

NOMBRE DEL TRABAJO

**Artículo - Brownie de Maíz Morado FINA  
L.pdf**

RECuento DE PALABRAS

**6198 Words**

RECuento DE CARACTERES

**32172 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**22 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**448.0KB**

FECHA DE ENTREGA

**Aug 7, 2024 7:27 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Aug 7, 2024 7:27 PM GMT-5**

### ● 1% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 1% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

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



**Elaboración de brownies libres de gluten a partir de harina de arroz**  
**(*Oryza sativa*) y maíz morado en polvo (*Zea mays L.*)**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias

**Autor:**

Lina Sheriff Ricce Maldonado

**Asesora:**

PhD. Silvia Pilco Quesada

**Lima, agosto de 2024**

## Resumen

La enfermedad celíaca es común, afectando al 1.4% de la población mundial y requiere una dieta libre de gluten. Sin embargo, los productos libres de gluten suelen tener falencias nutricionales y pueden generar carencias nutricionales. Además, se utilizan aditivos en su elaboración que los tornan menos nutritivos. Por ello el objetivo de esta investigación fue elaborar brownies libres de gluten a partir de harina de arroz (*Oryza sativa*) y maíz morado (*Zea mays L.*), para mejorar sus propiedades nutricionales y contenido de compuestos bioactivos se adicionó en la formulación cacao, con una sustitución total del 26% dentro del cual se realizaron 4 tratamientos de cacao y maíz morado en las siguientes proporciones de 80:20%, 70:30%, 60:40% y 50:50%. Los brownies mostraron parámetros proximales similares a otros estudios resaltando el contenido de proteína con un rango de 7.26 a 7.40g/100g. Se observó también que los tratamientos cambiando sus proporciones de cacao y maíz morado afecta directamente estos parámetros. Los análisis fisicoquímicos cumplen con la norma técnica peruana, certificando su seguridad. La actividad antioxidante es excepcional, especialmente en el tratamiento M133 (80% cacao:20% maíz morado) con  $248562.05 \pm 1627.16 \mu\text{Mol}/100\text{g}$ . El análisis sensorial muestra que el tratamiento M375 es el más aceptado por los consumidores, aunque se recomienda mejorar la textura. Los brownies desarrollados demostraron ser nutritivos por alto contenido de proteína y además de ser alto en antioxidantes con potencial de ser una excelente opción para celíacos por ser libres de gluten.

**Palabras clave:** Maíz morado, Cacao, Brownie, Celiaquía, antioxidantes, antocianinas

## Abstract

Celiac disease is common, affecting 1.4% of the world's population, and requires a gluten-free diet. However, gluten-free products often have nutritional deficiencies and can cause nutritional deficiencies. In addition, additives are used in their preparation that make them less nutritious. Therefore, this research aimed to make gluten-free brownies from rice flour (*Oryza sativa*) and purple corn (*Zea mays L.*). Cocoa was added to improve the nutritional properties and bioactive compounds, with a total substitution of 26%, within which four treatments of cocoa and purple corn were carried out in the following proportions of 80:20%, 70:30%, 60:40%, and 50:50%. The brownies showed proximal parameters similar to other studies, highlighting the protein content ranging from 7.26 to 7.40 g/100 g. It was also observed that the treatments changing their cocoa and purple corn proportions affect these parameters. The physicochemical analysis complies with the Peruvian technical standard, certifying its safety. The antioxidant activity is exceptional, especially in the M133 treatment (80% cocoa:20% purple corn) with  $248562.05 \pm 1627.16 \mu\text{Mol}/100\text{g}$ . The sensory analysis shows that the M375 treatment is the most accepted by consumers, although it is recommended to improve the texture. The developed brownies proved to be nutritious due to their high protein content and antioxidants, which have the potential to be an excellent option for celiacs because they are gluten-free.

