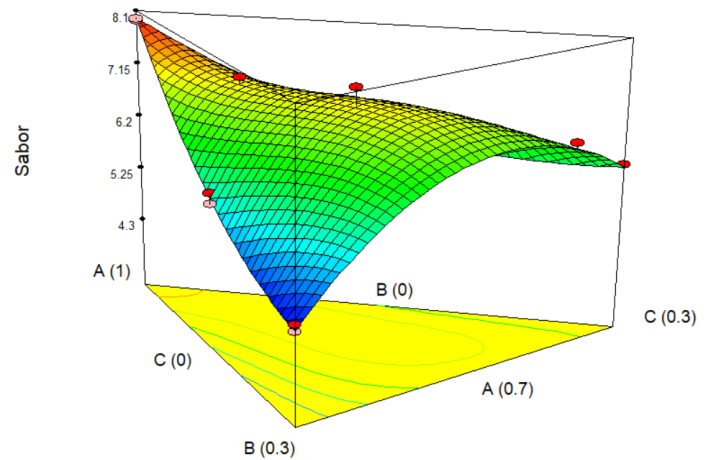


Figura 13. Superficie de respuesta de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo sabor

En la Figura 13, se presenta el gráfico de superficie de respuesta, el cual representa la variabilidad en la percepción del sabor en cupcakes formulados con distintas proporciones de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible. Este modelo tridimensional exhibe un rango de tonalidades, donde el color rojo señala los valores más altos de aceptación del sabor, el verde indica una valoración intermedia y el azul refleja las puntuaciones más bajas. A partir de esta representación, se determinó que la Formulación N° 5 obtuvo la mejor puntuación en sabor, con una composición de 600 g de harina de trigo (100%), sin inclusión de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%). En contraste, la puntuación más baja se registró en la Formulación N° 08, que contenía 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y sin presencia de harina de cañihua (0%).

3.1.2.4. Evaluación Sensorial del Textura

Tabla 21. Ajuste del diseño de mezclas al modelo para el atributo Textura.

Modelo	Dev. Std.	R - cuadrado	R - cuadrado ajustado	R - cuadrado predicho	Error	
Linear	0.510	0.733	0.684	0.601	4.280	
Quadratic	0.360	0.904	0.844	0.681	3.420	
Special Cubic	0.270	0.952	0.912	0.827	1.860	Seleccionado
Cubic	0.310	0.965	0.885	-1.145	23.030	

En la tabla 21 se observa al modelo especial cúbico como seleccionado debido a que tiene mayor coeficiente de correlación ($R^2 = 0.952$) cercano a 1, es decir, los datos de la variable textura se ajustan más al comportamiento de una función polinomial de grado 3.

Tabla 22. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Textura

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F	
Model	10.23	6.00	1.70	23.36	0.0003	significativo
Linear Mixture	7.87	2.00	3.93	53.88	< 0.0001	
AB	0.52	1.00	0.52	7.15	0.0318	
AC	0.11	1.00	0.11	1.57	0.2504	
BC	0.66	1.00	0.66	9.07	0.0196	
ABC	0.52	1.00	0.52	7.11	0.0322	
Residual	0.51	7	0.073			
Cor Total	10.74	13.00				

En la Tabla 22, se presenta el análisis de variabilidad correspondiente a la característica de textura. El valor F del modelo, que alcanza 23.36, indica que el modelo es estadísticamente significativo, con una probabilidad de apenas 0.05% de que este resultado sea atribuible al efecto de otras variables no consideradas. Esta conclusión se

1 fundamenta en el hecho de que el p-valor es menor a 0.05, lo que confirma la validez del modelo. Asimismo, los valores de "Prob > F" menores a 0.0500 sugieren que los términos evaluados poseen relevancia estadística, destacándose los componentes de la mezcla lineal AB, BC y ABC como factores clave en la determinación de la textura. En 1 contraste, la combinación AC no mostró un efecto significativo dentro del modelo.

Tabla 23. Coeficientes estadísticos para el atributo Textura

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.27	R-cuadrado	0.9524
Mean	6.71	R ² -ajustada	0.9116
C.V. %	4.02	R ² - previsto	0.8269
PRESS	1.86	Predicción adecuada	14.955

12 En la Tabla 23, se observa un ajuste adecuado de los datos al modelo, evidenciado por un coeficiente de correlación (R²) de 0.9524 para la característica de textura, según el análisis realizado con el software Design Expert v.7.0. Además, el R² previsto, con un valor de 0.8269, indica una correspondencia satisfactoria, dado que el modelo explica aproximadamente el 4.02% de la variabilidad observada en los datos. Asimismo, se destaca la coherencia entre el R² previsto (0.8269) y el R² ajustado (0.9116), lo que refuerza la fiabilidad del modelo y su capacidad predictiva en la evaluación de la textura del producto.

1 A continuación, se presenta la ecuación matemática que describe el modelo numérico, utilizado para optimizar la textura de los cupcakes. Es fundamental que los niveles de cada variable se expresen en sus unidades de medida originales para garantizar precisión en la interpretación de los resultados. 1 No obstante, es importante señalar que esta ecuación no permite evaluar el impacto relativo de cada factor, ya que los coeficientes se ajustan según las unidades de cada variable, y la intersección del diseño experimental no se encuentra en el centro del espacio de diseño.

$$\begin{aligned}
 \text{Textura} &= \\
 8.10356 & * \text{Harina de Trigo} \\
 17.99638 & * \text{Harina de Hongo} \\
 14.37839 & * \text{Harina de Cañihua} \\
 -27.73669 & * \text{Harina de Trigo} * \text{Harina de Hongo}
 \end{aligned}$$

- 17.03825 * Harina de Trigo * Harina de Cañihua
- 526.72395 * Harina de Hongo * Harina de Cañihua
- 811.98673 * Harina de Trigo * Harina de Hongo * Harina de Cañihua

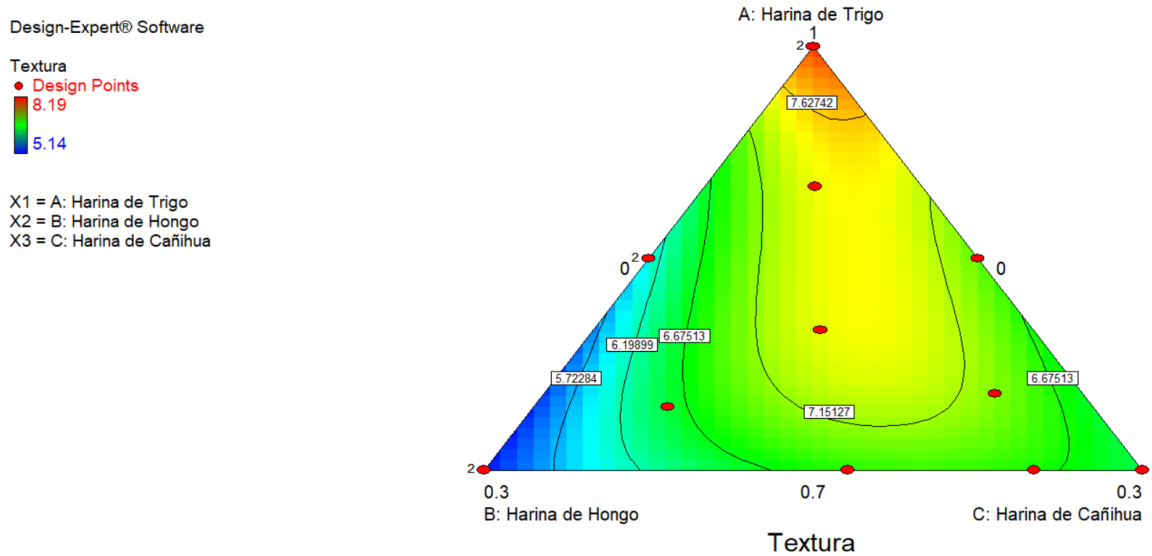


Figura 14. Superficie de contorno de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo Textura.

En la Figura 14, se presenta el gráfico de contorno que representa la relación entre la característica de textura y la combinación de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en la formulación de cupcakes. Se observa que la zona resaltada en rojo indica la mayor aceptación en términos de textura, con una puntuación de 8.19, correspondiente a la Formulación 1, compuesta por 600 g de harina de trigo (100%), sin adición de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%). En contraste, la región azul representa la menor valoración de textura, con una puntuación de 5.14, asociada a la Formulación 8, elaborada con 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y sin presencia de harina de cañihua (0%). Por otro lado, la zona verde refleja una aceptabilidad intermedia en lo que respecta a textura, correspondiente a la Formulación 7, que incluye 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de cañihua (30%) y sin incorporación de harina de hongo comestible (0%).

Design-Expert® Software

Textura

8.19

5.14

X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

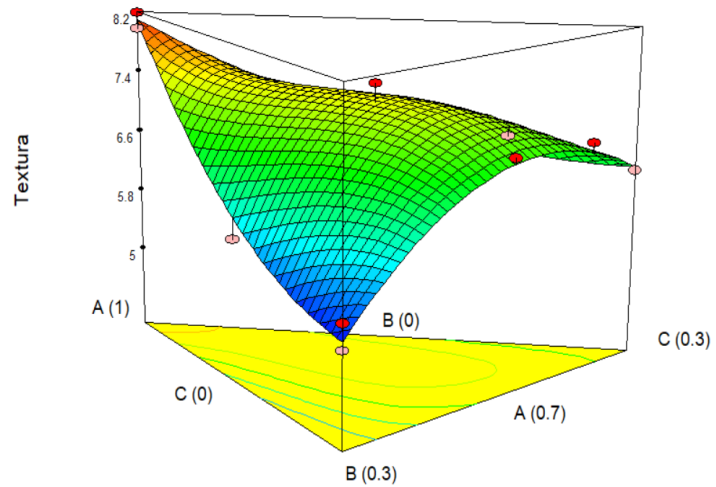


Figura 15. Superficie de respuesta de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo textura

En la Figura 15, se presenta el gráfico de superficie de respuesta, el cual representa la variabilidad en la percepción de la textura en cupcakes formulados con diferentes proporciones de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible. Este modelo tridimensional exhibe un rango de tonalidades, donde el color rojo señala los valores más altos de aceptabilidad en textura, el verde indica una valoración intermedia y el azul refleja las puntuaciones más bajas. A partir de esta representación, se determinó que la Formulación N° 1 obtuvo la máxima puntuación en textura, con una composición de 600 g de harina de trigo (100%), sin inclusión de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%). En contraste, la puntuación más baja correspondió a la Formulación N° 8, compuesta por 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y sin presencia de harina de cañihua (0%).

3.1.2.5. Evaluación Sensorial del Aceptabilidad General

Tabla 24. Ajuste del diseño de mezclas al modelo para el atributo Aceptabilidad General

Modelo	Dev. Std.	R - cuadrado	R - cuadrado ajustado	R - cuadrado predicho	Error	
Linear	0.550	0.733	0.684	0.606	4.980	
Quadratic	0.380	0.909	0.853	0.625	4.740	
Special Cubic	0.300	0.952	0.910	0.739	3.300	Seleccionado
Cubic	0.330	0.966	0.890	0.831	2.130	

En la tabla 24 se observa al modelo cúbico especial como seleccionado debido a que tiene mayor coeficiente de correlación ($R^2 = 0.932$) cercano a 1, es decir, los datos de la variable aceptabilidad general se ajustan más al comportamiento de una función polinomial de grado 3.

Tabla 25. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Aceptabilidad General

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F	
Model	12.03	6.00	2.00	22.95	0.0003	significativo
Linear Mixture	9.26	2.00	4.63	53.01	< 0.0001	
AB	0.43	1.00	0.43	4.89	0.0628	
AC	0.06	1.00	0.06	0.68	0.4373	
BC	0.93	1.00	0.93	10.70	0.0137	
ABC	0.53	1.00	0.53	6.11	0.0428	
Residual	0.61	7	0.087			
Cor Total	12.64	13.00				

En la Tabla 25, se presenta el análisis de variabilidad correspondiente a la aceptabilidad general de los cupcakes. El valor F del modelo, que alcanza 22.95, indica que el modelo es estadísticamente relevante, con solo un 0.05% de probabilidad de que este resultado carezca de significancia y sea producto de otras variables no consideradas. Esta

conclusión se fundamenta en el hecho de que el p-valor es menor a 0.05, lo que valida la solidez del modelo. Asimismo, los valores de "Prob > F" inferiores a 0.0500 confirman que los términos del modelo poseen relevancia estadística, identificándose los componentes de la mezcla lineal AB, BC y BC como factores determinantes en la evaluación de la aceptabilidad general. No obstante, la combinación AC no mostró un efecto significativo dentro del modelo.

Tabla 26. Coeficientes estadísticos para el atributo Aceptabilidad general

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.3	R-cuadrado	0.9516
Mean	6.85	R ² -ajustada	0.9102
C.V. %	4.31	R ² - previsto	0.7386
PRESS	3.3	Predicción adecuada	14.492

En la Tabla 26, se observa un ajuste adecuado de los datos al modelo, evidenciado por un coeficiente de correlación (R²) de 0.9516 para la característica de aceptabilidad general, según el análisis realizado con el software Design Expert v.7.0. Además, el R² previsto, con un valor de 0.7386, indica un ajuste satisfactorio, considerando que el modelo explica aproximadamente el 3.85% de la variabilidad observada en los datos. Asimismo, se destaca la coherencia entre el R² previsto (0.7386) y el R² ajustado (0.9102), lo que respalda la fiabilidad del modelo y su capacidad predictiva en la evaluación de la aceptabilidad general del producto.

