

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias  
Alimentarias



**Desarrollo de cup cakes enriquecido con maíz morado (Zea mays L.) Y kiwicha (Amaranthus caudatus)**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias

**Autor:**

Alvaro Fernando Yana Alfaro

**Asesor:**

PhD. Reynaldo Justino Silva Paz

Lima, septiembre 2023

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Reynaldo Justino Silva Paz, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“DESARROLLO DE CUP CAKES ENRIQUECIDO CON MAÍZ MORADO (*ZEA MAYS L.*) Y KIWICHA (*AMARANTHUS CAUDATUS*)”** del autor Alvaro Fernando Yana Alfaro tiene un índice de similitud de 13 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 20 días del mes de septiembre del año 2023



---

Nombres y apellidos del asesor

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Lima, Ñaña, Villa Unión, a 21 día(s) del mes de setiembre del año 2023 siendo las 15:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

M.D. Silvia Pilco Quesada, el (la) secretario(a): Mg. Marita Ada Shirley

Diaz de la Vega Huanca y los demás miembros: Msc. Daniel Sumire

Aguenta y el (la) asesor(a) Dr. Reynaldo Justino

Silva Paz con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

"Desarrollo de cup cakes enriquecido con maíz morado (Zea mays L.) y Kiwicha (Amaranthus caudatus)"

del(los) bachiller(es): a) Alvaro Fernando Yana Alfaro

b) \_\_\_\_\_

c) \_\_\_\_\_

conducente a la obtención del título profesional de: \_\_\_\_\_

Ingeniero de Industrias Alimentarias  
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Alvaro Fernando Yana Alfaro

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>17-6</u>	<u>B+</u>	<u>muy bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Bachiller (b): \_\_\_\_\_

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c): \_\_\_\_\_

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]  
Presidentera

[Firma]  
Asesor/a

[Firma]  
Bachiller (a)

[Firma] DH.  
Secretario/a

[Firma]  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Bachiller (b)

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Bachiller (c)

# DESARROLLO DE CUP CAKES ENRIQUECIDO CON MAÍZ MORADO (*ZEA MAYS L.*) Y KIWICHA (*AMARANTHUS CAUDATUS*)

## INTRODUCCIÓN

El mundo presenta un aumento de enfermedades no transmisibles, a causa de un mala dieta y escasa actividad padecen diabetes, hipertensión, anemia, obesidad, desnutrición (mujeres entre 15 – 19 años) y demora en el crecimiento (< 5 años) (FAO, 2022). En el Perú existen diversos recursos que pueden ser utilizados en beneficio de nuestra salud, entre ellos los granos andinos, que permiten su utilización en la elaboración de productos ya existentes, como pasteles, galletas, panes entre otros (CONOVA, 2023).

Actualmente la industria panadera, pasa por nuevas tendencias de consumo. Los muffins, conocido cupcake, magdalena y/o quequitos producto muy popular entre adultos y niños, por su buen sabor, rápida compra y consumo (Chavez et al., 2020). Los muffins, se definen como una porción pequeña de queque para consumo individual, estas innovaciones de porciones son muy populares y tienen gran aceptación en todos los sectores (Beltrán & Sáenz, 2014). Se consumen en toda ocasión, aunque carecen de nutrientes debido a que la materia prima principal es el trigo, que en su proceso de refinamiento tiende a perder las propiedades nutricionales (Chambi, 2019).

La Kiwicha, también conocida como amaranto, es un ingrediente cada vez más utilizado en la elaboración de alimentos debido a sus propiedades nutricionales y beneficios para la salud. La harina de Kiwicha es una excelente fuente de proteínas, fibra, vitaminas y minerales. Puede ayudar a enriquecer nutrientes esenciales y contribuir a una alimentación equilibrada (Mohd et al. 2017). Contiene compuestos antioxidantes, como los polifenoles, que pueden ayudar a proteger el cuerpo contra el estrés oxidativo y prevenir enfermedades relacionadas con la edad (Zhu et al., 2010) y mejora la textura de las galletas al agregarles producen una sensación crujiente y un ligero sabor a nuez. Esto puede aumentar la aceptabilidad de las galletas por parte de los consumidores y permite mantener niveles saludables de colesterol y triglicéridos en la sangre, lo que reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Caselato-Sousa & Amaya-Farfan, 2012).

La harina de maíz morado es otro ingrediente que puede ser beneficioso en la elaboración de productos panificados por su contenido de antocianinas, pigmentos naturales responsables de su color característico. Estos compuestos poseen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, que pueden ayudar a proteger el organismo contra el daño celular y reducir el riesgo de enfermedades crónicas (Zhao et al., 2017). Además, es rica en fibra dietética, vitaminas y minerales, como vitamina C, vitamina E y magnesio. Al incluir esta harina, se puede aumentar su contenido nutricional y ofrecer un producto más saludable (Liao et al., 2019). Estos compuestos beneficiosos podrían contribuir a la prevención de enfermedades cardiovasculares (Chirinos et al., 2010) y obtener un color atractivo y sabor ligeramente dulce, ayudando a diversificar la oferta de productos y atraer a consumidores interesados en opciones naturales y nutritivas (Pilco et al., 2021).

Chavez et al., (2020) utilizaron harinas de Kiwicha y Maíz morado de origen vegetal, libre de gluten esencial para personas celiacas que padecen de enfermedades gastrointestinales, lo que representan el 1.4 % de la población. Este ingredientes poseen minerales como el fósforo, calcio, hierro, potasio, zinc, complejos B, ácido fólico y vitamina E (Ramos et al., 2021). Oyola & Padilla (2020) indican que estos productos contribuyen a prever el cáncer de colon, diabetes, obesidad, estreñimiento y celiaquía, a su vez actúan como antioxidantes y anticancerígenos, neutralizando

los radicales libres y ejerciendo como anti mutagénico, ayudan a combatir las enfermedades cardiovasculares, el colesterol y diabetes, ayuda a la circulación sanguínea y genera la recuperación del tejido todo esto es en bienestar de la salud humana (Rabanal-Atalaya y Medina-Hoyos, 2021).

El análisis sensorial, herramienta muy requerida y útil en la industria alimentaria, contribuye al desarrollo y diseño de nuevo productos, rediseño o mejora de productos ya existentes en el mercado (Poma et al., 2021). Por otro lado, es una pieza clave para lograr anticipar la aceptabilidad que tendría por parte de los consumidores y remarcar que no interesa si es nutricional o saludable (Ruyán et al., 2019). El método sensorial fundado en: Just-About (JAR), es enormemente empleado en desarrollo de productos nuevos en el mercado, saber si los atributos vigentes están bien desarrollados o por lo contrario mejorar su fuerza subiendo o bajando, si los atributos en el productos se encuentran adecuadamente o si le sobra o falta (Fernández et al., n.d.) El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo diseñar un muffin proteico libre de gluten a base de maíz morado (*Zea mays L*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materia prima e insumos

Se utilizó harina de maíz morado (*Zea mays L*) Casteño Ecoandino procedente de la provincia de Casma, Ancash, Perú y harina de Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Organix adquirido en el centro de mayorista del distrito de Santa Clara, Lima, Perú.