**Keywords:** Purple corn, Cocoa, Brownie, Celiac disease, antioxidants, anthocyanins

## 1. INTRODUCCIÓN

En el 2010 la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, 2010) informó que alrededor de 160 alimentos ocasionan reacciones alérgicas a ciertas poblaciones sensibles, de los cuales son ocho los alimentos que ocasionan el 90% de dichas alergias alimentarias, dentro de ellas se encuentra el trigo y sus derivados (Villanueva, 2017), la enfermedad celíaca es un trastorno digestivo común, su prevalencia es de 1.4% a nivel mundial y 1.2% a nivel nacional, de los cuales las edades más afectadas son de 18 a 29 años (Asociación de Celiacos del Perú, 2019), consecuentemente para su tratamiento se requiere una dieta libre de gluten. Una desventaja es que los productos libres de gluten tienden a presentar falencias nutricionales bajos en fibra, minerales, vitaminas, con alto contenido de lípidos, azúcares y sal; debido a estas falencias, su ingesta podría ocasionar carencias nutricionales, cosa que desencadenaría en un desequilibrio calórico – nutricional (Saturno *et al.* 2010). Adicionalmente, en la elaboración de productos libres de gluten se emplea almidones modificados, lo cual con el tiempo podría influenciar en el sobrepeso y la obesidad de la población celíaca. Por otra parte, Miranda *et al.* (2018) indica que en la elaboración de alimentos libres de gluten se hace uso de aditivos como hidrocoloides, proteínas, emulsionantes y demás para obtener mejores características nutricionales y sensoriales como textura, volumen, etc.

La demanda de alimentos orgánicos, nutritivos y libres de gluten ha aumentado significativamente en los últimos años, lo que ha llevado a la industria alimentaria a buscar mejorar y enriquecer los productos con insumos saludables (Machuca & Meyhuay, 2017). De esta forma esta investigación tuvo como objetivo en elaborar brownies sin gluten con la finalidad que sean nutritivos utilizando alimentos autóctonos del Perú como el maíz morado (*Zea mays L.*), que además de no contener gluten es conocido por tener compuestos bioactivos que le confiere propiedades antioxidantes un alto contenido de antocianinas (cianidina-3-glucosídico) y con propiedades anticancerígenas. Adicionalmente, la utilización del cacao variedad chuncho proveniente de cusco, presenta una ventaja única debido a que sus compuestos fenólicos no se degradan a altas temperaturas en comparación a las antocianinas que si se degradan pero aprovechando su efecto sinérgico de los compuestos fenólicos de cacao se puede formular un brownie alto en antioxidantes a pesar de que se someta a altas temperaturas como se hace cuando se hornea (Vignoli *et al.* 2011). Juntando ambos ingredientes sumados

a la harina de arroz, alimento popular en productos libres de gluten por su capacidad espumante, emulsionante y capacidad de absorción que ayudará en la textura del producto final ( Martínez *et al.* 2017).