A continuación, se presenta la ecuación matemática que describe el modelo numérico, utilizado para optimizar la aceptabilidad general de los cupcakes. Es fundamental que los niveles de cada variable se expresen en sus unidades de medida originales para garantizar precisión en la interpretación de los resultados. No obstante, es importante señalar que esta ecuación no permite evaluar el impacto relativo de cada factor, ya que los coeficientes se ajustan según las unidades de cada variable, y la intersección del diseño experimental no se encuentra en el centro del espacio de diseño.

$$\begin{aligned}
 \text{Aceptabilidad General} &= \\
 8.17702 & * \text{Harina de Trigo} \\
 15.63563 & * \text{Harina de Hongo}
 \end{aligned}$$

- 11.6736 * Harina de Cañihua
- 25.07448 * Harina de Trigo * Harina de Hongo
- 12.2488 * Harina de Trigo * Harina de Cañihua
- 526.72657 * Harina de Hongo * Harina de Cañihua
- 823.19347 * Harina de Trigo * Harina de Hongo * Harina de Cañihua

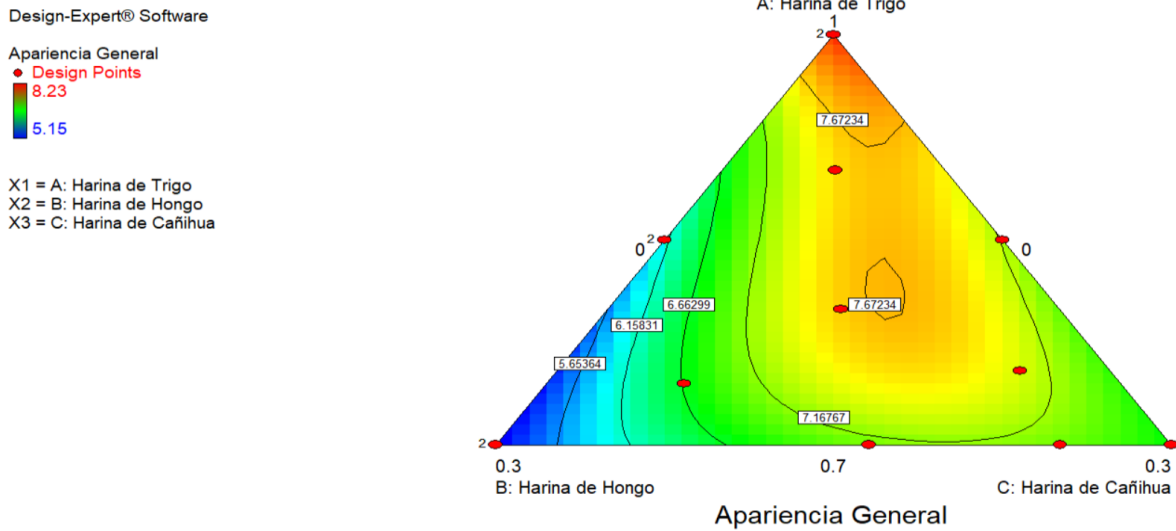


Figura 16. Superficie de contorno de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo aceptabilidad general.

En la Figura 16, se presenta el gráfico de contorno que muestra la relación entre la aceptabilidad general y la combinación de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en la formulación de cupcakes. Se evidencia que la zona resaltada en rojo representa la mayor aceptación global, alcanzando una puntuación de 8.23, correspondiente a la Formulación 5, compuesta por 600 g de harina de trigo (100%), sin incorporación de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%). En contraste, la región azul indica la menor valoración en aceptabilidad general, con una puntuación de 5.15, asociada a la Formulación 11, que contenía 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y sin adición de harina de cañihua (0%). Por otro lado, la zona verde refleja una aceptabilidad moderada, correspondiente a la Formulación 7, que incluía 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de cañihua (30%) y sin presencia de harina de hongo comestible (0%).

Design-Expert® Software

Apariencia General

8.23

5.15

X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

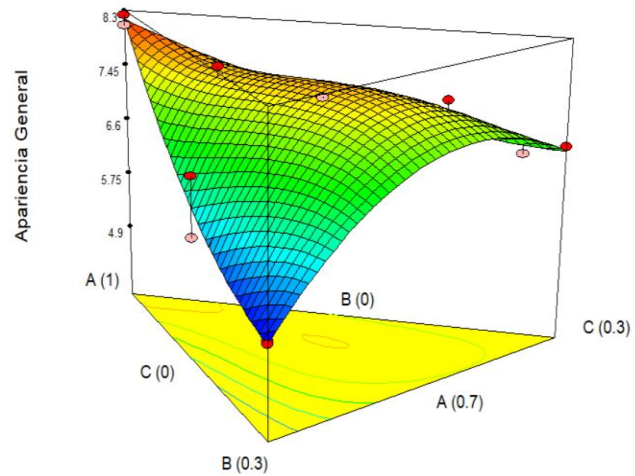


Figura 17. Superficie de respuesta de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo aceptabilidad general

En la Figura 17, se presenta el gráfico de superficie de respuesta que representa la aceptabilidad general en cupcakes elaborados con distintas combinaciones de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible. Este modelo tridimensional exhibe una variación en tonalidades, donde el color rojo indica los niveles más altos de aceptación, el verde señala una evaluación intermedia y el azul representa las puntuaciones más bajas. A partir del análisis de esta representación, se determinó que la Formulación N° 5 obtuvo la mayor puntuación en aceptabilidad general, con una composición de 600 g de harina de trigo (100%), sin incorporación de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%). En contraste, la valoración más baja correspondió a la Formulación N° 11, compuesta por 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y sin presencia de harina de cañihua (0%).

3.1.3. Evaluación fisicoquímica de las formulaciones de cupcakes elaborados a base de Harina de hongo comestible y harina de cañihua

3.1.3.1. Humedad

Tabla 27. Ajuste del diseño de mezclas de cupcakes al modelo para el atributo Humedad

Modelo	Dev. Std.	R - cuadrado	R - cuadrado ajustado	R - cuadrado predicho	Error	
Linear	0.650	0.915	0.900	0.851	8.220	
Quadratic	0.240	0.992	0.987	0.972	1.530	Seleccionado
Special Cubic	0.240	0.993	0.986	0.965	1.920	
Cubic	0.260	0.995	0.984	0.699	16.550	

En la tabla 27 se observa al modelo cuadrático como seleccionado debido a que tiene mayor coeficiente de correlación ($R^2 = 0.992$) cercano a 1, es decir, los datos de la variable Humedad se ajustan más al comportamiento de una función polinomial de grado 2.

Tabla 28. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Humedad

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F	
Model	54.61	5.00	10.92	192.60	< 0.0001	significativo
Linear Mixture	50.38	2.00	25.19	444.23	< 0.0001	
AB	2.30	1.00	2.30	40.48	0.0002	
AC	0.01	1.00	0.01	0.20	0.6646	
BC	1.85	1.00	1.85	32.61	0.0004	
Residual	0.45	8.00	0.06			
Cor Total	55.06	13.00				

En la Tabla 28, se presenta el análisis de variabilidad correspondiente a la característica de humedad. El valor F del modelo, que alcanza 192.60, sugiere que el modelo es estadísticamente significativo, con una probabilidad de solo 0.05% de que este resultado carezca de relevancia y sea producto de otros factores. Esta conclusión se

fundamenta en el hecho de que el p-valor es menor a 0.05, lo que respalda la validez del modelo. Asimismo, los valores de "Prob > F" inferiores a 0.0500 confirman que los términos evaluados tienen importancia estadística. En este caso, los componentes de la mezcla lineal AB y BC fueron identificados como variables clave en la determinación del contenido de humedad. En contraste, la combinación AC no presentó un impacto significativo en el modelo.

Tabla 29. Coeficientes estadísticos para el atributo Humedad

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.24	R-cuadrado	0.9918
Mean	27.44	R ² -ajustada	0.9866
C.V. %	0.87	R ² - previsto	0.9723
PRESS	1.53	Predicción adecuada	40.628

En la Tabla 29, se observa un ajuste adecuado de los datos al modelo, evidenciado por un coeficiente de correlación (R²) de 0.9516 para la característica de humedad, según el análisis realizado con el software Design Expert v.7.0. Además, el R² previsto, con un valor de 0.9723, indica un ajuste satisfactorio, considerando que el modelo explica aproximadamente el 0.87% de la variabilidad observada en los datos. Asimismo, se destaca la coherencia entre el R² previsto (0.9723) y el R² ajustado (0.986), lo que respalda la confiabilidad del modelo y su capacidad predictiva en la evaluación del contenido de humedad en los cupcakes.

A continuación, se presenta la ecuación matemática que describe el modelo numérico, utilizado para optimizar la humedad de los cupcakes. Es fundamental que los niveles de cada variable se expresen en sus unidades de medida originales para garantizar precisión en la interpretación de los resultados. No obstante, es importante señalar que esta ecuación no permite evaluar el impacto relativo de cada factor, ya que los coeficientes se ajustan según las unidades de cada variable, y la intersección del diseño experimental no se encuentra en el centro del espacio de diseño.

$$\begin{aligned}
 \text{Humedad} &= \\
 24.34487 & * \text{Harina de Trigo} \\
 84.48146 & * \text{Harina de Hongo} \\
 44.0043 & * \text{Harina de Cañihua}
 \end{aligned}$$

- 55.74986 * Harina de Trigo * Harina de Hongo
- 4.67264 * Harina de Trigo * Harina de Cañihua
- 62.65676 * Harina de Hongo * Harina de Cañihua

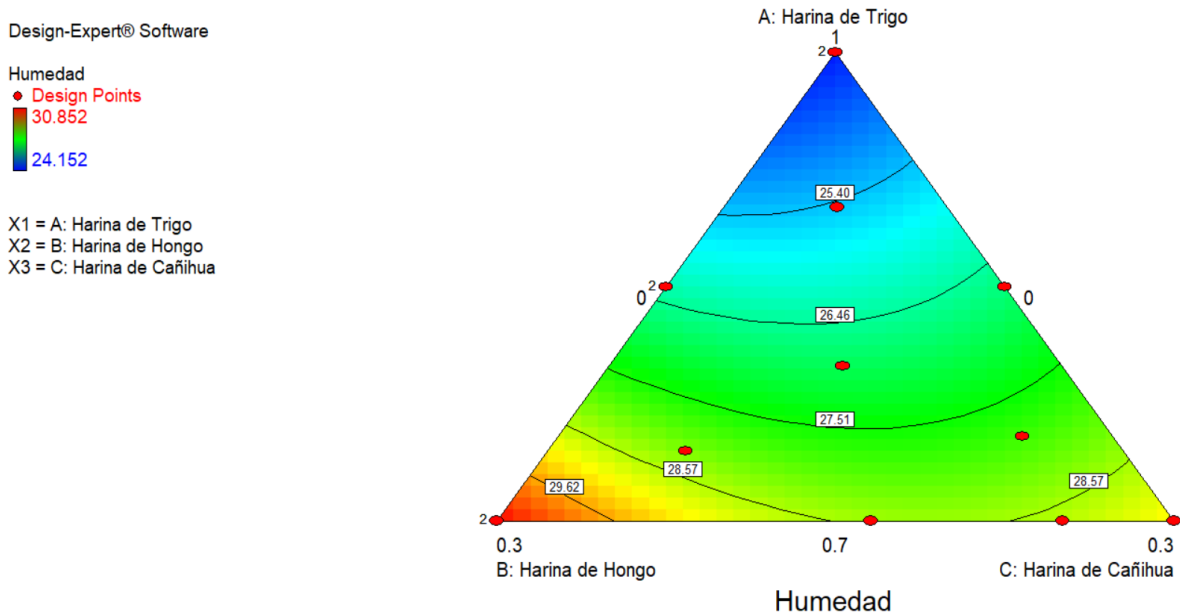


Figura 18. Superficie de contorno de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo Humedad.

En la Figura 18, se presenta el gráfico de contorno, el cual muestra la relación entre la humedad y la combinación de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en la formulación de cupcakes. Se observa que la zona resaltada en rojo corresponde a la mayor retención de humedad, alcanzando una puntuación de 30.55, asociada a la Formulación 11, que incluye 420 g de harina de trigo (70%), sin presencia de harina de cañihua (0%), y 180 g de harina de hongo comestible (30%). En contraste, la región azul representa la menor cantidad de humedad, con un valor de 24.15, correspondiente a la Formulación 5, compuesta exclusivamente por 600 g de harina de trigo (100%), sin incorporación de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%). Por otro lado, la zona verde refleja un nivel intermedio de humedad, correspondiente a la Formulación 10, la cual se elaboró con 479.6 g de harina de trigo (79.9%), 58.2 g de harina de hongo comestible (9.7%) y 62.1 g de harina de cañihua (10.4%).

Design-Expert® Software

Humedad

30.852

24.152

X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

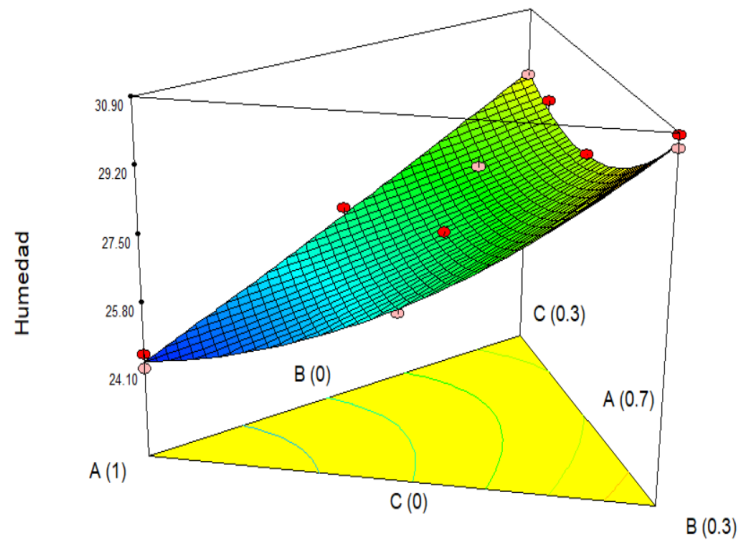


Figura 19. Superficie de respuesta de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo Humedad

En la Figura 19, se presenta el gráfico de superficie de respuesta, el cual ilustra la variación en los niveles de humedad en cupcakes formulados con diferentes proporciones de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible. Este modelo tridimensional exhibe una gama de tonalidades, donde el color rojo representa los valores más altos de retención de humedad, el verde indica una clasificación intermedia y el azul señala los niveles más bajos.

A partir de esta representación, se determinó que la Formulación N° 11 obtuvo la mayor puntuación en humedad, con una composición de 420 g de harina de trigo (70%), sin adición de harina de cañihua (0%) y 180 g de harina de hongo comestible (30%). En contraste, la puntuación más baja correspondió a la Formulación N° 5, que contenía 600 g de harina de trigo (100%), sin incorporación de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%).

3.1.3.2. Acidez

Tabla 30. Ajuste del diseño de mezclas al modelo para el atributo Acidez

Modelo	Dev. Std.	R - cuadrado	R - cuadrado ajustado	R - cuadrado predicho	Error	
Linear	0.014	0.983	0.980	0.972	0.003	Seleccionado
Quadratic	0.013	0.988	0.981	0.956	0.005	
Special Cubic	0.013	0.990	0.982	0.916	0.010	
Cubic	0.007	0.998	0.994	0.993	0.001	

En la tabla 30 se observa al modelo lineal como seleccionado debido a que tiene mayor coeficiente de correlación ($R^2 = 0.983$) cercano a 1, es decir, los datos de la variable aceptabilidad general se ajustan más al comportamiento de una función lineal.