Los insumos y aditivos para la elaboración del muffin fueron adquiridos en super mayorista Vega localizado del distrito de Ate Vitarte, Lima: azúcar granulada blanca (Cartavio), aceite vegetal (Alicorp), sal (Emsal), polvo de hornear (Universal), cocoa (Winter), huevo (Calera) y esencia de vainilla (Bakels Perú).

### Elaboración de los muffins

Las proporciones de harina de maíz morado (HM) y harina de Kiwicha (HK) para la elaboración de la premezcla de muffins, fueron establecidas mediante un diseño completamente al azar, obteniendo 5 tratamientos, los cuales son: T1 - 100% HM, T2 - 25% HM y 75% HK, T3 - 50% HM y 50% HK, T4 - 75% HM y 25% HK, T5 - 100% HK y T6 - 100 Harina de trigo (control).

Tabla 1. Formulación de los diferentes muffins con harina sucedáneas

Ingredientes	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Harina de Kiwicha (g)	-	750	500	250	1000	-
Harina de Maíz morado (g)	1000	250	500	750	-	-
Harina de trigo (g)	-	-	-	-	-	1000
Azúcar blanca (g)	650	650	650	650	650	650
Leche entera (g)	850	850	850	850	850	850
Huevos (g)	650	650	650	650	650	650
Polvo de hornear(g)	70	70	70	70	70	70
Cocoa (g)	50	50	50	50	50	50
Aceite vegetal (g)	650	650	650	650	650	650

La elaboración de muffins, comprendió en una serie de operaciones, iniciándose con el pesado de la materia prima e insumos, almacenadas previamente en un ambiente seco, mientras que las grasas y los huevos se almacenaron en refrigeración. Las harinas previamente fueron tamizadas para lograr su homogeneidad, el pesado realizada en una balanza gramera. Se mezclaron los insumos húmedos y secos con una batidora por 5 min, seguidamente fue horneada en un horno rotatorio a combustible gas a una temperatura de 170°C por 25 min. Luego se enfriaron a una temperatura ambiente de 25°C por 30 min, se desmoldaron y finalmente se envasaron en bolsas de polietileno de alta densidad.

## **Metodología de caracterización del muffin**

### **Composición centesimal**

La humedad fue determinado por diferencia de pesos (Capurro & Huerta, 2016). El contenido de proteína se determinó por el método de Kjeldahl (NTP, 1976), grasa mediante el método Soxhlet (Hart y Fisher 1971) ceniza (AOAC, 2000). Los carbohidratos totales se cuantificaron por diferencia (Carbohidratos totales % = 100 - humedad % - contenido de proteínas % - grasa % - cenizas %) de peso fresco según la AOAC (1995) y el contenido de energía se calculó usando fórmulas de aporte kilo calórico por gramo de componente (De Portela, 2006).

### **Volumen**

El incremento del volumen fue establecido calculando las dimensiones (de los alimentos cocidos de panificación a través del método AACC (1999). Se determinó midiendo el volumen inicial menos el volumen final, el volumen final se cuantificó en 5 partes del muffin, se utilizó un promedio del volumen final y se restó con el volumen inicial.

### **Porosidad**

La porosidad fue determinada mediante vista microscópica, se utilizó el software imagen J para analizar el tamaño del poro, porcentaje fracción de las áreas y áreas de porosidad. Se corto el muffin en la parte superior y se obtuvo una imagen mediante fotografías utilizando dimensiones conocidas, la imagen de color se convirtió en escala de grises, los valores de pixeles se transformaron en unidad de distancia (Sahin & Gülüm Sumnu, 2009).

### **Parámetros de color**

El color se determinó utilizando un colorímetro 3NH, d / 8; agujero del cabezal 8 mm; por espacio de tiempo 2,5 segundos, expresados en los valores color CIELAB (L\*, a\*, b\*), los valores de las 3 dimensiones serán expresados según las variaciones: L\* (claridad- oscuridad; a\* ( verde-enrojecimiento; b\* (azul-amarillo), lo cuales darán valores de color característico al alimento (Zzaman & Yang, 2013).

### **Perfil de textura**

El perfil de Textura (TPA) fue evaluada con el analizador de textura Instron, registrando la dureza, Cohesividad, elasticidad, masticabilidad y altura de la muestra (Zavala, 2019). Se eliminó la corteza de los muffins para evitar cualquier irregularidad, lo que permitió ensayar migas de forma cilíndrica con un diámetro de 50 mm. El análisis de textura se realizó utilizando una fuerza de activación de 5 g a una velocidad de 1 mm/s. Se aplicó una fuerza a la miga usando una sonda cilíndrica con un radio de 36 mm. La sonda comprime la muestra en un 80 % de su altura y se

mantiene a esta distancia durante 60 s, luego se retira de la muestra y vuelve a su posición inicial (Harastani et al, 2021).

## **Análisis sensorial**

### **Perfil flash**

Se aplicó una prueba de Perfil Flash (PF) para la generación de atributos sensoriales que permitan caracterizar a los muffins. Para ello, se contó 20 consumidores que consumen de manera habitual muffins, este grupo estuvo compuesto por estudiantes y docentes de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión. Las muestras de muffins fueron presentadas de manera global a cada uno de los participantes. La evaluación consistió en dos sesiones: La primera sesión consistió en que los consumidores ingieran los muffins y describan las características que utilizan para diferencias a las muestras, pueden generar la cantidad de descriptores que consideren necesarios, luego como una etapa intermedia se discuten todos los atributos generados por los participantes para lograr un consenso de los atributos obtenidos. En la segunda sesión los participantes recibieron la ficha de evaluación con los atributos que cada uno a registrado en la etapa anterior, y reciben nuevamente las muestra codificadas con códigos de tres dígitos de forma aleatoria para realizar la prueba de ordenación. Cada sesión tuvo una duración aproximada de 25 a 30 minutos (Ngapo, Martin, & Dransfield, 2004).