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

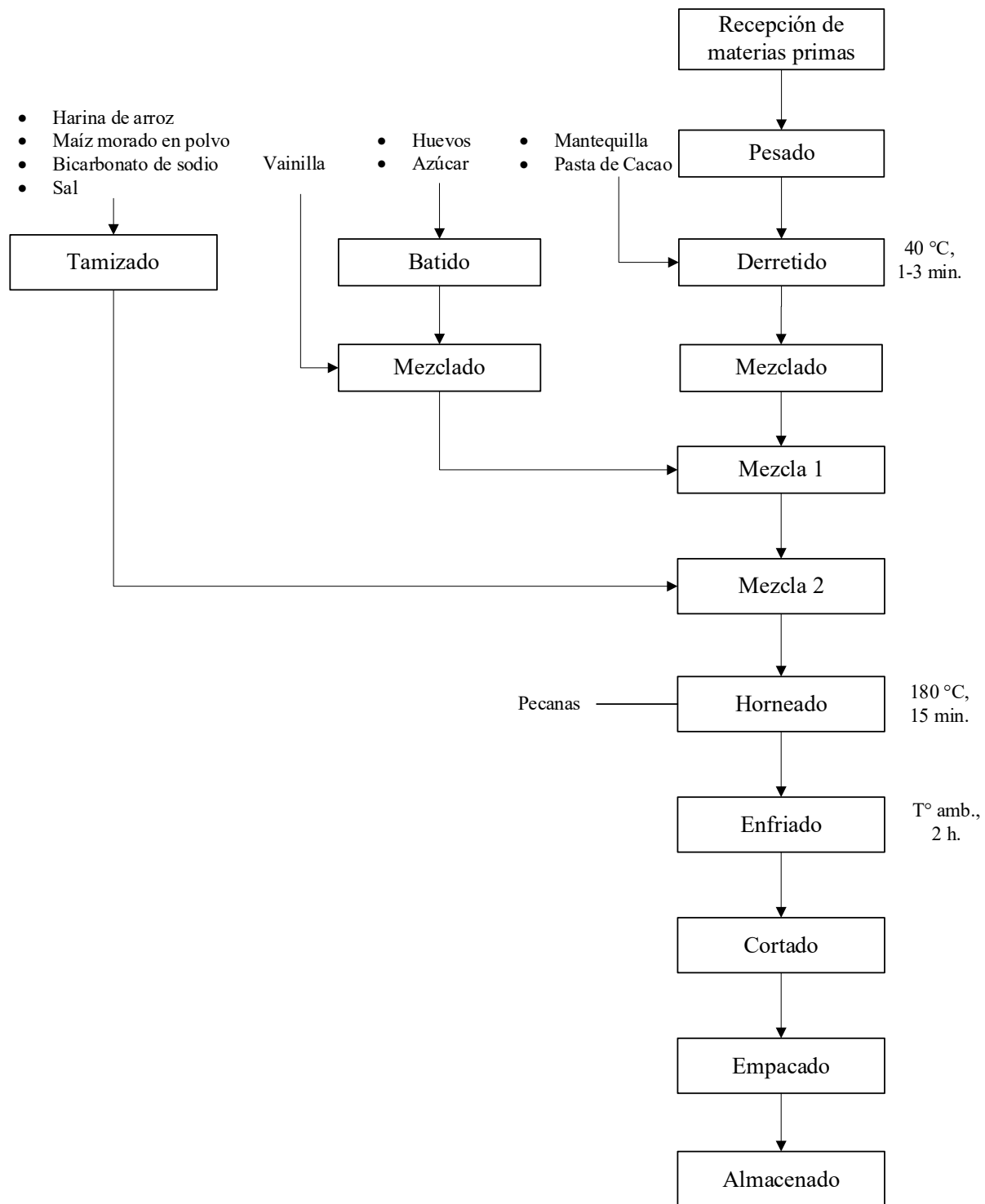
### **2.1 Materia prima**

La harina de arroz de la marca Costeño, el maíz morado en polvo fue adquirido de la marca Ecoandino. La pasta de cacao chuncho de la marca Record procede de La Convención, Cusco – Perú.

### **2.2 Metodología experimental**

#### **2.2.1 Proceso de elaboración de los brownies**

En la figura 1 están representados los procesos para la elaboración del brownie libre de gluten a base de harina de arroz y maíz morado en polvo, la metodología fue una adaptación de America's Test Kitchen, (2020).



**Figura 1: Diagrama de flujo de elaboración de brownie libre de gluten.**

### 2.2.2 Formulación de los tratamientos

A continuación, en la Tabla 1 se describe la formulación para la elaboración de los brownies para un total de 1 kg.

**Tabla 1: Formulación para la elaboración de brownies.**

| <b>Insumos</b>                        | <b>Porcentaje verdadero (%)</b> | <b>Kilogramos (kg)</b> |
|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| Harina de Arroz                       | 11.18                           | 0.11                   |
| Pasta de Cacao / Maíz morado en polvo | 26.32                           | 0.26                   |
| Mantequilla                           | 14.47                           | 0.14                   |
| Huevos                                | 23.68                           | 0.24                   |
| Azúcar                                | 15.79                           | 0.16                   |
| Esencia de Vainilla                   | 1.32                            | 0.01                   |
| Bicarbonato de sodio                  | 0.66                            | 0.01                   |
| Pecanas                               | 6.58                            | 0.07                   |
| <b>Total</b>                          | <b>100</b>                      | <b>1</b>               |

En la tabla 2, se especifica los porcentajes de chocolate y maíz morado en polvo que se utilizó para la elaboración de cada muestra, estos datos trabajaron en función al porcentaje del insumo “Cacao / Maíz morado” de la formulación general presentada en la tabla 1.

**Tabla 2: Porcentaje de sustitución del cacao por maíz morado**

| <b>Tratamientos</b> | <b>Pasta de Cacao (%)</b> | <b>Maíz morado (%)</b> |
|---------------------|---------------------------|------------------------|
| M 133               | 80                        | 20                     |
| M 375               | 70                        | 30                     |
| M 418               | 60                        | 40                     |
| M 267               | 50                        | 50                     |

### 2.2.3 Análisis proximal de los brownies

La caracterización proximal de los 4 tratamientos de brownies libres de gluten fue determinada mediante los métodos propuestos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC 2019). Estos fueron; porcentaje de humedad (AOAC – 925.10), porcentaje de cenizas (AOAC



– 930.05), porcentaje de grasa (AOAC - 955.06), porcentaje de fibra cruda (NTP - 205.003: 1980), porcentaje de proteína (AOAC - 920.152). Los carbohidratos se calcularon por diferencia de acuerdo a MS-INN Collazos 1993. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

#### **2.2.4 Análisis fisicoquímico de los brownies**

Se determinó el pH por el método del potenciómetro (AOAC – 981.12). La acidez fue determinada por el método de titulación (AOAC – 942.15) expresando el resultado en porcentaje de ácido láctico. Para determinar los sólidos solubles se utilizó el método 932.14 de la AOAC (2019), y se expresó el resultado en grados Brix.