Tabla 31. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Acidez

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F	
Model	0.12	2.00	0.06	311.14	< 0.0001	significativo
Linear Mixture	0.12	2.00	0.06	311.14	< 0.0001	
Residual	0.00	11.00	0.00			
Cor Total	0.12	13.00				

En la Tabla 31, se presenta el análisis de variabilidad correspondiente a la característica de acidez. El valor F del modelo, que alcanza 311.14, indica que el modelo es estadísticamente significativo, con una probabilidad del 0.05% de que este resultado sea atribuible a otros factores no contemplados en el análisis. Esta conclusión se respalda en el hecho de que el p-valor es menor a 0.05, lo que confirma la validez del modelo.

Asimismo, los valores de "Prob > F" inferiores a 0.0500 evidencian que los términos evaluados poseen relevancia estadística, destacándose los componentes de la mezcla lineal como factores determinantes en la variación de la acidez.

Tabla 32. Coeficientes estadísticos para el atributo Acidez

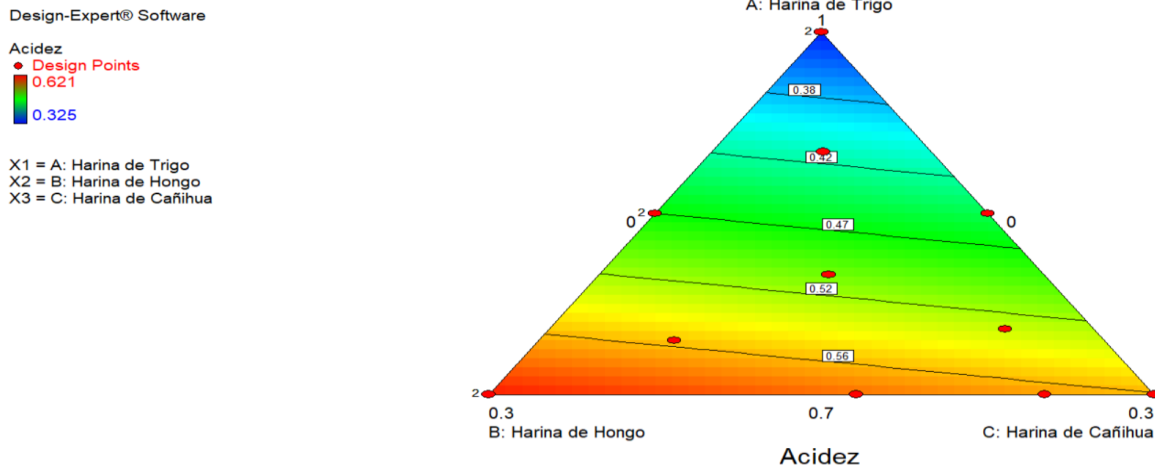
Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.014	R-cuadrado	0.9826
Mean	0.5	R ² -ajustada	0.9795
C.V. %	2.73	R ² - previsto	0.9724
PRESS	3.26E-03	Predicción adecuada	44.568

En la Tabla 32, se muestra un ajuste adecuado de los datos al modelo, evidenciado por un coeficiente de correlación (R²) de 0.9826 para la característica de acidez, según los datos obtenidos a través del software Design Expert v.7.0. Además, el R² previsto de 0.9724 refleja un ajuste satisfactorio, considerando que el modelo explica aproximadamente el 2.73% de la variabilidad observada en los datos. Asimismo, la consistencia entre el R² previsto (0.9724) y el R² ajustado (0.979) respalda la confiabilidad del modelo y su capacidad predictiva en la evaluación de la acidez en los cupcakes.

A continuación, se presenta la ecuación matemática que describe el modelo numérico, utilizado para optimizar la acidez de los cupcakes. Es fundamental que los niveles de cada variable se expresen en sus unidades de medida originales para garantizar precisión en la interpretación de los resultados. No obstante, es importante señalar que esta ecuación no permite evaluar el impacto relativo de cada factor, ya que los coeficientes se ajustan según las unidades de cada variable, y la intersección del diseño experimental no se encuentra en el centro del espacio de diseño.

Acidez =

- 0.32885 * Harina de Trigo
- 1.26742 * Harina de Hongo
- 1.11456 * Harina de Cañihua



2
1
Figura 20. Superficie de contorno de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo acidez

2
2
2
14
2
En la Figura 20, se presenta el gráfico de contorno que representa la relación entre la acidez y la combinación de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en la formulación de cupcakes. Se observa que la zona resaltada en rojo corresponde a la mayor acidez, con un valor de 0.619, asociado a la Formulación 11, que incluye 420 g de harina de trigo (70%), sin presencia de harina de cañihua (0%), y 180 g de harina de hongo comestible (30%). En contraste, la región azul representa la menor acidez, con una puntuación de 0.325, correspondiente a la Formulación 1, la cual contiene 600 g de harina de trigo (100%), sin adición de harina de hongo comestible (0%) ni harina de cañihua (0%). Por otro lado, la zona verde indica un nivel intermedio de acidez, correspondiente a la Formulación 10, elaborada con 479.6 g de harina de trigo (79.9%), 58.2 g de harina de hongo comestible (9.7%) y 62.1 g de harina de cañihua (10.4%).

Design-Expert® Software

Acidez
0.621
0.325

X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

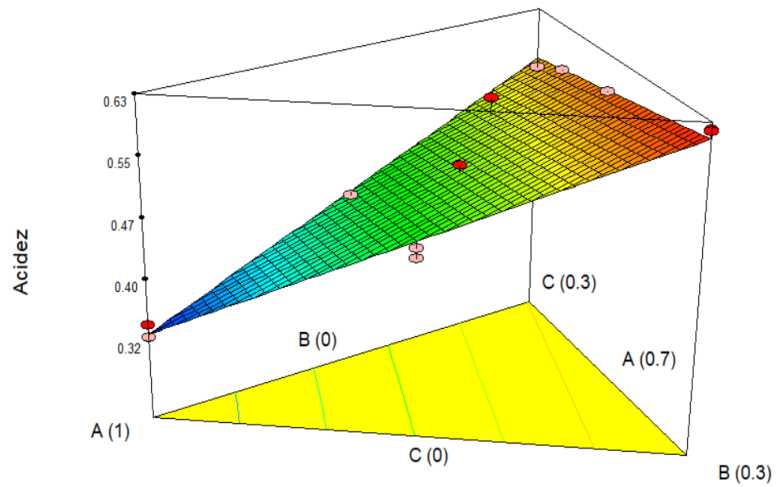


Figura 21. Superficie de respuesta de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo acidez

En la Figura 21, se presenta el gráfico de superficie de respuesta, que ilustra la variación en los niveles de acidez en cupcakes formulados con diferentes proporciones de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible. Este modelo tridimensional exhibe una gama de tonalidades, donde el color rojo representa los valores más altos de acidez, el verde indica una clasificación intermedia y el azul señala los niveles más bajos. A partir de esta representación, se determinó que la Formulación N° 11 obtuvo la mayor puntuación en acidez, con una composición de 420 g de harina de trigo (70%), sin adición de harina de cañihua (0%) y 180 g de harina de hongo comestible (30%). En contraste, la puntuación más baja correspondió a la Formulación N° 1, que contenía 600 g de harina de trigo (100%), sin incorporación de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%).

3.1.3.3. Textura

Tabla 33. Ajuste del diseño de mezclas al modelo para el atributo textura

Modelo	Dev. Std.	R - cuadrado	R - cuadrado ajustado	R - cuadrado predicho	Error	
Linear	2.700	0.943	0.932	0.908	128.780	Seleccionado
Quadratic	2.120	0.974	0.958	0.916	118.420	
Special Cubic	1.940	0.981	0.965	0.891	152.420	
Cubic	1.470	0.994	0.980	0.450	771.760	

En la tabla 33 se observa al modelo lineal como seleccionado debido a que tiene mayor coeficiente de correlación ($R^2 = 0.943$) cercano a 1, es decir, los datos de la variable aceptabilidad general se ajustan más al comportamiento de una función lineal.

Tabla 34. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo Textura

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F	
Model	1322.90	2.00	661.45	90.48	< 0.0001	significativo
Linear Mixture	1322.90	2.00	661.45	90.48	< 0.0001	
Residual	80.42	11.00	7.31			
Cor Total	1403.31	13.00				

En la Tabla 34, se presenta el análisis de variabilidad correspondiente a la característica de textura. El valor F del modelo, que alcanza 90.48, sugiere que el modelo es estadísticamente significativo, con solo un 0.05% de probabilidad de que este resultado carezca de relevancia y se deba a otros factores no contemplados en el estudio. Esta conclusión se fundamenta en el hecho de que el p-valor es menor a 0.05, lo que confirma la validez del modelo. Asimismo, los valores de "Prob > F" inferiores a 0.0500 indican que los términos analizados poseen importancia estadística, destacándose los componentes de la mezcla lineal como elementos determinantes en la variabilidad de la textura.

Tabla 35. Coeficientes estadísticos para el atributo Textura

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	2.7	R-cuadrado	0.9427
Mean	46.76	R ² -ajustada	0.9323
C.V. %	5.78	R ² - previsto	0.9082
PRESS	128.78	Predicción adecuada	24.25

En la Tabla 35, se observa un ajuste adecuado de los datos al modelo, evidenciado por un coeficiente de correlación (R²) de 0.9427 para la característica de textura, según los datos obtenidos a través del software Design Expert v.7.0. Además, el R² previsto de 0.9082 refleja un ajuste satisfactorio, considerando que el modelo explica aproximadamente el 5.78% de la variabilidad observada en los datos. Asimismo, la coherencia entre el R² previsto (0.9082) y el R² ajustado (0.9323) respalda la confiabilidad del modelo y su capacidad predictiva en la evaluación de la textura de los cupcakes. A continuación, se presenta la ecuación matemática que describe el modelo numérico, utilizado para optimizar la textura de los cupcakes. Es fundamental que los niveles de cada variable se expresen en sus unidades de medida originales para garantizar precisión en la interpretación de los resultados. No obstante, es importante señalar que esta ecuación no permite evaluar el impacto relativo de cada factor, ya que los coeficientes se ajustan según las unidades de cada variable, y la intersección del diseño experimental no se encuentra en el centro del espacio de diseño.

Textura (mJ) =
 28.60626 * Harina de Trigo
 129.77948 * Harina de Hongo
 111.00311 * Harina de Cañihua

Design-Expert® Software

Textura (mJ)

● Design Points

62.495

30.495

X1 = A: Harina de Trigo

X2 = B: Harina de Hongo

X3 = C: Harina de Cañihua

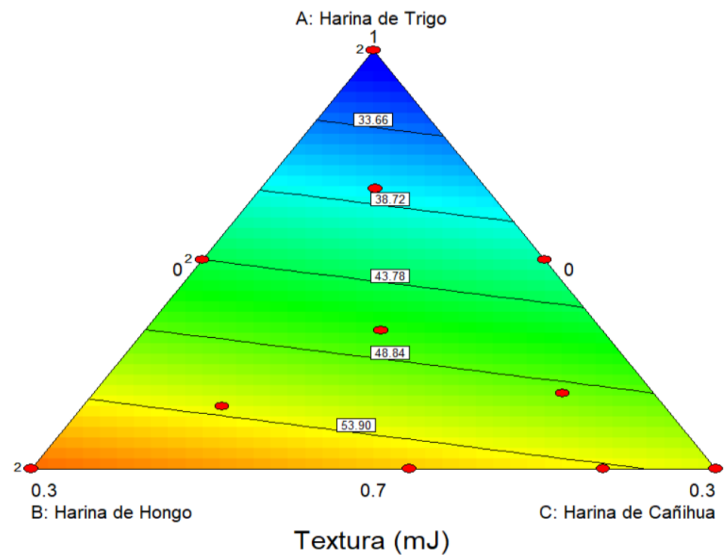


Figura 22. Superficie de contorno de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo textura

En la Figura 22, se presenta el gráfico de contorno, el cual ilustra la relación entre la textura y la combinación de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en la formulación de cupcakes. Se observa que la zona resaltada en rojo representa la mayor firmeza en la textura, con un puntaje de 62.49, correspondiente a la Formulación 11, que incluye 420 g de harina de trigo (100%), sin incorporación de harina de cañihua (0%), y 180 g de harina de hongo comestible (0%). Por el contrario, la región azul denota la menor textura, con un valor de 30.5, vinculado a la Formulación 5, la cual está compuesta exclusivamente por 600 g de harina de trigo (100%), sin adición de harina de hongo comestible (0%) ni harina de cañihua (0%). Asimismo, la zona verde refleja un nivel intermedio de textura, correspondiente a la Formulación 10, que contiene 479.6 g de harina de trigo (79.9%), 58.2 g de harina de hongo comestible (9.7%) y 62.1 g de harina de cañihua (10.4%).

Design-Expert® Software

Textura (mJ)



X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

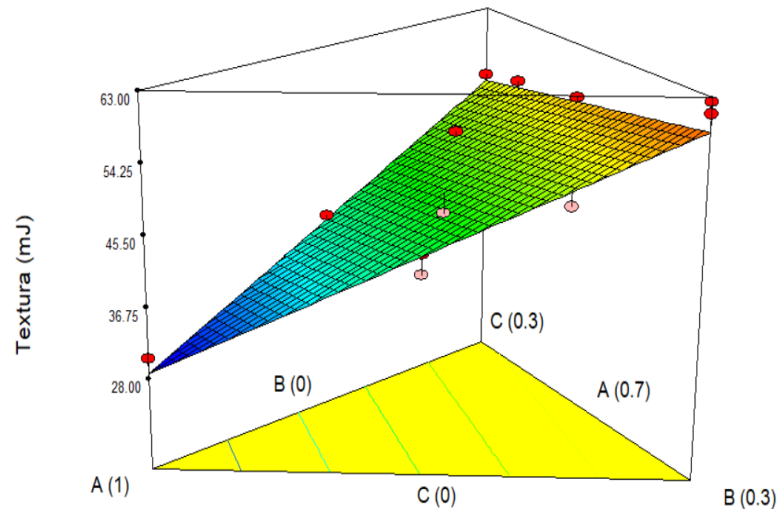


Figura 23. Superficie de respuesta de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo textura

En la Figura 23, se muestra el gráfico de superficie de respuesta, el cual representa la variabilidad en la textura de los cupcakes formulados con distintas proporciones de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible. Este modelo tridimensional exhibe una gama de tonalidades, donde el color rojo señala los valores más altos de textura, el verde indica niveles intermedios y el azul representa las puntuaciones más bajas. A partir de esta representación, se determinó que la Formulación N° 11 obtuvo la mayor puntuación en textura, con una composición de 420 g de harina de trigo (100%), sin adición de harina de cañihua (0%) y 180 g de harina de hongo comestible (0%). En contraste, la puntuación más baja correspondió a la Formulación N° 5, la cual estaba compuesta únicamente por 600 g de harina de trigo (100%), sin incorporación de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%).