## **CATA**

El método CATA o preguntas CATA (siglas del nombre en inglés "Check all that apply") permite describir atributos sensoriales de los productos alimentarios. Se trabajaron con 80 consumidores con edades entre 20 a 36 años, para ello se les solicito su consentimiento informado y que sean consumidores habituales de productos panificados, específicamente cupcakes o muffins. Se les presento de forma monádica las muestras codificadas con códigos aleatorios de tres dígitos. En la boleta de evaluación se presentaron 15 atributos sensoriales para describir a los muffins y se les solicito a los participantes que indique los atributos que consideran necesarios para describir el alimento. Además, al iniciar la evaluación respondía sobre la aceptabilidad del producto mediante una escala hedónica estructurada de nueve puntos (desde me disgusta extremadamente hasta me gusta extremadamente) (Silva et al., 2021).

## **Análisis estadístico**

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) al diseño completamente al azar (DCA), luego se determinaron los supuestos estadísticos de normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia para definir que son datos paramétricos. En caso de encontrar diferencias significativas entre los tratamientos se realizó la prueba de diferencias mínima significativa (LSD) Test de Fisher (siglas del nombre en inglés, "Least significant difference"). Para las pruebas de análisis sensorial se aplicó análisis multivariado, en el perfil flash se aplicó el análisis Procrustes generalizado y el análisis de varianza PANOVA (siglas de inglés, "Procruster analysis of variance"). En el método CATA, se realizó la prueba Q de Cochran, análisis de correspondencia y gráfico de penalización.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros fisicoquímicos

En la tabla 2, se presentan los resultados de los parámetros fisicoquímicos, donde se aprecian diferencias significativas en todas las variables respuesta respecto a la variación de los porcentajes de harina utilizado. En la humedad, T1 y T4 mostraron mayor humedad y T5 menor humedad, es decir la presencia de la harina de maíz morado incrementa la humedad y su ausencia la disminuye, debido a la capacidad de retención de agua de la fibra dietética en el Maíz morado, como lo señalaron previamente Kim et al. (2012). El contenido de proteína fue superior en T2 e inferior en T3 y T4, donde la mezcla de harina de Kiwicha y Maíz morado aumentan dicho contenido, sin embargo, la presencia de Kiwicha sola no produce este comportamiento. El contenido de ceniza en las diferentes muestras T1, T2, T3 y T4 fueron similares entre ellos, aunque superiores a T4 y T5, la presencia del Maíz morado produce valores superiores a las muestras que no tiene esta harina, es decir, los componentes inorgánicos de los alimentos están relacionados con el contenido de cenizas (Zin, Robert e Ishak, 2014). Respecto al contenido de grasa y el aporte energético, la muestra T5 fue mayor y T2 menor al resto de los tratamientos, la harina de Kiwicha mejora estas componentes, aunque la presencia del Maíz morado reduce estos parámetros. Estos resultados son similares a los reportados en estudios de muffins con fibra de durazno (Grigelmo-Miguel et al., 1999), harina de trigo integral cerosa (Acosta, Cavender, & William, 2011) y fibra de cacao (Martinez-Cervera et al., 2011).

**Tabla 2.** Composición proximal del cup cake expresada en porcentajes.

Muestras	Humedad	Proteína	Grasa	Ceniza	Carbohidratos	Energía
T1	31.78±0.311 <sup>a</sup>	6.76±0.064 <sup>b</sup>	14.89±0.064 <sup>b</sup>	2.71±0.035 <sup>a</sup>	43.85±0.346 <sup>d</sup>	331.60±1.440 <sup>c</sup>
T2	30.89±0.063 <sup>b</sup>	8.19±0.085 <sup>a</sup>	12.32±0.063 <sup>d</sup>	2.72±0.028 <sup>a</sup>	45.88±0.071 <sup>bc</sup>	322.88±0.120 <sup>d</sup>
T3	30.15±0.099 <sup>b</sup>	5.73±0.120 <sup>c</sup>	14.43±0.099 <sup>c</sup>	2.71±0.113 <sup>a</sup>	46.98±0.191 <sup>b</sup>	336.17±0.325 <sup>b</sup>
T4	31.77±0.049 <sup>a</sup>	6.05±0.092 <sup>c</sup>	14.55±0.085 <sup>bc</sup>	2.45±0.028 <sup>c</sup>	45.17±0.156 <sup>c</sup>	331.29±0.735 <sup>c</sup>
T5	27.70±0.170 <sup>c</sup>	4.81±0.099 <sup>d</sup>	16.28±0.106 <sup>a</sup>	2.45±0.049 <sup>bc</sup>	48.75±0.212 <sup>a</sup>	356.67±1.320 <sup>a</sup>
T6	30.37±0.346 <sup>b</sup>	6.89±0.049 <sup>b</sup>	14.61±0.113 <sup>bc</sup>	2.68±0.042 <sup>ab</sup>	45.45±0.552 <sup>c</sup>	336.59±0.933 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Letras distintas indican diferencias significativas

### Volumen, porosidad e imagen de los muffins

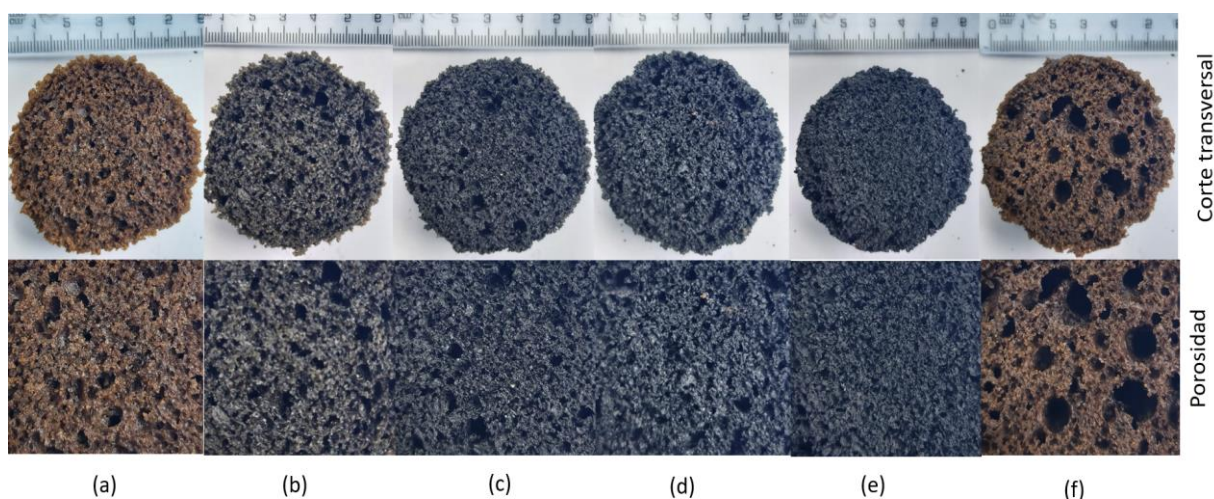
En cuanto al volumen y porosidad de los muffins indica la cantidad de dióxido de carbono y gas amoníaco producido por la adición de agentes químicos de fermentación utilizados en la fórmula de la masa y el rango de cambios en la miga del muffin durante el horneado. Los compuestos absorbentes y los aditivos que participan en el proceso de horneado determinan estas características. Jahanbakhshi y Ansari (2020) demostraron que diferentes cantidades de harinas de polvo de pepas de aceituna incrementa el volumen específico. En general, la muestra con harina de forma independiente (Kiwicha, Maíz morado o Trigo) mostraron un mayor volumen respecto a las muestras que tiene mezclas. Los resultados coincidieron con la investigación realizada por otros investigadores (Abdolnabipour et al., 2019 y Dadkhah et al., 2012). El volumen de los muffins es el resultado de las proteínas estabilizadoras que forman un fuerte gel térmico que asegura la estructura del producto; por lo tanto, un volumen alto muestra la presencia de proteínas con buenas propiedades formadoras de gel, como los huevos.