3.1.3.4. Volumen Específico

Tabla 36. Ajuste del diseño de mezclas al modelo para el atributo volumen específico

Modelo	Dev. Std.	R - cuadrado	R - cuadrado ajustado	R - cuadrado predicho	Error	
Linear	0.033	0.947	0.937	0.927	0.017	Seleccionado
Quadratic	0.039	0.948	0.916	0.886	0.026	
Special Cubic	0.041	0.948	0.904	0.792	0.048	
Cubic	0.045	0.964	0.884	-3.912	1.140	

En la tabla 36 se observa al modelo lineal como seleccionado debido a que tiene mayor coeficiente de correlación ($R^2 = 0.947$) cercano a 1, es decir, los datos de la variable volumen específico se ajustan más al comportamiento de una función lineal.

Tabla 37. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo volumen específico

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F	
Model	0.22	2.00	0.11	98.16	< 0.0001	significativo
Linear Mixture	0.22	2.00	0.11	98.16	< 0.0001	
Residual	0.01	11.00	0.00			
Cor Total	0.23	13.00				

En la Tabla 37, se presenta el análisis de variabilidad para la característica de volumen específico. El valor F del modelo, que alcanza 98.16, indica que el modelo es estadísticamente significativo, con solo un 0.05% de probabilidad de que este resultado carezca de relevancia y se deba a otros factores externos. Esta conclusión se fundamenta en el hecho de que el p-valor es menor a 0.05, lo que valida la fiabilidad del modelo. Asimismo, los valores de "Prob > F" menores a 0.0500 confirman que los términos analizados poseen significancia estadística, destacándose los componentes de la mezcla lineal como factores determinantes en la variabilidad del volumen específico.

Tabla 38. Coeficientes estadísticos para el atributo Volumen específico

Coeficiente	Valor	Coeficiente	Valor
Std. Dev.	0.033	R-cuadrado	0.9469
Mean	2.43	R ² -ajustada	0.9373
C.V. %	1.38	R ² - previsto	0.9271
PRESS	0.017	Predicción adecuada	24.875

En la Tabla 38, se observa un ajuste adecuado de los datos al modelo, reflejado en un coeficiente de correlación (R²) de 0.9469 para la característica de volumen específico, según la información recopilada mediante el software Design Expert v.7.0. Además, el R² previsto de 0.9271 indica un ajuste satisfactorio, considerando que el modelo explica aproximadamente 1.38% de la variabilidad en los datos. La coherencia entre el R² previsto (0.9271) y el R² ajustado (0.9373) respalda la solidez del modelo y su capacidad predictiva.

A continuación, se presenta la ecuación matemática que describe el modelo numérico empleado para optimizar el volumen específico de los cupcakes. Es fundamental que los niveles de cada variable se expresen en sus unidades de medida originales para garantizar precisión en la interpretación de los resultados. No obstante, es importante señalar que esta ecuación no permite evaluar el impacto relativo de cada factor, ya que los coeficientes se ajustan según las unidades de cada variable, y la intersección del diseño experimental no se encuentra en el centro del espacio de diseño.

Volumen Específico =

2.6627 * Harina de Trigo

1.37974 * Harina de Hongo

1.56881 * Harina de Cañihua

Design-Expert® Software

Volumen Especifico

● Design Points
2.684

2.265

X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

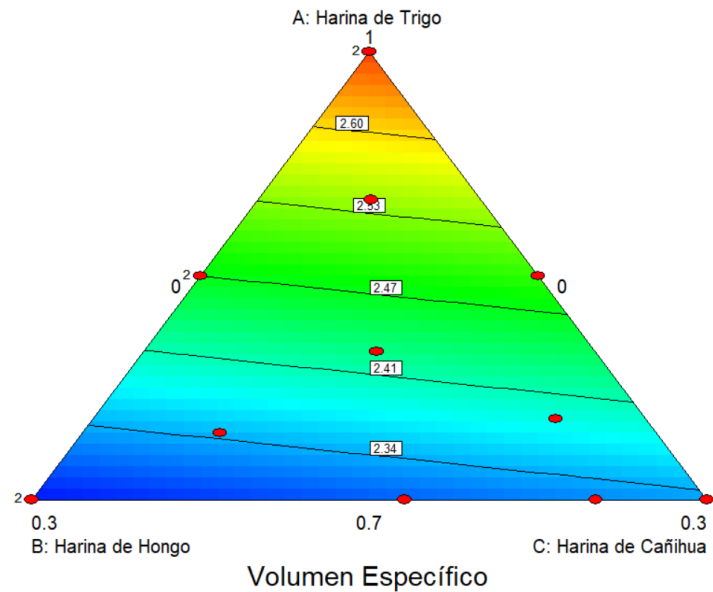


Figura 24. Superficie de contorno de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo volumen específico

En la Figura 24, se presenta el gráfico de contorno que representa la variación del volumen específico en función de la combinación de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en la formulación de cupcakes. Se observa que la zona destacada en rojo corresponde al mayor volumen específico, con un valor de 2.68, asociado a la Formulación 5, que contiene 600 g de harina de trigo (100%), sin incorporación de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%). En contraste, la zona azul representa el volumen específico más bajo, con un puntaje de 5.15, correspondiente a la Formulación 11, que incluye 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y 0 g de harina de cañihua (0%). Por otro lado, la zona verde indica un volumen específico intermedio, vinculado a la Formulación 10, la cual está compuesta por 479.6 g de harina de trigo (79.9%), 58.2 g de harina de hongo comestible (9.7%) y 62.1 g de harina de cañihua (10.4%).

Design-Expert® Software

Volumen Específico



X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

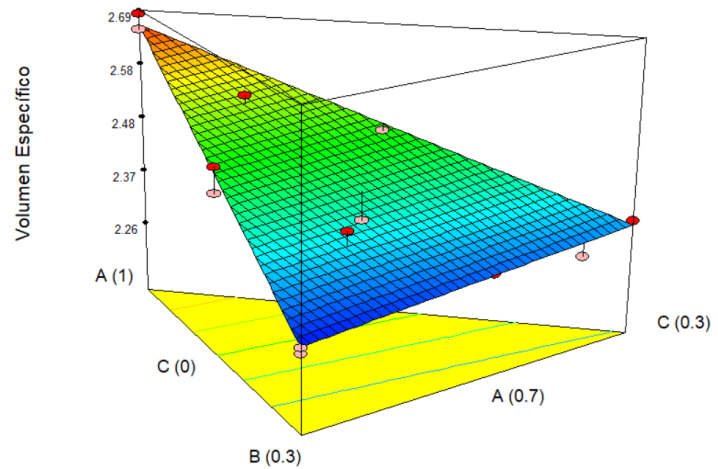


Figura 25. Superficie de respuesta de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo volumen específico

En la Figura 25, se presenta el gráfico de superficie de respuesta que ilustra la variación del volumen específico en cupcakes formulados con diferentes proporciones de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible. Este modelo tridimensional exhibe tonalidades diferenciadas, donde el color rojo representa los valores más altos de volumen específico, el verde indica valores intermedios y el azul señala los niveles más bajos. A partir de esta representación, se determinó que la Formulación N° 5 alcanzó la mayor puntuación en volumen específico, compuesta por 600 g de harina de trigo (100%), sin adición de harina de cañihua (0%) ni harina de hongo comestible (0%). En contraste, la puntuación más baja correspondió a la Formulación N° 11, que contenía 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y 0 g de harina de cañihua (0%).

3.1.3.5. Color de Corteza

Se analizaron tres parámetros de colorimetría: Luminosidad, Cromaticidad y Angulo de tonalidad, en la corteza de los Cupcakes, tal como se muestra en la siguiente tabla 39.

Tabla 39. Parámetros de colorimetría: Luminosidad, Cromaticidad y Angulo

Formulación	Harina de trigo (%)	Harina de hongo comestible (%)	Harina de cañihua (%)	Color de la Corteza			
				L	a*	b*	Cromaticidad
F1	100,0%	0,0%	0,0%	80,21	8,48	48,23	48,964
F2	85,0%	15,0%	0,0%	59,56	13,96	27,89	31,186
F3	70,0%	4,9%	25,1%	46,70	18,46	30,35	35,520
F4	74,5%	19,4%	6,1%	45,97	15,78	29,75	33,672
F5	100,0%	0,0%	0,0%	80,89	8,99	49,45	50,261
F6	85,0%	0,0%	15,0%	62,25	7,51	18,31	19,791
F7	70,0%	0,0%	30,0%	42,65	16,93	24,69	29,937
F8	70,0%	30,0%	0,0%	45,80	10,28	5,59	11,697
F9	85,0%	15,0%	0,0%	61,38	14,68	25,59	29,506
F10	79,9%	9,7%	10,4%	52,41	15,27	23,22	27,793
F11	70,0%	30,0%	0,0%	38,54	9,92	7,09	12,192
F12	75,4%	4,0%	20,6%	48,14	16,06	28,31	32,543
F13	90,1%	4,9%	5,0%	68,25	9,83	23,66	25,618
F14	70,0%	13,4%	16,6%	42,57	13,84	18,82	23,363

Formulación	Harina de trigo (%)	Harina de hongo comestible (%)	Harina de cañihua (%)	Color de la Corteza				
				ΔL	Δa^*	Δb^*	Croma ticidad	Angulo de tonalidad
F1	100.0%	0.0%	0.0%	80.21	8.48	48.23	48.964	1.40
F2	85.0%	15.0%	0.0%	59.56	13.96	27.89	31.186	1.11
F3	70.0%	4.9%	25.1%	46.70	18.46	30.35	35.520	1.02
F4	74.5%	19.4%	6.1%	45.97	15.78	29.75	33.672	1.08
F5	100.0%	0.0%	0.0%	80.89	8.99	49.45	50.261	1.39
F6	85.0%	0.0%	15.0%	62.25	7.51	18.31	19.791	1.18
F7	70.0%	0.0%	30.0%	42.65	16.93	24.69	29.937	0.97

F8	70.0%	30.0%	0.0%	45.80	10.28	5.59	11.697	0.50
F9	85.0%	15.0%	0.0%	61.38	14.68	25.59	29.506	1.05
F10	79.9%	9.7%	10.4%	52.41	15.27	23.22	27.793	0.99
F11	70.0%	30.0%	0.0%	38.54	9.92	7.09	12.192	0.62
F12	75.4%	4.0%	20.6%	48.14	16.06	28.31	32.543	1.05
F13	90.1%	4.9%	5.0%	68.25	9.83	23.66	25.618	1.18
F14	70.0%	13.4%	16.6%	42.57	13.84	18.82	23.363	0.94

Tabla 40. Ajuste del diseño de mezclas al modelo para el atributo color de corteza

Parámetro de color de corteza	Modelo	Dev. Std.	R - cuadrado	R - cuadrado ajustado	R - cuadrado predicho	Error
Luminosidad	Linear	2.250	0.977	0.973	0.957	106.700
	Quadratic	2.510	0.980	0.967	0.921	194.600
	Special Cubic	2.480	0.983	0.968	0.927	179.780
	Cubic	2.710	0.988	0.961	0.880	295.920
Cromaticidad	Linear	8.010	0.571	0.492	0.342	1080.110
	Quadratic	5.750	0.839	0.739	0.501	818.830
	Special Cubic	5.680	0.862	0.744	0.271	1196.750
	Cubic	3.110	0.976	0.923	-2.883	6376.680
Angulo de tonalidad	Linear	0.098	0.864	0.840	0.776	0.180
	Quadratic	0.084	0.928	0.883	0.820	0.140
	Special Cubic	0.089	0.930	0.870	0.652	0.270
	Cubic	0.079	0.968	0.895	-2.640	2.850

En la tabla 40 se observa al modelo lineal como seleccionado debido a que tiene mayor coeficiente de correlación ($R^2 = 0.977$ y 0.864) cercano a 1, es decir, los datos de la variable luminosidad y ángulo de tonalidad se ajustan más al comportamiento de una función lineal. Por otro lado, la cromaticidad, se ajusta a un modelo cuadrático ($R^2 = 0.839$).

25

Tabla 41. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo color de corteza

Parámetro de color de corteza	Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F
Luminosidad	Model	12.03	6.00	2.00	22.95	0.0003
	Linear Mixture	9.26	2.00	4.63	53.01	< 0.0001
	Residual	0.61	7	0.087		
	Cor Total	12.64	13.00			
Cromaticidad	Model	1603.39	9.00	178.15	18.37	0.0065
	Linear Mixture	936.80	2.00	468.40	48.29	0.0016
	AB	0.09	1.00	0.09	0.01	0.9292
	AC	282.13	1.00	282.13	29.09	0.0057
	BC	0.22	1.00	0.22	0.02	0.8866
	ABC	56.86	1.00	56.86	5.86	0.0727
	AB(A-B)	78.16	1	78.16	8.06	0.0469
	AC(A-C)	0.43	1	0.43	0.044	0.8433
	BC(B-C)	20.3	1	20.3	2.09	0.2216
	Residual	38.8	4	9.7		
	Cor Total	1642.18	13.00			
Angulo de tonalidad	Model	0.68	2.00	0.34	35.03	< 0.0001
	Linear Mixture	0.68	2.00	0.34	35.03	< 0.0001
	Residual	0.11	11.00	0.01		
	Cor Total	0.78	13.00			

En la Tabla 41, se presenta el análisis de variabilidad correspondiente a las características de luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad. Los valores F del modelo, que alcanzan 22.95, 18.37 y 35.03 respectivamente, indican que el modelo posee relevancia estadística, con solo un 0.05% de probabilidad de que estos valores carezcan de significado y sean producto de otros factores. Esta conclusión se sustenta en el hecho de que el p-valor es menor a 0.05, lo que confirma la validez del modelo. Asimismo, los valores de "Prob > F" menores a 0.0500 reflejan la significancia estadística de los términos del modelo. En este sentido, para las variables de luminosidad y ángulo de tonalidad, los componentes de la mezcla lineal demostraron ser significativos, mientras que en el caso de la cromaticidad, los términos relevantes fueron los parámetros BC y AB (A-B).

Tabla 41. Coeficientes estadísticos para el atributo Aceptabilidad general

Parámetro de color de corteza	Coefficiente	Valor	Coefficiente	Valor
Luminosidad	Std. Dev.	2.25	R-cuadrado	0.9773
	Mean	55.38	R ² -ajustada	0.9732
	C.V. %	4.06	R ² - previsto	0.9566
	PRESS	106.7	Predicción adecuada	37.151
Cromaticidad	Std. Dev.	3.11	R-cuadrado	0.9764
	Mean	29.43	R ² -ajustada	0.9232
	C.V. %	10.58	R ² - previsto	-2.883
	PRESS	6376.68	Predicción adecuada	14.311
Angulo de tonalidad	Std. Dev.	0.098	R-cuadrado	0.8643
	Mean	1.03	R ² -ajustada	0.8396
	C.V. %	9.5	R ² - previsto	0.7759
	PRESS	0.18	Predicción adecuada	16.207

En la Tabla 42, se observa un ajuste adecuado de los datos al modelo, con un coeficiente de correlación (R²) de 0.978, 0.976 y 0.864 para las características de luminosidad,

cromaticidad y ángulo de tonalidad, respectivamente, de acuerdo con la información recopilada mediante el software DesignExpert v.7.0. Se obtuvo un R^2 previsto de 0.9566 para la luminosidad y 0.7759 para el ángulo de tonalidad, lo que se considera satisfactorio, dado que estos modelos explican aproximadamente el 4.06% y el 9.5% de la variabilidad, respectivamente.

No obstante, se reportó un R^2 negativo (-2.883) en cromaticidad, lo que indica que no existe un buen ajuste entre los datos observados y proyectados. En la ecuación que se presenta a continuación, se detalla el modelo matemático utilizado para determinar los valores óptimos de luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad en los cupcakes. Es crucial que los niveles se expresen en sus unidades originales específicas para cada factor evaluado. Sin embargo, es relevante señalar que esta ecuación no es adecuada para analizar el impacto relativo de cada factor, ya que los coeficientes se ajustan a sus respectivas unidades, y la intersección no se encuentra en el centro del espacio de diseño.

Luminosidad Corteza =

80.05472	* Harina de Trigo
-48.96626	* Harina de Hongo
-41.62021	* Harina de Cañihua

Cromaticidad Corteza =

49.81874	* Harina de Trigo
-9842.33004	* Harina de Hongo
54.58363	* Harina de Cañihua
17237.81997	* Harina de Trigo * Harina de Hongo
85.39673	* Harina de Trigo * Harina de Cañihua
-340.57389	* Harina de Hongo * Harina de Cañihua
9197.02893	* Harina de Trigo * Harina de Hongo * Harina de Cañihua
-8213.8815	* Harina de Trigo * Harina de Hongo * (Harina de Trigo-Harina de Hongo)
-457.12412	* Harina de Trigo * Harina de Cañihua * (Harina de Trigo-Harina de Cañihua)
-2576.15385	* Harina de Hongo * Harina de Cañihua * (Harina de Hongo-Harina de Cañihua)

Cañihua)

Angulo de tonalidad Corteza =

1.40101 * Harina de Trigo

-1.05746 * Harina de Hongo

0.20775 * Harina de Cañihua

Design-Expert® Software

Luminosidad Corteza



X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

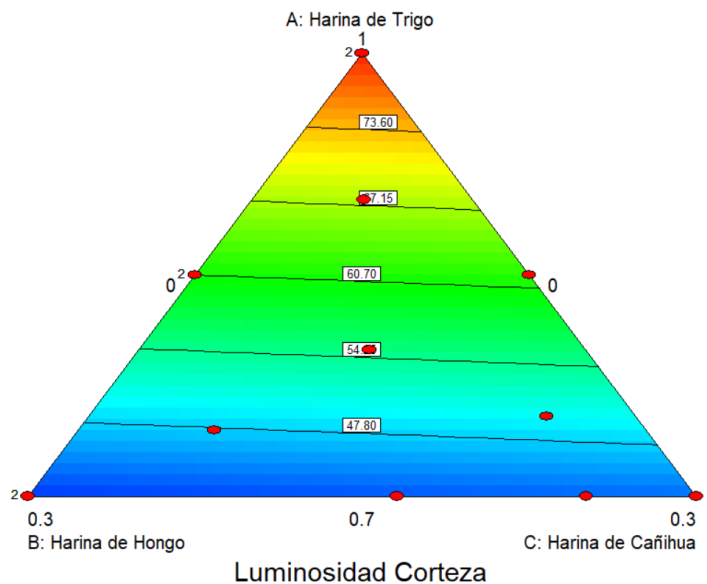


Figura 26. Superficie de contorno de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo luminosidad de corteza

En la Figura 26, se presenta el gráfico de contorno que ilustra la variación de la luminosidad en cupcakes elaborados con diferentes proporciones de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible. Se identifica que la zona resaltada en rojo corresponde a la mayor luminosidad, alcanzando un valor de 80.89, asociado a la Formulación 1, la cual está compuesta por 600 g de harina de trigo (100%), sin incorporación de harina de cañihua ni de hongo comestible. Por otro lado, la zona azul representa la menor luminosidad, con un puntaje de 38.54, correspondiente a la Formulación 11, que incluye 420 g de harina de trigo (70%) y 180 g de harina de hongo comestible (30%), sin presencia de harina de cañihua. Finalmente, en la zona verde, que refleja una luminosidad intermedia, se encuentra la Formulación 2, conformada por 510 g de harina de trigo (85%) y 90 g de harina de hongo comestible (15%), sin contenido de harina de cañihua.

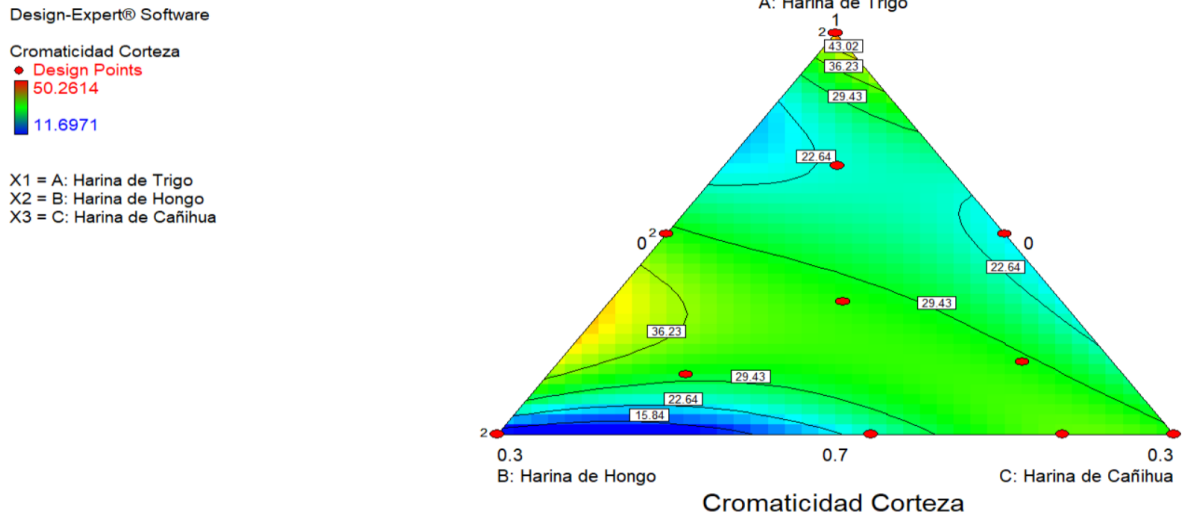


Figura 27. Superficie de contorno de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo cromaticidad de corteza

En la Figura 27, se presenta el gráfico de contorno que muestra la variación de la cromaticidad en cupcakes elaborados con diferentes proporciones de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible. Se evidencia que la zona resaltada en amarillo corresponde a la mayor cromaticidad, alcanzando un valor de 50.26, asociada a la Formulación 5, compuesta exclusivamente por 600 g de harina de trigo (100%), sin inclusión de harina de cañihua ni de hongo comestible. En contraste, la zona azul representa la menor cromaticidad, con un puntaje de 12.19, correspondiente a la Formulación 11, que incorpora 420 g de harina de trigo (70%) y 180 g de harina de hongo comestible (30%), sin contenido de harina de cañihua. Finalmente, la zona verde, que refleja una cromaticidad intermedia, está relacionada con la Formulación 2, integrada por 510 g de harina de trigo (85%) y 90 g de harina de hongo comestible (15%), sin presencia de harina de cañihua.

Design-Expert® Software
 Angulo de tonalidad Corteza
 ● Design Points
 1.39679
 0.498064
 X1 = A: Harina de Trigo
 X2 = B: Harina de Hongo
 X3 = C: Harina de Cañihua

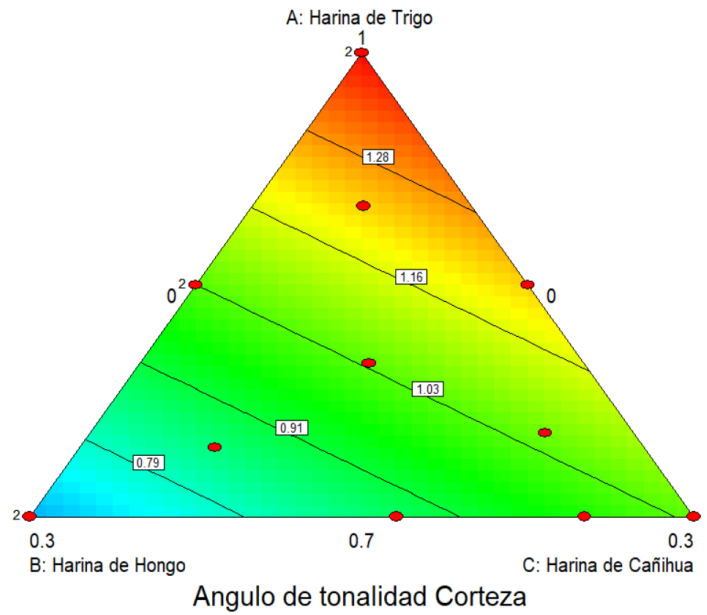


Figura 28. Superficie de contorno de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo ángulo de tonalidad de corteza

En la Figura 28, se presenta el gráfico de contorno que ilustra la variación del ángulo de tonalidad en cupcakes formulados con diferentes proporciones de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible. Se observa que la zona resaltada en rojo indica el mayor ángulo de tonalidad, con un valor de 1.391, asociado a la Formulación 5, compuesta exclusivamente por 600 g de harina de trigo (100%), sin incorporación de harina de cañihua ni de hongo comestible. En contraste, la zona azul representa el menor ángulo de tonalidad, con una puntuación de 0.6207, correspondiente a la Formulación 11, que incluye 420 g de harina de trigo (70%) y 180 g de harina de hongo comestible (30%), sin presencia de harina de cañihua. Por último, la zona verde refleja un ángulo de tonalidad intermedio, vinculado a la Formulación 2, compuesta por 510 g de harina de trigo (85%) y 90 g de harina de hongo comestible (15%), sin adición de harina de cañihua.

Design-Expert® Software

Luminosidad Corteza

80.892

38.54

X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

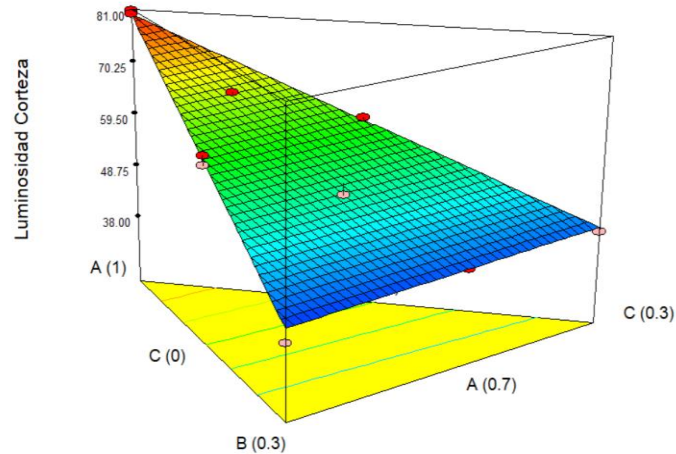


Figura 29. Superficie de respuesta de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo luminosidad de corteza

En la Figura 29, se presenta el gráfico de superficie de respuesta correspondiente a la luminosidad en cupcakes elaborados con distintas proporciones de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible. Este modelo tridimensional exhibe variaciones cromáticas, donde el color rojo representa los valores más altos de luminosidad, el verde indica niveles intermedios y el azul señala las mediciones más bajas. A partir del análisis de la representación gráfica, se identificó que la Formulación 1 obtuvo la mayor puntuación en luminosidad, alcanzando los valores más altos con una composición de 600 g de harina de trigo (100%), sin inclusión de harina de cañihua ni de hongo comestible. En contraste, la Formulación 11 presentó el menor nivel de luminosidad, con una mezcla de 420 g de harina de trigo (70%) y 180 g de harina de hongo comestible (30%), sin incorporación de harina de cañihua.

Design-Expert® Software

Cromaticidad Corteza

50.2614

11.6971

X1 = A: Harina de Trigo

X2 = B: Harina de Hongo

X3 = C: Harina de Cañihua

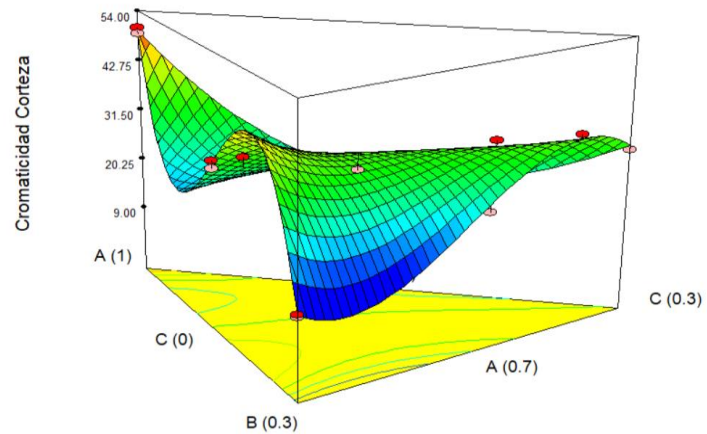


Figura 30. Superficie de respuesta de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo cromaticidad de corteza

En la Figura 30, se muestra el gráfico de superficie de respuesta correspondiente a la cromaticidad en cupcakes elaborados con diversas proporciones de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible. Este modelo tridimensional exhibe variaciones en tonalidades, donde el color rojo amarillento indica los valores más altos de cromaticidad, el verde representa niveles intermedios y el azul señala los valores más bajos. Con base en esta representación gráfica, se determinó que la Formulación 5 alcanzó la mayor puntuación en cromaticidad, con una composición de 600 g de harina de trigo (100%), sin incorporación de harina de cañihua ni de hongo comestible. En contraste, la Formulación 11 presentó el nivel más bajo de cromaticidad, con una mezcla de 420 g de harina de trigo (70%) y 180 g de harina de hongo comestible (30%), sin adición de harina de cañihua.