**Tabla 3.** Características físicas del cup cake

Muestras	% de incremento del volumen	% Porosidad
T1	105.13±0.18 <sup>ab</sup>	57.29±2.86 <sup>b</sup>
T2	71.97±7.50 <sup>c</sup>	63.49±5.88 <sup>a</sup>
T3	70.83±5.89 <sup>c</sup>	66.76±3.45 <sup>a</sup>
T4	79.55±3.21 <sup>bc</sup>	66.30±4.81 <sup>a</sup>
T5	104.76±6.73 <sup>ab</sup>	61.17±0.04 <sup>a</sup>
T6	107.14±10.10 <sup>a</sup>	52.17±3.42 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Letras distintas indican diferencias significativas

En la figura 1, se observan las imágenes de las secciones frontales de los muffins cortados de forma horizontal con las distintas harinas utilizadas. Las harinas de añadidas de forma independientes (Figura 1 (a), (e) y (f)) permitieron la formación de celdas de aire, dando como resultado una matriz aireada y voluminosa, a diferencias de las mezclas de harinas (Figura 1b, c y d) donde se mostró un efecto inverso. En la Figura 1(f), la estructura del gluten de los muffins, que retuvo las células de aire, colapsó y pareció formar un túnel. Estos resultados fueron similares a los observados por Jung, Kim y Chung (2005), quienes estudiaron muffins con fibra de salvado de maíz.



**Figura 1.** Imágenes de la estructura del cup cake: corte transversal y porosidad de la miga (área de imagen de 0,025 × 0,025 m). (a) T1, (b) T2, (c) T3, (d) T4, (e) T5 y (f) T6.

### Perfil de textura

La tabla 4, presenta los datos de textura representados por la dureza, Cohesividad, elasticidad, masticabilidad y altura de la muestra. Los resultados muestran que los muffins de control (T6) eran significativamente menos firmes que el resto de formulaciones ( $p < 0.05$ ). Los resultados también muestran que la dureza se vio significativamente afectada por la cantidad harina de Kiwicha y Maíz morado, esto puede atribuirse a una mayor solubilidad y la estructura molecular más pequeña de las fibras presenten en las harinas utilizadas. Estos hallazgos concuerdan con los de Struck et al. (2016) quienes informaron una mayor dureza en panecillos con un 30 % de azúcar reducido por fibras. Esto se debe a que las fibras poseen una mayor capacidad de retención de agua, lo que reduce el agua disponible para otros ingredientes como el almidón afectando las características del producto.

**Tabla 4.** Perfil de Textura del cup cake con diferentes porcentajes de harinas

Muestras	Dureza (g)	Cohesividad	Elasticidad	Masticabilidad (g)	Altura de la muestra (mm)
T1	3012.1±226.1 <sup>a</sup>	0.36±0.006 <sup>a</sup>	0.8183±0.013 <sup>a</sup>	884.5±73.9 <sup>a</sup>	36.4±1.02 <sup>c</sup>
T2	2013.5±126.1 <sup>b</sup>	0.27±0.020 <sup>b</sup>	0.7133±0.008 <sup>b</sup>	399.6±28.3 <sup>b</sup>	34.6±1.02 <sup>c</sup>
T3	2066.0±258.0 <sup>b</sup>	0.25±0.029 <sup>b</sup>	0.6817±0.027 <sup>bc</sup>	347.3±59.1 <sup>b</sup>	41.2±0.98 <sup>b</sup>
T4	2954.9±239.6 <sup>a</sup>	0.18±0.010 <sup>c</sup>	0.6317±0.049 <sup>c</sup>	345.9±68.5 <sup>b</sup>	34.7±0.51 <sup>c</sup>
T5	2058.2±112.6 <sup>b</sup>	0.13±0.009 <sup>d</sup>	0.3617±0.032 <sup>d</sup>	98.48±15.4 <sup>d</sup>	40.6±1.74 <sup>b</sup>
T6	1518.1±63.4 <sup>c</sup>	0.25±0.017 <sup>b</sup>	0.6400±0.029 <sup>c</sup>	245.9±28.5 <sup>c</sup>	47.0±1.09 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Letras distintas indican diferencias significativas

Respecto a la elasticidad, masticabilidad y altura de la muestra, se observaron diferencias significativas de todas las muestras respecto al control (T6), excepto en la cohesividad donde el control es similar al tratamiento T2 y T3. Por lo que, la presencia de harina de Maíz morado reduce los valores de textura, sin embargo, la presencia e incremento de la harina de Kiwicha produce un comportamiento inverso. Nuestros hallazgos son comparables con los de Zahn et al. (2013), Rodríguez-García et al., (2014) y Martínez-Cervera et al., (2012), quienes también encontraron que la elasticidad disminuye cuando el contenido de fibra aumenta mucho. Esto se debe a que la presencia del azúcar contribuye a una textura suave y elástica al aumentar la temperatura de gelatinización del almidón y elevando la desnaturalización de la proteína de la clara de huevo durante el horneado, lo que ayuda a la formación de volumen y células de aire. La grasa aumenta el volumen y la suavidad de los muffins al alterar la estructura de la red de gluten de la harina de trigo y al estabilizar las burbujas de aire debido a sus propiedades de superficie activa (Sikorski et al., 2006).