Design-Expert® Software
 Angulo de tonalidad Corteza
 1.39679
 0.498064
 X1 = A: Harina de Trigo
 X2 = B: Harina de Hongo
 X3 = C: Harina de Cañihua

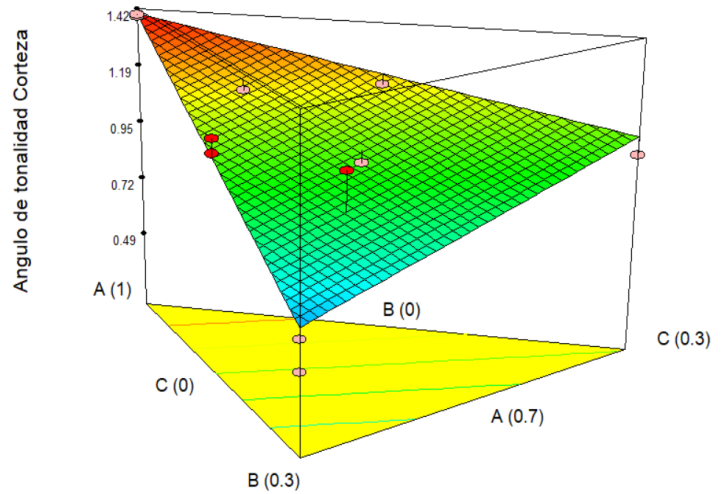


Figura 31. Superficie de respuesta de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo ángulo de tonalidad de corteza

La Figura 31 presenta el gráfico de superficie de respuesta para el atributo ángulo de tonalidad en cupcakes elaborados con distintas proporciones de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible. Este gráfico tridimensional ilustra variaciones cromáticas donde el color rojo representa los valores más altos del ángulo de tonalidad, el verde indica valores intermedios y el azul señala los niveles más bajos. A partir del análisis de esta representación, se identificó que la Formulación 1 obtuvo la mayor puntuación en ángulo de tonalidad, con una composición de 600 g de harina de trigo (100%), sin inclusión de harina de cañihua ni de hongo comestible. En contraste, la Formulación 11 registró la puntuación más baja, con una mezcla de 420 g de harina de trigo (70%) y 180 g de harina de hongo comestible (30%), sin adición de harina de cañihua.

3.1.3.6. Color de Miga

Se analizaron tres parámetros de colorimetría: Luminosidad, Cromaticidad y Angulo de tonalidad, en la miga de los Cupcakes, tal como se muestra en la siguiente tabla 43.

Tabla 42. Parámetros de colorimetría: Luminosidad, Cromaticidad y Angulo de tonalidad, en la miga de los Cupcakes

Formulación	Harina de trigo (%)	Harina de hongo comestible (%)	Harina de cañihua (%)	Color de la Corteza			
				L	a*	b*	Cromaticidad
F1	100,0%	0,0%	0,0%	80,21	8,48	48,23	48,964
F2	85,0%	15,0%	0,0%	59,56	13,96	27,89	31,186
F3	70,0%	4,9%	25,1%	46,70	18,46	30,35	35,520
F4	74,5%	19,4%	6,1%	45,97	15,78	29,75	33,672
F5	100,0%	0,0%	0,0%	80,89	8,99	49,45	50,261
F6	85,0%	0,0%	15,0%	62,25	7,51	18,31	19,791
F7	70,0%	0,0%	30,0%	42,65	16,93	24,69	29,937
F8	70,0%	30,0%	0,0%	45,80	10,28	5,59	11,697
F9	85,0%	15,0%	0,0%	61,38	14,68	25,59	29,506
F10	79,9%	9,7%	10,4%	52,41	15,27	23,22	27,793
F11	70,0%	30,0%	0,0%	38,54	9,92	7,09	12,192
F12	75,4%	4,0%	20,6%	48,14	16,06	28,31	32,543
F13	90,1%	4,9%	5,0%	68,25	9,83	23,66	25,618
F14	70,0%	13,4%	16,6%	42,57	13,84	18,82	23,363

Formulación	Harina de trigo (%)	Harina de hongo comestible (%)	Harina de cañihua (%)	Color de la Corteza				
				ΔL	Δa^*	Δb^*	Cromaticidad	Angulo de tonalidad
F1	100.0%	0.0%	0.0%	80.21	8.48	48.23	48.964	1.40
F2	85.0%	15.0%	0.0%	59.56	13.96	27.89	31.186	1.11
F3	70.0%	4.9%	25.1%	46.70	18.46	30.35	35.520	1.02
F4	74.5%	19.4%	6.1%	45.97	15.78	29.75	33.672	1.08
F5	100.0%	0.0%	0.0%	80.89	8.99	49.45	50.261	1.39
F6	85.0%	0.0%	15.0%	62.25	7.51	18.31	19.791	1.18
F7	70.0%	0.0%	30.0%	42.65	16.93	24.69	29.937	0.97
F8	70.0%	30.0%	0.0%	45.80	10.28	5.59	11.697	0.50
F9	85.0%	15.0%	0.0%	61.38	14.68	25.59	29.506	1.05
F10	79.9%	9.7%	10.4%	52.41	15.27	23.22	27.793	0.99
F11	70.0%	30.0%	0.0%	38.54	9.92	7.09	12.192	0.62
F12	75.4%	4.0%	20.6%	48.14	16.06	28.31	32.543	1.05
F13	90.1%	4.9%	5.0%	68.25	9.83	23.66	25.618	1.18
F14	70.0%	13.4%	16.6%	42.57	13.84	18.82	23.363	0.94

Tabla 43. Ajuste del diseño de mezclas al modelo para el atributo color de miga

Parámetro de color de corteza	Modelo	Dev. Std.	R - cuadrado	R - cuadrado ajustado	R - cuadrado predicho	Error
Luminosidad	Linear	2.240	0.977	0.973	0.957	105.380
	Quadratic	2.480	0.980	0.967	0.922	190.620
	Special Cubic	2.500	0.982	0.967	0.924	185.040
	Cubic	2.600	0.989	0.964	0.895	257.700
Cromaticidad	Linear	7.950	0.574	0.496	0.347	1063.630
	Quadratic	5.610	0.845	0.748	0.511	797.060
	Special Cubic	5.530	0.869	0.756	0.284	1165.830
	Cubic	3.040	0.977	0.926	-2.803	6191.810
Angulo de tonalidad	Linear	0.073	0.885	0.864	0.818	0.093
	Quadratic	0.064	0.936	0.895	0.843	0.080
	Special Cubic	0.068	0.937	0.883	0.709	0.150
	Cubic	0.063	0.969	0.898	-2.699	1.890

En la tabla 44 se observa al modelo lineal como seleccionado debido a que tiene mayor coeficiente de correlación ($R^2 = 0.977$ y 0.885) cercano a 1, es decir, los datos de la variable luminosidad y ángulo de tonalidad se ajustan más al comportamiento de una función lineal. Por otro lado, la cromaticidad, se ajusta a un modelo cuadrático ($R^2 = 0.845$).

Tabla 44. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo color de miga

Parámetro de color de miga	Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Valor	p - valor Prob > F
Luminosidad	Model	2388.34	2.00	1194.17	237.12	< 0.0001
	Linear Mixture	2388.34	2.00	1194.17	237.12	< 0.0001
	Residual	55.4	11	5.04		
	Cor Total	2443.73	13.00			
Cromaticidad	Model	1591.28	9.00	176.81	19.09	0.0061

	Linear Mixture	933.82	2.00	466.91	50.41	0.0015
	AB	0.07	1.00	0.07	0.01	0.936
	AC	284.10	1.00	284.10	30.67	0.0052
	BC	0.07	1.00	0.07	0.01	0.9341
	ABC	58.07	1.00	58.07	6.27	0.0665
	AB(A-B)	78.29	1	78.29	8.45	0.0438
	AC(A-C)	0.093	1	0.093	0.01	0.925
	BC(B-C)	21.95	1	21.95	2.37	0.1985
	Residual	37.05	4	9.26		
Cor Total		1628.33	13.00			
Angulo de tonalidad	Model	0.45	2.00	0.23	42.21	< 0.0001
	Linear Mixture	0.45	2.00	0.23	42.21	< 0.0001
	Residual	0.06	11.00	0.01		
	Cor Total	0.51	13.00			

En la Tabla 45 se presenta el análisis de variabilidad correspondiente a las propiedades de luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad. El valor F del modelo, con valores de 237.12, 19.09 y 42.21, respectivamente, confirma la significancia del modelo, con una probabilidad del 0.05% de que estos valores carezcan de relevancia y sean producto del azar. Esta afirmación se sustenta en el p-valor, el cual se encuentra por debajo del umbral de 0.05, validando así la fiabilidad del modelo. Además, los valores de "Prob > F" inferiores a 0.0500 indican que los términos incluidos en los modelos presentan significancia estadística. En este contexto, para las variables luminosidad y ángulo de tonalidad, los componentes de la mezcla lineal resultaron significativos, mientras que en el caso de la cromaticidad, estos factores no mostraron relevancia estadística.

Tabla 45. Coeficientes estadísticos para el atributo Aceptabilidad general

Parámetro de color de miga	Coefficiente	Valor	Coefficiente	Valor
Luminosidad	Std. Dev.	2.24	R-cuadrado	0.9773
	Mean	51.47	R ² -ajustada	0.9732
	C.V. %	4.36	R ² -previsto	0.9569

	PRESS	105.38	Predicción adecuada	37.101
Cromaticidad	Std. Dev.	3.04	R-cuadrado	0.9772
	Mean	34.63	R ² -ajustada	0.926
	C.V. %	8.79	R ² - previsto	-2.8026
	PRESS	6191.81	Predicción adecuada	14.58
Angulo de tonalidad	Std. Dev.	0.073	R-cuadrado	0.8847
	Mean	1.04	R ² -ajustada	0.8638
	C.V. %	7.01	R ² - previsto	0.8181
	PRESS	0.093	Predicción adecuada	17.694

En la Tabla 46, se observa un ajuste adecuado de los datos al modelo, evidenciado por los valores del coeficiente de correlación (R²) para las características de luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad, que se sitúan en 0.9773, 0.9772 y 0.8847, respectivamente, según la información recopilada mediante el software Design Expert v.7.0. El R² previsto en luminosidad es de 0.9569, mientras que para el ángulo de tonalidad es de 0.8181, lo cual indica un ajuste satisfactorio, dado que estos modelos explican aproximadamente el 4.36% y 7.01% de la variabilidad, respectivamente. No obstante, se identificó un R² previsto negativo (-2.8026) en cromaticidad, lo que sugiere una falta de ajuste adecuado para esta variable. A continuación, se presenta la ecuación matemática utilizada para ajustar los datos y obtener valores óptimos de luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad en los cupcakes. Es fundamental que los niveles de cada variable se expresen en sus unidades originales. Sin embargo, es relevante señalar que esta ecuación no permite analizar el impacto relativo de cada factor, debido a que los coeficientes han sido ajustados según las unidades de cada variable, y la intersección del modelo no se encuentra en el centro del espacio de diseño.

Luminosidad Miga =
 76.06387 * Harina de Trigo
 -52.41076 * Harina de Hongo
 -45.34444 * Harina de Cañihua

Cromaticidad Miga =

54.64336	* Harina de Trigo
-9859.4676	* Harina de Hongo
355.55523	* Harina de Cañihua
17272.53456	* Harina de Trigo * Harina de Hongo
-432.0295	* Harina de Trigo * Harina de Cañihua
-587.78867	* Harina de Hongo * Harina de Cañihua
9294.47333	* Harina de Trigo * Harina de Hongo * Harina de Cañihua
-8220.25289	* Harina de Trigo * Harina de Hongo * (Harina de Trigo-Harina de Hongo)
-212.18187	* Harina de Trigo * Harina de Cañihua * (Harina de Trigo-Harina de Cañihua)
-2679.21605	* Harina de Hongo * Harina de Cañihua * (Harina de Hongo-Harina de Cañihua)

Angulo de tonalidad Miga =

1.35654	* Harina de Trigo
-0.64173	* Harina de Hongo
0.23403	* Harina de Cañihua

Design-Expert® Software

Luminosidad Miga

● Design Points
76.92

34.98

X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

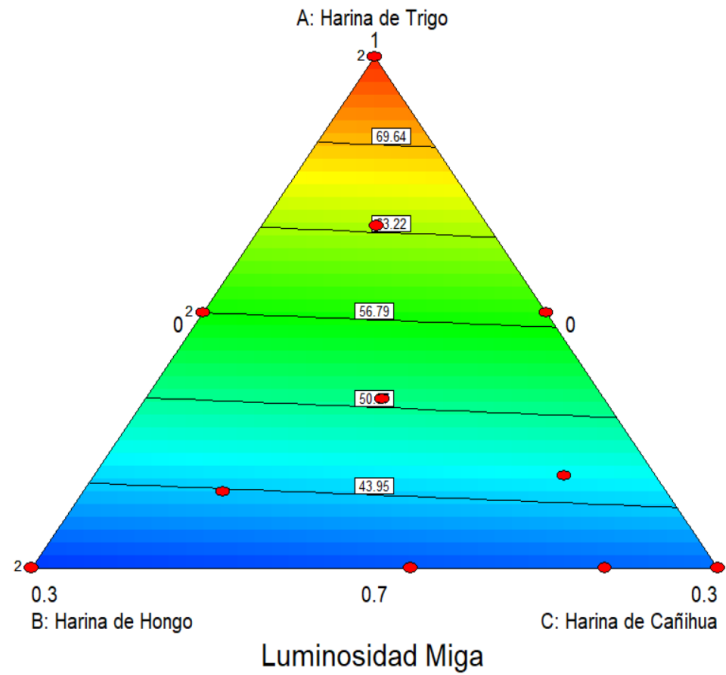


Figura 32. Superficie de contorno de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo luminosidad de miga

La Figura 32 presenta el gráfico de contorno correspondiente a la luminosidad en cupcakes elaborados con una combinación de harina de trigo, cañihua y hongo comestible. Se observa que la zona resaltada en rojo indica el nivel más alto de luminosidad, alcanzando un valor de 76.92, correspondiente a la Formulación 5, la cual está compuesta por 600 g de harina de trigo (100%), sin presencia de harina de cañihua ni de hongo comestible (0%). Por otro lado, la zona de color azul representa la menor luminosidad, con una puntuación de 34.98, correspondiente a la Formulación 11, que incluye 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y 0 g de harina de cañihua (0%). Finalmente, la zona verde, que indica un nivel intermedio de luminosidad, está asociada a la Formulación 2, con 510 g de harina de trigo (85%), 90 g de harina de hongo comestible (15%) y 0 g de harina de cañihua (0%), obteniendo una puntuación de 55.47.