#### Parámetros cromáticos

El color de la corteza y la miga de las formulaciones de muffins se abordan como valores L\*, a\* y b\* en la Tabla 5. Las formulaciones que involucraron la sustitución de las mezclas de harina de Kiwicha y Maíz morado presentan parámetros de color de la corteza y la miga que son significativamente diferentes del control. Aunque, el muffin con harina de Kiwicha al 100 % mostró características de color que se asemejaban a los muffins de control. Sin embargo, los diferentes parámetros de color mostraron diferencias significativas. La luminosidad de la corteza y miga del T1 fue mayor en comparación con las otras muestras.

Las formulaciones que incluían mezclas de las harinas (Kiwicha y Maíz de morado) no presentan diferencias significativas en los parámetros a\*, b\*, c\* y h\* en la corteza o miga. Las harinas de manera independiente evidenciaron diferencias significativas en todos los parámetros excepto en L\* y h\*. La sustitución de maíz morado mostró una corteza más oscura que todos los demás muffins representados con valores de b\* (amarillez) y L\* (claridad) más bajos ( $p < 0,05$ ), pero más altos de a\* (enrojecimiento) ( $p < 0,05$ ) tanto para la superficie como la miga. Diversos estudios también informaron cambios en el color de la miga de productos horneados y muffins reformulados (Zahn et al., 2010, Sanz et al., 2009 y Heo et al., 2019).

**Tabla 5.** Perfil cromático de los muffins con diferentes concentraciones de harinas sucedáneas

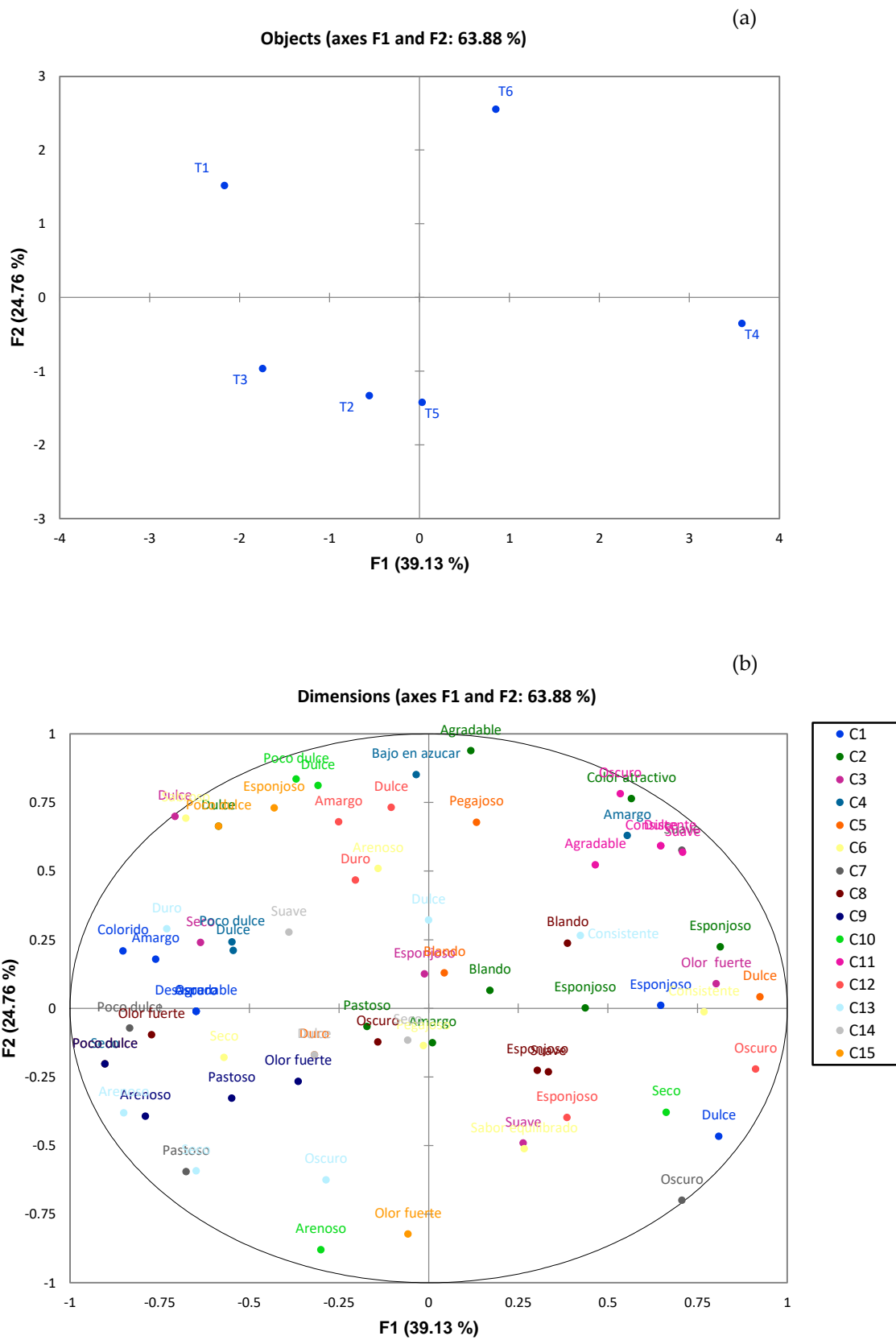
Muestras	L*	a*	b*	c*	h*
<b>Corteza</b>					
T1	15.16±3.93 <sup>a</sup>	20.31±3.99 <sup>a</sup>	7.77±2.26 <sup>a</sup>	21.86±3.86 <sup>b</sup>	21.19±6.54 <sup>b</sup>
T2	8.43±2.33 <sup>b</sup>	-21.67±6.34 <sup>c</sup>	-2.60±0.82 <sup>cd</sup>	21.83±6.39 <sup>b</sup>	186.80±0.26 <sup>a</sup>
T3	8.87±1.85 <sup>b</sup>	24.72±3.67 <sup>a</sup>	3.42±1.28 <sup>b</sup>	24.97±3.78 <sup>b</sup>	7.60±2.24 <sup>b</sup>
T4	6.69±1.59 <sup>b</sup>	-20.70±3.64 <sup>c</sup>	-3.88±0.39 <sup>de</sup>	21.06±3.63 <sup>b</sup>	190.78±1.39 <sup>a</sup>
T5	5.46±0.72 <sup>b</sup>	-32.27±3.90 <sup>d</sup>	-5.15±0.38 <sup>e</sup>	32.68±3.91 <sup>a</sup>	189.11±0.48 <sup>a</sup>
T6	8.75±1.26 <sup>b</sup>	-4.44±4.73 <sup>b</sup>	-0.95±0.74 <sup>c</sup>	5.44±3.47 <sup>c</sup>	218.90±68.20 <sup>a</sup>
<b>Interior</b>					
T1	9.81±0.97 <sup>a</sup>	23.66±2.22 <sup>a</sup>	7.98±1.07 <sup>a</sup>	24.97±2.43 <sup>c</sup>	18.58±0.93 <sup>b</sup>
T2	1.21±0.79 <sup>d</sup>	-38.97±3.51 <sup>c</sup>	-4.77±0.59 <sup>c</sup>	39.26±3.55 <sup>b</sup>	186.90±0.24 <sup>a</sup>
T3	5.46±3.60 <sup>bc</sup>	-47.20±3.48 <sup>cd</sup>	-7.35±0.80 <sup>d</sup>	47.78±3.41 <sup>a</sup>	188.91±1.33 <sup>a</sup>
T4	2.01±2.96 <sup>cd</sup>	-48.64±2.08 <sup>d</sup>	-7.14±0.26 <sup>d</sup>	49.16±2.09 <sup>a</sup>	188.36±0.31 <sup>a</sup>
T5	7.94±0.06 <sup>ab</sup>	-53.03±1.78 <sup>d</sup>	-7.88±0.27 <sup>d</sup>	53.61±1.80 <sup>a</sup>	188.46±0.06 <sup>a</sup>
T6	7.35±1.80 <sup>ab</sup>	13.09±9.85 <sup>b</sup>	2.81±1.46 <sup>b</sup>	13.4±9.93 <sup>d</sup>	13.68±2.96 <sup>c</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Letras distintas indican diferencias significativas

## Análisis sensorial

### Perfil flash

En la figura 2 (a) y (b), se presenta el gráfico luego del análisis Procrustes generalizado mediante el perfil flash. Las dos componentes explicaron el 63.88 % de la variabilidad total de los datos (la primera y segunda dimensión explicaron el 39.13 y 24.76 %). Se observó la formación de cuatro grupos: El primer, segundo y tercer grupo conformado por la muestra T1 (ubicado en el cuadrante superior izquierdo - lado negativo de la primera dimensión y positivo de la segunda dimensión), T4 (ubicado en el cuadrante inferior derecho - lado positivo de la primera dimensión y negativo de la segunda dimensión) y T6 (ubicado en el cuadrante superior derecho - lado positivo de ambas dimensiones), respectivamente. El cuarto grupo formado por la muestra T2, T3 y T5 (ubicado en el cuadrante inferior izquierdo - lado negativo de ambas dimensiones). Este resultado muestra la capacidad del método FP para discriminar los productos según los atributos generados por la variación de las harinas en la formulación de muffins. La Figura 2(b) permite detallar los atributos sensoriales de esta discriminación debido a los atributos generados en consenso por cada evaluador. En total se mencionaron 23 atributos (8 sabor, 1 olor, 3 color y 11 de textura): sabroso, dulce, amargo, bajo en azúcar, sabor equilibrado, poco dulce, agradable, desagradable, olor fuerte, colorido, oscuro, color atractivo, consistente, suave, esponjoso, duro, pegajoso, blando, seco, pastoso, arenoso, desmenuzable, áspero. La muestra T1 se caracterizó por ser dulce, suave y seco. El tratamiento T4 identificada como oscura, consistente y dulce. La muestra T6 descrita como pegajosa y agradable. Las muestras del cuarto grupo (T2, T3 y T5) se describieron como olor fuerte, sabor equilibrado, arenoso, pastoso y poco dulce. El análisis sensorial mostró que la variación en la concentración de la harina de Kiwicha y Maíz morado afectó los descriptores sensoriales del consumidor. En general, el método FP utilizado en este estudio permitió a los evaluadores evaluar los productos simultáneamente, y esta evaluación comparativa proporcionó un rápido posicionamiento de los muffins en el mapa sensorial. Estos resultados son consistentes con los encontrados por Rason et al. (2003) en salchichas tradicionales francesas.



**Figura 2.** Gráfico de los descriptores mediante el análisis procruster generalizado (a) muestras (b) atributos.

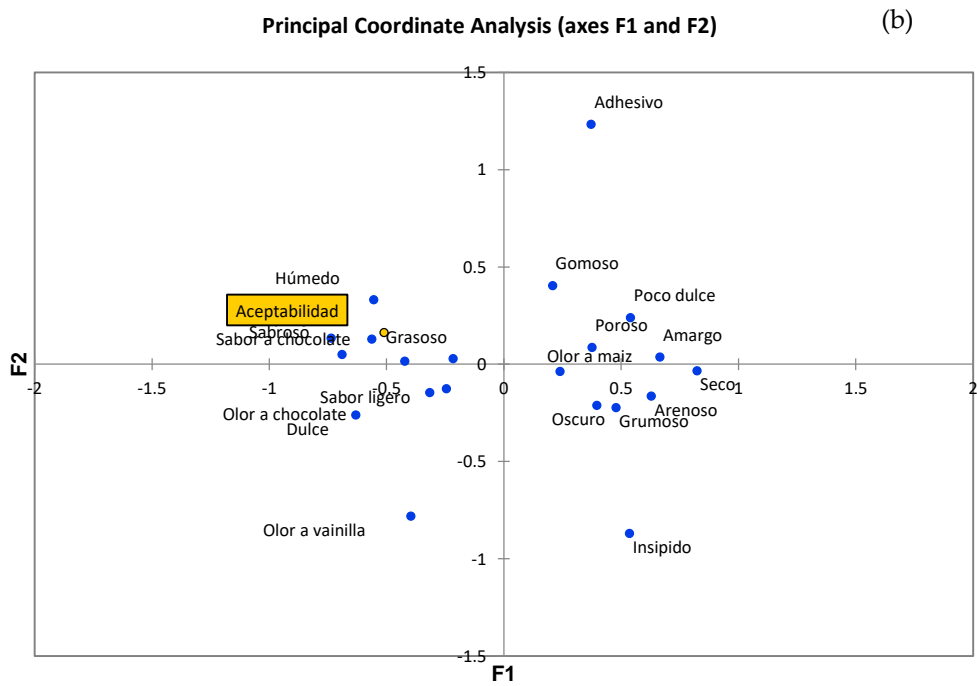
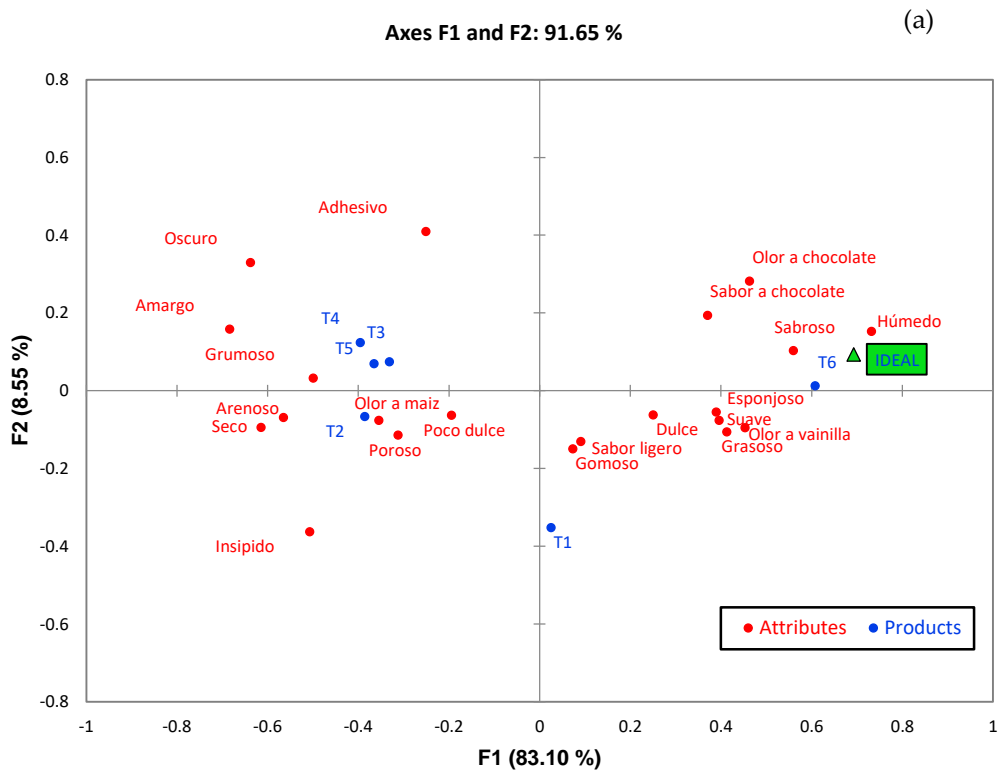
## Preguntas CATA