Design-Expert® Software

Cromaticidad Miga

● Design Points

55.1682

16.8951

X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

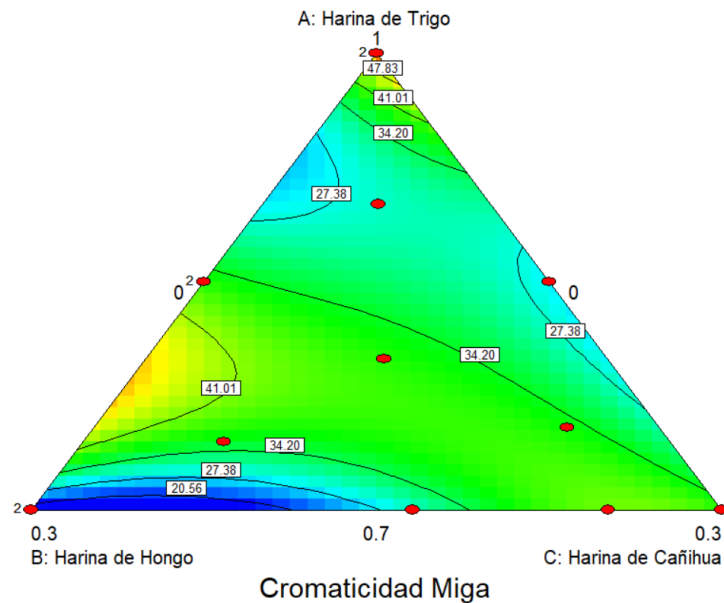


Figura 33. Superficie de contorno de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo cromaticidad de miga

La Figura 33 presenta el gráfico de contorno correspondiente a la cromaticidad en cupcakes elaborados con diferentes proporciones de harina de trigo, cañihua y hongo comestible. Se evidencia que la región resaltada en amarillo representa el nivel más alto de cromaticidad, alcanzando un valor de 50.17, correspondiente a la Formulación 5, compuesta por 600 g de harina de trigo (100%), sin presencia de harina de cañihua ni de hongo comestible (0%). En contraste, la zona azul indica la menor cromaticidad, con una puntuación de 16.9, correspondiente a la Formulación 11, que contiene 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y 0 g de harina de cañihua (0%). Por último, la zona verde, que representa un nivel intermedio de cromaticidad, está asociada a la Formulación 2, con 510 g de harina de trigo (85%), 90 g de harina de hongo comestible (15%) y 0 g de harina de cañihua (0%), obteniendo una puntuación de 36.29.

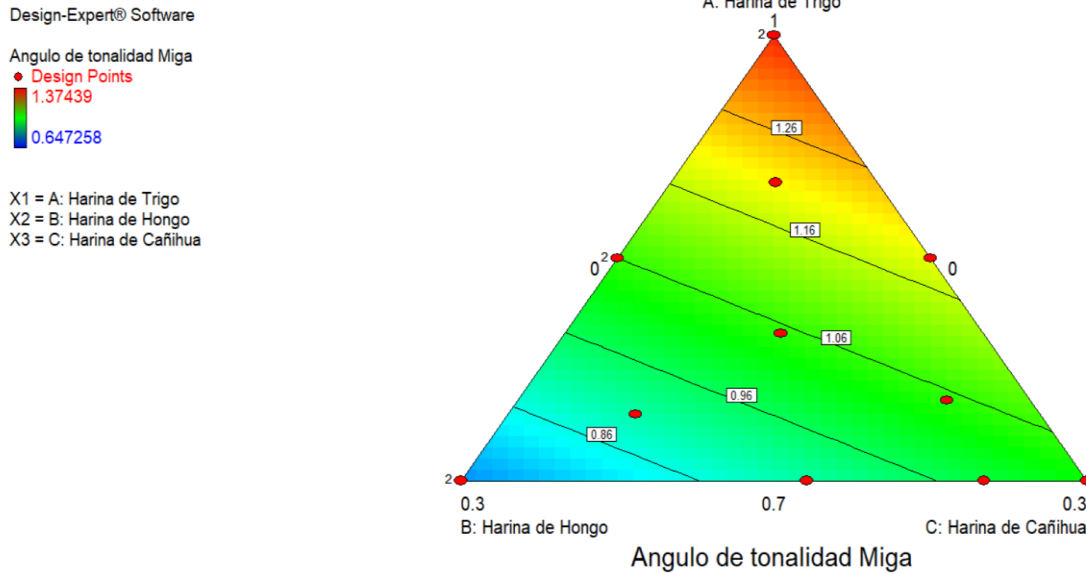


Figura 34. Superficie de contorno de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo ángulo de tonalidad de miga

La Figura 34 muestra el gráfico de contorno correspondiente al ángulo de tonalidad en cupcakes elaborados con distintas proporciones de harina de trigo, cañihua y hongo comestible. Se observa que la zona resaltada en rojo representa el valor más alto del ángulo de tonalidad, con una puntuación de 1.366, correspondiente a la Formulación 5, la cual está compuesta por 600 g de harina de trigo (100%), sin presencia de harina de cañihua ni de hongo comestible (0%). Por otro lado, la región azul refleja el nivel más bajo de ángulo de tonalidad, alcanzando un valor de 0.7303, correspondiente a la Formulación 11, que contiene 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y 0 g de harina de cañihua (0%). Finalmente, la zona verde, que representa un nivel intermedio de ángulo de tonalidad, está asociada a la Formulación 2, integrada por 510 g de harina de trigo (85%), 90 g de harina de hongo comestible (15%) y 0 g de harina de cañihua (0%), obteniendo una puntuación de 1.114.

Design-Expert® Software

Luminosidad Miga

76.92

34.98

X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

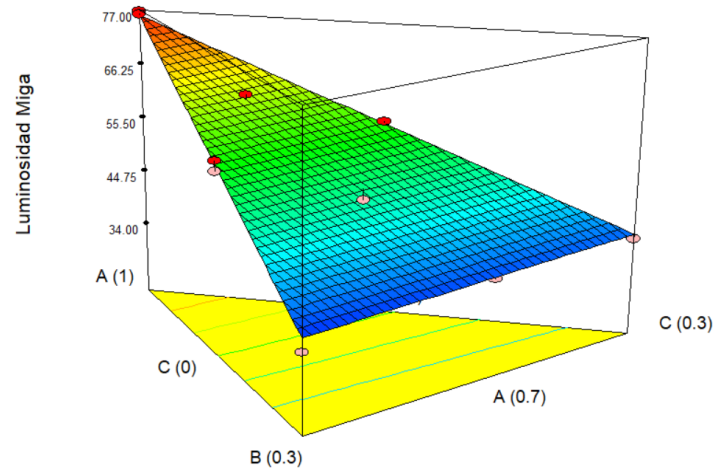


Figura 35. Superficie de respuesta de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo luminosidad de miga

La Figura 35 presenta el gráfico de superficie de respuesta correspondiente al atributo luminosidad en cupcakes formulados con distintas combinaciones de harina de trigo, cañihua y hongo comestible. En esta representación tridimensional, se identifican variaciones cromáticas donde el color rojo señala los niveles más altos de luminosidad, el verde indica valores intermedios y el azul refleja los niveles más bajos. A partir de esta gráfica, se determinó que la formulación con mayor puntuación en luminosidad corresponde a la Formulación 1, compuesta por 600 g de harina de trigo (100%), sin presencia de harina de cañihua ni de hongo comestible (0%). En contraste, la puntuación más baja se atribuye a la Formulación 11, que incluye 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y 0 g de harina de cañihua (0%).

Design-Expert® Software

Cromaticidad Miga

55.1682

16.8951

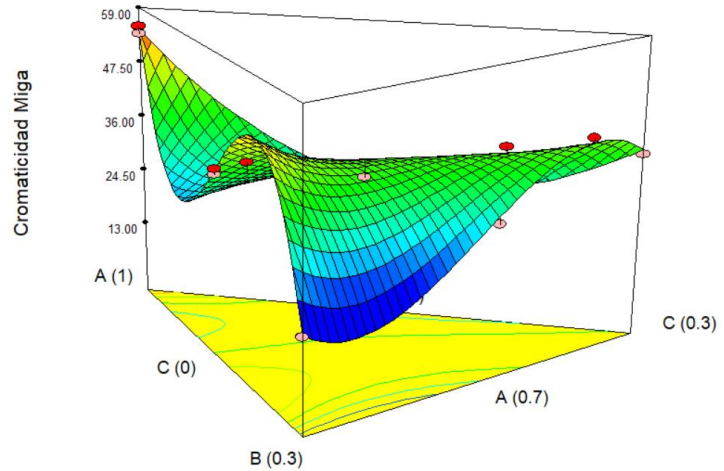
X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

Figura 36. Superficie de respuesta de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo cromaticidad de miga

La Figura 36 muestra el gráfico de superficie de respuesta del atributo cromaticidad en cupcakes preparados con diferentes proporciones de harina de trigo, cañihua y hongo comestible. En esta representación tridimensional, se observan variaciones de color, donde el tono rojo-amarillento indica los valores más altos de cromaticidad, el verde representa valores intermedios y el azul refleja los niveles más bajos. Según la interpretación de la gráfica, la formulación con mayor puntuación en cromaticidad corresponde a la Formulación 5, la cual está compuesta exclusivamente por 600 g de harina de trigo (100%), sin presencia de harina de cañihua ni de hongo comestible (0%). En contraste, la menor puntuación se obtuvo en la Formulación 11, que contiene 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y 0 g de harina de cañihua (0%).

Design-Expert® Software

Angulo de tonalidad Miga



X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua

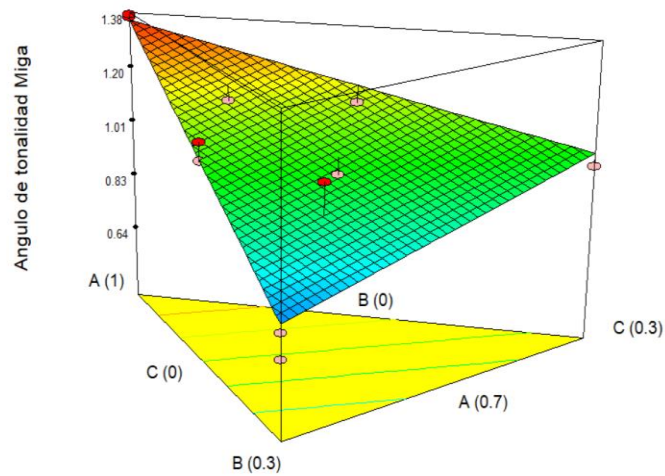


Figura 37. Superficie de respuesta de la mezcla de harina de trigo, harina de cañihua y harina de hongo comestible en cupcakes para el atributo ángulo de tonalidad de miga

La Figura 37 representa el gráfico de superficie de respuesta correspondiente al atributo ángulo de tonalidad en cupcakes formulados con distintas proporciones de harina de trigo, cañihua y hongo comestible. Este gráfico tridimensional muestra variaciones cromáticas, donde el rojo señala los valores más altos del ángulo de tonalidad, el verde refleja niveles intermedios y el azul representa los valores más bajos. A partir del análisis de la representación gráfica, se determinó que la formulación con mayor puntuación en ángulo de tonalidad corresponde a la Formulación 1, elaborada exclusivamente con 600 g de harina de trigo (100%), sin presencia de harina de cañihua ni de hongo comestible (0%). En contraposición, la menor puntuación se registró en la Formulación 11, que incluyó 420 g de harina de trigo (70%), 180 g de harina de hongo comestible (30%) y 0 g de harina de cañihua (0%).

3.1.4. Determinación de la mejor formulación de cupcakes elaborados a base de Harina de hongo comestible y harina de cañihua

Tabla 46. Valores de optimización de formulación del cup cake

Variable	Meta	Límite Inferior	Limite Superior	Peso Menor	Peso Superior	Importancia
Harina de Trigo	minimize	0.7	1	1	1	3
Harina de Hongo	maximize	0	0.3	1	1	3
Harina de Cañihua	maximize	0	0.3	1	1	3
Color	maximize	5.57	8.2	1	1	3
Olor	maximize	4.58	8.32	1	1	3
Sabor	maximize	4.6	7.96	1	1	3
Textura	maximize	5.14	8.19	1	1	3
Aceptabilidad general	maximize	5.15	8.23	1	1	3
Humedad	minimize	24.15	30.85	1	1	3
Acidez	maximize	0.32	0.64	1	1	3
Textura (mJ)	maximize	30.49	62.49	1	1	3
Luminosidad	maximize	38.44	80.89	1	1	3
Cromaticidad	maximize	11.69	50.26	1	1	3

La Tabla 46 presenta los parámetros de optimización, diseñados para maximizar la incorporación de harina de hongo y harina de cañihua en la formulación de cupcakes. Asimismo, se establece como objetivo potenciar los atributos sensoriales tales como olor, color, sabor, textura y aceptabilidad general, mientras que, simultáneamente, se busca reducir el contenido de humedad y optimizar los niveles de acidez, textura, luminosidad y cromaticidad, con el propósito de mejorar la vida útil del producto.

Tabla 47. Obtención de mejor formulación de cupcakes

Variable	Formulación 1
Harina de Trigo	0.733
Harina de Hongo	0.108
Harina de Cañihua	0.159
Color	6.79
Olor	6.51
Sabor	6.95
Textura	7.16
Aceptabilidad general	7.44
Humedad	25.24
Acidez	0.58
Textura (mJ)	54.14
Luminosidad	75.62
Cromaticidad	44.58
Desirability	0.587
Selected	

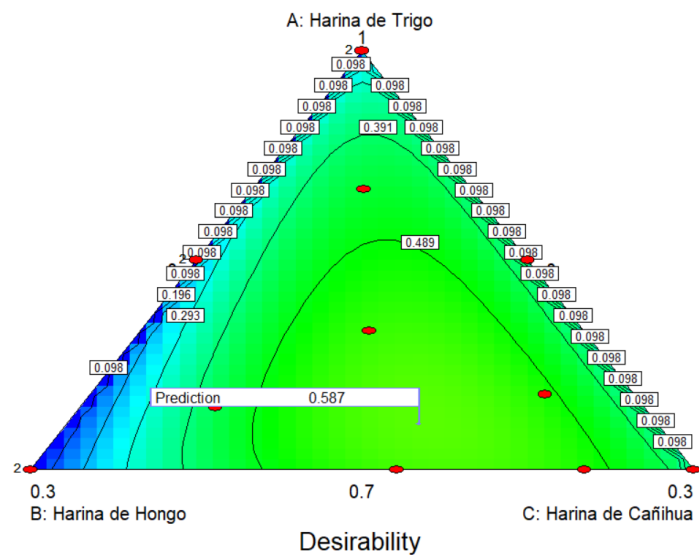
Design-Expert® Software

Desirability

● Design Points



X1 = A: Harina de Trigo
X2 = B: Harina de Hongo
X3 = C: Harina de Cañihua



La tabla 47 presenta la formulación óptima de cupcakes, compuesta por 439.8 g de harina de trigo (73.30%), 64.8 g de harina de hongo comestible (10.8%) y 95.4 g de harina de cañihua (15.9%). Esta combinación, representada también en la gráfica de deseabilidad, alcanzó los valores más altos en las evaluaciones sensoriales, con puntuaciones de 6.51 en

aroma, 6.79 en color, 6.95 en sabor, 7.16 en textura y 7.44 en aceptabilidad general. Asimismo, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se registraron valores de 25.24 en humedad, 0.58 en acidez, 54.14 mJ en textura, 75.62 en luminosidad y 44.58 en cromaticidad, consolidándose como la mejor formulación dentro del estudio.