En la tabla 6, para conocer las diferencias de frecuencia de mención entre las diversas formulaciones de muffins, se realizó el Test de Cochran mediante las comparaciones múltiples de Marascuilo. Como resultado de estos análisis, de los 21 atributos evaluados, 16 atributos mostraron diferencias significativas (Dulce, esponjoso, grumoso, oscuro, seco, amargo, suave, húmedo, grasoso, sabor ligero, adhesivo, arenoso, olor a vainilla, sabor a chocolate, olor a chocolate y sabroso). De esta manera, observando las frecuencias de los distintos atributos para cada uno de los productos, se determina que, para la muestra T6 (control) los atributos más mencionado fueron dulce, esponjoso suave, húmedo grasoso, sabor ligero, sabor y olor a chocolate, y sabroso, aunque fue descrito en menor frecuencia como grumoso, oscuro, seco, amargo y arenoso. El T5 fue descrito con mayor frecuencia arenoso, oscuro y seco, estos dos últimos atributos fueron similares con T2, T3 y T4. T2 fue indicado como más amargo y adhesivo y T1 presento mayor frecuencia en el atributo a olor a vainilla. La diferencia de percepción entre los muffins, en cuanto a su preferencia puede estar relacionada con varios factores, como: forma, color, experiencia sensorial al consumirlo y expectativas asociadas con cada forma. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la percepción por una forma específica de los muffins puede variar dependiendo de la cultura, preferencias individuales y otros factores contextuales.

**Tabla 6.** Resultados del análisis sensorial de la prueba Q de Cochran después de utilizar el método CATA

Attributes	p-values	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Dulce	0.000	0.540 (bc)	0.320 (a)	0.420 (ab)	0.360 (a)	0.360 (a)	0.610 (c)
Esponjoso	0.000	0.510 (b)	0.370 (ab)	0.280 (a)	0.320 (a)	0.260 (a)	0.760 (c)
Grumoso	0.000	0.210 (ab)	0.320 (bc)	0.300 (bc)	0.400 (c)	0.340 (bc)	0.080 (a)
Gomoso	0.221	0.110 (a)	0.100 (a)	0.090 (a)	0.090 (a)	0.060 (a)	0.160 (a)
Oscuro	0.000	0.040 (a)	0.490 (b)	0.570 (b)	0.610 (b)	0.560 (b)	0.090 (a)
Seco	0.000	0.340 (b)	0.490 (b)	0.450 (b)	0.400 (b)	0.500 (b)	0.020 (a)
Insipido	0.072	0.120 (a)	0.090 (a)	0.060 (a)	0.090 (a)	0.100 (a)	0.020 (a)
Amargo	0.000	0.040 (ab)	0.150 (bc)	0.180 (c)	0.140 (bc)	0.120 (abc)	0.020 (a)
Suave	0.000	0.460 (b)	0.340 (ab)	0.340 (ab)	0.230 (a)	0.300 (ab)	0.730 (c)
Húmedo	0.000	0.120 (a)	0.050 (a)	0.110 (a)	0.110 (a)	0.110 (a)	0.510 (b)
Olor a maiz	0.106	0.220 (a)	0.210 (a)	0.270 (a)	0.240 (a)	0.260 (a)	0.130 (a)
Grasoso	0.000	0.080 (ab)	0.030 (a)	0.060 (a)	0.040 (a)	0.060 (a)	0.210 (b)
Sabor ligero	0.031	0.310 (ab)	0.300 (ab)	0.280 (ab)	0.180 (a)	0.220 (ab)	0.360 (b)
Adhesivo	0.013	0.000 (a)	0.020 (a)	0.080 (b)	0.050 (ab)	0.030 (a)	0.050 (ab)
Arenoso	0.000	0.480 (b)	0.630 (bc)	0.590 (bc)	0.640 (bc)	0.680 (c)	0.070 (a)
Olor a vainilla	0.008	0.180 (b)	0.090 (ab)	0.100 (ab)	0.050 (a)	0.110 (ab)	0.170 (ab)
Poroso	0.334	0.150 (a)	0.170 (a)	0.170 (a)	0.170 (a)	0.120 (a)	0.090 (a)
Sabor a chocolate	0.000	0.130 (a)	0.150 (a)	0.180 (a)	0.200 (ab)	0.240 (ab)	0.380 (b)
Olor a chocolate	0.002	0.070 (ab)	0.040 (a)	0.100 (ab)	0.140 (ab)	0.140 (ab)	0.200 (b)
Poco dulce	0.294	0.260 (a)	0.320 (a)	0.340 (a)	0.290 (a)	0.230 (a)	0.240 (a)
Sabroso	0.000	0.160 (a)	0.120 (a)	0.160 (a)	0.130 (a)	0.120 (a)	0.410 (b)

<sup>a,b,c,d</sup> Letras distintas indican diferencias significativas



**Figura 3.** Gráfico de análisis multivariado (a) análisis de correspondencias mediante CATA y (b) aceptabilidad de los diferentes muffins.

En la figura 3(a), se observa que se explica un 91.65 % de la variabilidad de los datos explicado en dos dimensiones de los productos en base a los atributos que aparecen en la tabla 6. Se puede apreciar la conformación de tres grupos. El primer grupo conformado por el T1, segundo grupo conformado por T6 y tercer grupo formado por T2, T3, T4 y T5. Entre los descriptores para cada grupo, el primer grupo fueron caracterizados como gomoso y sabor ligero. El segundo descripto como sabroso, esponjoso, húmedo, sabor y olor a chocolate, suave, grasoso y olor a vainilla. Finalmente, el tercer grupo percibido como poroso, seco, arenoso, olor a maíz, grumoso, amargo, oscuro y poco dulce. Además, se observa los atributos que identifican los consumidores cuando describen un muffin ideal son húmedo, sabroso, esponjoso y suave, características similares a las del segundo grupo. La fig. 3(b) muestra los atributos sensoriales que mejorar la aceptabilidad de los muffins, se pueden destacar los atributos sabroso, grasoso, húmedo y sabor a chocolate. El sabor es uno de los principales determinantes de la preferencia alimentaria de los consumidores (Mellette et al., 2018).

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio muestran la posibilidad de utilizar las harinas de Kiwicha (HK) y Maíz morado (HM) como fuente para la elaboración de muffins. A medida que aumentaba la el contenido HM o HK, el contenido fisicoquímico de los muffins aumentó significativamente en comparación con el control. La altura y el volumen de los productos disminuyeron con la adición de las harinas ya sea de forma independiente o sus mezclas. Con el aumento de HM, los valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  disminuyeron significativamente respecto al control y 100 % de HK. La adición de HK mostró un aumento en la dureza debido al debilitamiento de la estructura de red del gluten. No se observaron diferencias significativas en la aceptación general entre las diferentes formulaciones y el efecto positivo de describir atributos sensoriales de humedad, grasos y sabor a chocolate confirmó que puede mejorarse la evaluación sensorial. Estos resultados indican que es posible producir muffins con mayor valor nutricional al agregar HK y/o HM en lugar de harina de trigo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Zhao, L., Zhang, Y., Deng, B., Xu, X., Li, Y., & Wu, D. (2017). Antioxidant and anti-inflammatory activities of anthocyanins extracted from *Lycium ruthenicum* Murray by-products. *Food Chemistry*, 214, 301-308.
- Liao, X., Xiong, G., Zhou, L., & Liu, S. (2019). Quality characteristics and bioactive compounds of purple corn (*Zea mays* L.) cookies prepared by ultrasonic treatment. *Food Science & Nutrition*, 7(1), 289-297.
- Chirinos, R., Zuloeta, G., Pedreschi, R., Mignolet, E., Larondelle, Y., Campos, D., & Frettinger, P. (2010). Antioxidant properties of purple corn (*Zea mays* L.) extracts: In vitro and in vivo studies. *Food Chemistry*, 119(3), 1306-1312.
- Pilco-Ramírez, H., Maza-Sánchez, B., & de la Cruz-Larios, L. (2021). Effect of purple corn flour substitution on nutritional composition and antioxidant capacity of oat cookies. *CyTA-Journal of Food*, 19(1), 194-203.

Mohd Ali, N., Yeap, S. K., & Ho, W. Y. (2017). The Promising Future of Chia, *Salvia hispanica* L. *Archives of Iranian medicine*, 20(12), 1-2.

Zhu, F., Fan, W., Wang, Q., & Mao, Z. (2010). Physicochemical properties and antioxidative capacity of three amaranth species starches. *Food Hydrocolloids*, 24(7), 770-777.

Caselato-Sousa, V. M., & Amaya-Farfán, J. (2012). State of knowledge on amaranth grain: A comprehensive review. *Journal of Food Science*, 77(4), R93-R104.

De Portela, M. L. P. M. (2006). *Energía y macronutrientes en la nutrición del siglo XXI*. La Prensa Médica Argentina.

Sahin, S., & Gülüm Sumnu, S. (2009). *Propiedades físicas de los alimentos*. Zaragoza. Acriba S.A.

Harastani, R., James, L. J., Ghosh, S., Rosenthal, A. J., & Woolley, E. (2021). Reformulation of muffins using inulin and green banana flour: physical, sensory, nutritional and shelf-life properties. *Foods*, 10(8), 1883.

Silva Paz, R. J., Pichiuza Gonzales, G. N., & Eccoña Sota, A. (2021). Comparación de métodos sensoriales descriptivos: perfil flash y preguntas CATA para caracterizar infusiones de muña (*Mintostachys mollis*). *Enfoque UTE*, 12(3), 11-23.

Sikorski, Z.E.; Sikorska-Wisniewska, G.; Williams, C.; Buttriss, J. The role of lipids in food quality. In *Improving the Fat Content of Foods*; Woodhead Publishing: Swaston, UK, 2006; pp. 213–235.

Mellette T., Yerxa K., Therrien M., Camire M.E. Whole Grain Muffin Acceptance by Young Adults. *Foods*. 2018;7:91. doi: 10.3390/foods7060091.

Zahn, S.; Forker, A.; Krügel, L.; Rohm, H. Combined use of rebaudioside A and fibres for partial sucrose replacement in muffins. *LWT* 2013, 50, 695–701.

Garcia, J.R.; Sahi, S.S.; Hernando, I. Functionality of lipase and emulsifiers in low-fat cakes with inulin. *LWT* 2014, 58, 173–182.

Pateras, I.M.C.; Rosenthal, A. Effects of sucrose replacement by poly dextrose on the mechanism of structure formation in high ratio cakes. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 1992, 43, 25–30.

Zahn, S.; Pepke, F.; Rohm, H. Effect of inulin as a fat replacer on texture and sensory properties of muffins. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2010, 45, 2531–2537.

Sanz, T.; Salvador, A.; Baixauli, R.; Fiszman, S.M. Evaluation of four types of resistant starch in muffins. II. Effects in texture, colour and consumer response. *Eur. Food Res. Technol.* 2009, 229, 197–204.

Heo, Y.; Kim, M.-J.; Lee, J.-W.; Moon, B. Muffins enriched with dietary fiber from kimchi by-product: Baking properties, physical-chemical properties, and consumer acceptance. *Food Sci. Nutr.* 2019, 7, 1778–1785.