3.1.5. Determinación del valor nutricional de la mejor formulación de cupcakes elaborados a base de Harina de hongo comestible y harina de cañihua

La tabla 48 compara las propiedades fisicoquímicas entre la formulación de control y la formulación óptima de cupcakes, resaltando las diferencias porcentuales. La formulación óptima presentó mayor humedad (+12.08%), proteínas (+63.79%), cenizas (+81.63%) y fibra cruda (+85.29%), mientras que mostró una reducción en materia seca (-4.21%), grasas (-9.86%), carbohidratos (-32.52%) y valor calórico (-12.98%). Además, se observó un ligero aumento en la acidez (+12.50%) y un pH estable (+1.37%). Estos resultados indican que la formulación óptima mejora el perfil nutricional al incrementar el contenido proteico y de fibra, reduciendo carbohidratos y calorías.

Tabla 48. Características nutricionales de la mejor formulación de cupcake

Propiedades Fisicoquímicas	Formulación	Formulación	Diferencia (%)
	control	óptima	
Humedad (%)	25.82	28.94	12.08
Materia Seca (%)	74.18	71.06	-4.21
Proteínas (%)	9.86	16.15	63.79
Grasas (%)	17.24	15.54	-9.86
Carbohidratos (%)	45.08	30.42	-32.52
Cenizas (%)	0.98	1.78	81.63
Fibra cruda (%)	1.02	1.89	85.29
Acidez (%)	0.08	0.09	12.50
pH	5.12	5.19	1.37
Valor calórico (kcal/100 g)	374.8	326.14	-12.98

3.2. Discusión

La harina de cañihua, debido a su composición rica en proteínas (14-15%) y fibra (6-7%), constituye un ingrediente de alta calidad nutricional y funcional para la formulación de alimentos enriquecidos. Estudios como los de [61] y [62] resaltan la importancia de los pseudocereales andinos, como la cañihua, por su contenido de antioxidantes, aminoácidos esenciales y minerales biodisponibles, lo que la convierte en una opción para el desarrollo de alimentos funcionales. Además, según [63], los péptidos bioactivos presentes en la cañihua aportan beneficios en la reducción del estrés oxidativo y la mejora de la salud cardiovascular. Por otro lado, la harina de hongo comestible (*Suillus luteus*) presenta propiedades complementarias. Es rica en proteínas (22%) y compuestos bioactivos como los β -glucanos y ergosteroles, que poseen actividad inmunomoduladora y antioxidante [64], [65]. Además, según [66], [67] los hongos comestibles son una fuente natural de fibra dietética, que contribuye a la mejora de la digestión y la regulación del colesterol. La inclusión de esta harina en formulaciones alimenticias no solo mejora el valor nutricional, sino que también añade propiedades funcionales relevantes [68].

El índice de absorción de agua (IAA) y el índice de solubilidad en agua (ISA) son propiedades clave para evaluar el comportamiento de las harinas en procesos de mezcla y horneado. En este estudio, la harina de cañihua mostró un IAA elevado, consistente con lo reportado por [69] quienes señalan que su contenido de fibra insoluble favorece la retención de agua, lo que mejora la viscosidad y textura de las masas. De manera complementaria, la harina de hongo presentó un ISA alto, similar a lo indicado por [70] lo que facilita la formación de matrices homogéneas en mezclas de múltiples ingredientes. Además, estudios como los de [23], [63] indican que las harinas ricas en fibra y proteínas no solo mejoran las propiedades tecnofuncionales, sino que también incrementan la estabilidad del producto final, reduciendo el envejecimiento del almidón durante el almacenamiento.

Los cupcakes formulados con 10.8% de harina de hongo comestible y 15.9% de harina de cañihua alcanzaron altos niveles de aceptación sensorial, especialmente en las dimensiones de sabor, textura y color. Según [12], [71], la inclusión de ingredientes funcionales como pseudocereales y hongos no afecta negativamente las propiedades organolépticas si se logra un equilibrio adecuado en la formulación. El perfil de sabor único de los cupcakes fue bien recibido por los panelistas, destacando el aporte de la

harina de hongo, cuyos compuestos volátiles (terpenos y alcoholes) contribuyen a un aroma característico[23]. Asimismo, el ligero dulzor y notas tostadas de la harina de cañihua complementaron el perfil sensorial del producto, tal como lo reportan investigaciones de Repo-Carrasco-Valencia et al. [72]

La textura de los cupcakes, descrita como homogénea y esponjosa, se vio favorecida por las propiedades tecnofuncionales de las harinas empleadas. Los β -glucanos del hongo, según [23], [66], mejoran la capacidad de retención de humedad, contribuyendo a una textura más húmeda y suave. Además, el contenido de fibra insoluble de la cañihua favoreció la formación de una matriz estructural estable [73]. El color marrón claro de los cupcakes, resultado de los pigmentos naturales de la cañihua (betalainas) y los compuestos fenólicos del hongo, fue un factor que contribuyó a su aceptación sensorial. Según [63] los colores asociados con ingredientes naturales refuerzan la percepción de productos saludables, lo que puede influir en su éxito en el mercado.

La evaluación instrumental de la textura mostró que los cupcakes formulados con harinas de cañihua y hongo presentan una mayor cohesividad y elasticidad en comparación con los cupcakes tradicionales. Esto puede atribuirse a las propiedades tecnofuncionales de estas harinas, como la capacidad de retención de agua de la fibra de cañihua y los β -glucanos presentes en los hongos, que influyen positivamente en la formación de una matriz más estable y menos frágil [18]. Además, la firmeza observada fue ligeramente superior en comparación con productos elaborados exclusivamente con harina de trigo, lo cual es consistente con lo reportado por [12], quienes destacaron el impacto de la fibra dietética en el fortalecimiento de la estructura de productos horneados. Este incremento en firmeza, aunque percibido en menor medida en evaluaciones sensoriales, es un atributo favorable para consumidores que buscan productos más consistentes.

El nivel de acidez (1.11%) y el pH (5.50) del cupcake formulado fueron adecuados para garantizar la estabilidad del producto y una percepción sensorial equilibrada. La acidez ligeramente mayor en comparación con cupcakes tradicionales podría deberse a los ácidos naturales presentes en la cañihua y los hongos, como los ácidos fenólicos y los derivados del ácido málico [23]. Este nivel de acidez también contribuye a la preservación del producto, al limitar el crecimiento de microorganismos no deseados, tal como lo indican [74]. Además, el pH observado es ideal para mantener la funcionalidad

63

104 de los β -glucanos y los antioxidantes presentes en las harinas, lo cual puede potenciar los beneficios para la salud del consumidor.

76 El análisis de color reflejó una disminución en la luminosidad (L^*) del cupcake formulado en comparación con los tradicionales. Esto se debe a los pigmentos naturales presentes en las harinas de cañihua (betalainas) y hongo (compuestos fenólicos y melaninas), que confieren un tono más oscuro al producto. Según [75], este tipo de colores más intensos y menos brillantes son percibidos por los consumidores como indicativos de un producto más natural y nutritivo, lo que podría ser un factor diferenciador en su aceptación en el mercado. En términos de cromaticidad, el valor de a (tendencia hacia el rojo) aumentó ligeramente debido a los pigmentos rojizos de la cañihua, mientras que el valor de b (tendencia hacia el amarillo) se redujo, lo que refleja la neutralización del tono amarillo característico de la harina de trigo por los compuestos oscuros del hongo. Estos cambios en el perfil cromático son consistentes con lo reportado por [76] quienes observaron alteraciones similares en productos enriquecidos con ingredientes ricos en pigmentos fenólicos. Este equilibrio cromático contribuye a un aspecto visual atractivo y diferenciado, que puede ser un elemento clave en la aceptación sensorial del producto.

42 El volumen específico de los cupcakes formulados fue ligeramente menor en comparación con los tradicionales elaborados con 100% harina de trigo. Este efecto puede explicarse por la ausencia de gluten en las harinas de cañihua y hongo, lo que limita la formación de una red extensible que atrape gases durante el horneado [12]. Sin embargo, este impacto fue mitigado por las propiedades espumantes y estabilizantes de los β -glucanos del hongo, que actuaron como agentes estructurantes alternativos [23]. Aunque el menor volumen específico podría percibirse como un inconveniente, no afectó significativamente la aceptabilidad sensorial, ya que la textura y densidad del producto final fueron bien valoradas por los panelistas.

32 De otro lado, los resultados obtenidos reflejan las diferencias significativas entre la formulación óptima de cupcakes elaborado con 73.30% de harina de trigo, 10.8% de harina de hongo, y 15.9% de harina de cañihua, en comparación con el control elaborado con 100% de harina de trigo. La formulación óptima presentó un contenido de humedad significativamente mayor (28.94%) en comparación con el control (25.82%), lo que

79 representa un incremento del 12.08%. Este aumento se puede atribuir a la capacidad de retención de agua de los β -glucanos presentes en la harina de hongo (*Suillus luteus*) y a la fibra dietética soluble de la harina de cañihua. Según [71], este tipo de componentes mejora la hidratación de la masa, lo que contribuye a una mayor esponjosidad en el producto final. Sin embargo, este nivel de humedad debe ser monitoreado para garantizar la estabilidad microbiológica del producto durante el almacenamiento. La materia seca disminuyó en la formulación óptima (71.06%) en comparación con el control (74.18%), lo que indica un cambio del -4.21%. Este resultado es consistente con el mayor contenido de humedad observado en el cupcake formulado. La reducción de materia seca puede influir en la densidad del producto y podría mejorar su aceptación sensorial al generar una textura más ligera.

9 El contenido proteico en la formulación óptima (16.15%) mostró un incremento significativo del 63.79% en comparación con el control (9.86%). Este aumento se debe principalmente al aporte de proteínas de alta calidad provenientes de la harina de hongo y la harina de cañihua, ambas reconocidas por su perfil de aminoácidos esenciales [31], [45]. Este enriquecimiento posiciona al cupcake formulado como un alimento funcional con un valor nutricional superior. El contenido de grasa en la formulación óptima (15.54%) fue ligeramente menor que en el control (17.24%), con una reducción del -9.86%. Este resultado podría atribuirse a la menor cantidad de lípidos en la harina de hongo y cañihua en comparación con la harina de trigo. Además, esta disminución puede ser vista como un beneficio para consumidores que buscan opciones de menor contenido de grasa sin comprometer la calidad sensorial.

2 El contenido de carbohidratos disminuyó drásticamente en la formulación óptima (30.42%) en comparación con el control (45.08%), con una reducción del -32.52%. Este cambio se debe a la sustitución parcial de harina de trigo, rica en almidones, por harinas con mayores niveles de proteínas y fibra dietética. Según [71] esta reducción de carbohidratos también puede contribuir a un menor índice glucémico, lo que hace que el cupcake formulado sea una opción más saludable para consumidores preocupados por la regulación de glucosa en sangre. El contenido de cenizas aumentó significativamente en la formulación óptima (1.78%) en comparación con el control (0.98%), con un incremento del 81.63%. Este resultado refleja el mayor aporte de minerales de las harinas de hongo y cañihua, particularmente hierro, calcio y magnesio. Estudios como los de [62]

1 destacan el valor de estas harinas en el enriquecimiento mineral de productos horneados. El contenido de fibra cruda en la formulación óptima (1.89%) fue considerablemente mayor que en el control (1.02%), con un incremento del 85.29%. Este resultado es consistente con el contenido de fibra dietética insoluble y soluble presente en la cañihua y el hongo. Este aumento en fibra no solo mejora el valor nutricional, sino que también favorece la digestión y prolonga la sensación de saciedad.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se determinó las características fisicoquímicas de la harina de hongo, obteniendo humedad (4.81 ± 0.12 %), proteínas (22.92 ± 0.88 %), grasas (3.89 ± 0.05 %), carbohidratos (56.93 ± 1.22 %), cenizas (9.12 ± 0.21 %) y fibra (2.33 ± 0.04 %).

Se determinó las características tecnofuncionales de las harinas utilizadas en la formulación de cupcakes, obteniendo un mayor índice de absorción de agua la harina de hongo comestible (0.1877 ± 0.0272 g/g), un mayor índice de solubilidad la harina de trigo (39.735 ± 13.3873 g/g) y un mayor poder de hinchamiento la harina de hongo comestible (0.1594 ± 0.0645 g/g).

Se determinó que las características sensoriales de las formulaciones de cupcakes, obteniéndose un ajuste a modelos cuadráticos y cúbicos (mayor R²), y elementos del modelo significativos (según ANOVA con p valor < 0.05), mostrándose que las formulaciones con mayor Harina de Trigo y Harina de cañihua tenían mayor aceptabilidad, mientras que las formulaciones con mayor Harina de Hongo comestibles tenían menor aceptabilidad.

Se determinó que las características fisicoquímicas de las formulaciones de cupcakes, obteniéndose un ajuste a modelos lineales, cuadráticos y cúbicos (mayor R²), y elementos del modelo significativos (según ANOVA con p valor < 0.05), mostrándose que las formulaciones con mayor Harina de Trigo y Harina de cañihua tenían mejores parámetros de humedad, acidez, textura, volumen específico y colorimetría, mientras que las formulaciones con mayor Harina de Hongo comestibles todo lo contrario.

Se determinó los parámetros nutricionales de la mejor formulación de cupcakes, contiene alto nivel de proteínas (8.15 ± 0.017 %), fibra (1.89 ± 0.108 %), carbohidratos (20.70 ± 0.236 %), y bajos en grasas (38.54 ± 0.444 %), en comparación a un Cupcake comercial.

4.2. Recomendaciones

1 Evaluar estudios de formulaciones de cupcakes con otras especies de hongo comestibles con potencial de industrialización elevado, producido en zonas altoandinas del Perú.

1 Evaluar la influencia de la variedad, edad de cosecha y tipo de deshidratación de hongo, en los parámetros fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales, y hacer una comparación con presente estudio.

Evaluar la influencia de la variedad, edad de cosecha y tipo de deshidratación de hongo, en los parámetros fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales, y hacer una comparación con presente estudio.

Evaluar la vida útil de la mejor formulación del cupcake.