#### **2.2.5. Determinación de antocianinas totales**

La metodología utilizada fue de Rangana (1977) con modificaciones, se inició con una extracción usando 1g de muestra seca y molida (500  $\mu\text{m}$ ) con 50ml de solvente de etanol acidificado con ácido clorhídrico al 0.1%. Luego se filtró con un embudo Büchner con papel filtro N°1. Los filtrados fueron diluidos con 50ml de la misma solución etanólica acidificada y medido en una longitud de onda de 535 nm. El contenido de antocianina fue expresado en mg/100g de muestra.

#### **2.2.6. Determinación de la actividad antioxidante por ABTS**

El método de Arnao *et al.* (2001) y Cano *et al.* (1998) fue utilizado para las muestras de brownies. Se analizaron por triplicado utilizando un volumen de 10  $\mu\text{L}$ . La capacidad antioxidante se midió en un medio de reacción compuesto por ABTS 2 mM, peróxido de hidrógeno 35  $\mu\text{M}$  y HRP 0,25  $\mu\text{M}$ , en un volumen final de 1 ml de tampón fosfato 50 mM (pH 7,5). La reacción se midió a una longitud de onda de 730 nm. Posteriormente, 10  $\mu\text{L}$  de muestra fueron adicionados al medio de reacción y 5 minutos después se midió nuevamente la absorbancia en la misma longitud de onda. Se calcularon las diferencias de absorbancia. Para la curva de calibración se utilizaron diferentes concentraciones de trolox.

#### **2.2.7. Análisis Sensorial**

La ficha de evaluación JAR (Just-About-Right) constó de los atributos, los cuales fueron: Sabor, Color, Textura, y Aroma, para ello se les presentó 10g de cada tratamiento, codificado con 3 dígitos al azar, con la cartilla considerando una escala de cinco puntos, además se les

proporcionó un vaso de agua para el enjuague entre muestras. Fue realizado en Ñaña y alrededores, conformado por un total de 30 consumidores entre 18 a 47 años de edad, siendo un 24% de mujeres y 76% de varones.

### 2.2.8 Diseño experimental

Se aplicó un Diseño Completamente Aleatorio (DCA), con el que se determinó los análisis proximales, físicoquímicos y sensoriales de los brownies libres de gluten. A partir de los datos obtenidos, se determinó la media, la desviación estándar, el coeficiente de variación y el análisis de varianza (ANOVA) con un valor  $p$  de 0,05 (95%). Asimismo, se aplicó la prueba de Tukey y la prueba de Normalidad. Para el tratamiento de datos se utilizó el programa Minitab 17.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Análisis proximal de los brownies

Se puede observar en la tabla 3 las diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados en cada uno de los parámetros proximales. La humedad presenta valores que varían un 2.28g/100g entre tratamientos, el tratamiento con mayor humedad es el M267 que contiene 50% cacao y 50% maíz morado, se observa un comportamiento variable de disminución de humedad conforme aumenta la proporción del cacao y antagónicamente disminuye el porcentaje de maíz morado, por ello el tratamiento M133 (80% cacao : 20% maíz morado) es el que tiene la menor humedad en comparación con el resto de tratamientos siendo totalmente diferentes ( $p < 0.05$ ). La investigación desarrollada por Silva (2019) que desarrolló un muffin de a base de camote, achira, mashua y sucralosa, determinando un mayor rango de humedad desde 35.6 a 39.5g/100g, indican en su investigación que la presencia de la oca aumenta la humedad del producto final. Por otro lado, Alvarado (2024) indica valores más cercanos con 29g/100g para un muffin de harina de trigo y 22 g/100g con harina de camote. En comparación con la presente investigación la diferencia se debe a la diferencia de sus ingredientes y las proporciones.

En los valores de ceniza se muestran estadísticamente similares ( $p > 0.05$ ) en todas los tratamientos con una fluctuación de 0.08 g/100g, en comparación con Silva (2019) los valores son cercanos con el control de un muffin de harina de trigo con valores de 1.1g/100g. Y

Alvarado (2024) reportó el contenido de ceniza del control de 1.45g/100g, cuando se incorpora otros ingredientes como camote y achira aumenta la ceniza con valores de 2.36 y 2.31g/100g, respectivamente. Setyani *et al.* (2017) en brownies de maiz con trigo reportaron valores más cercanos a este estudio de 1.96 a 2.04%.

El contenido de grasa es diferente ( $p < 0.05$ ) en todos los tratamientos, donde claramente se observa que el M133 (80% cacao : 20% maiz morado) presenta la mayor cantidad de grasa con 32.34g/100g, por la misma alta proporción del cacao. Así el M267 (50% cacao : 50% maiz morado) presenta 25.90g/100g. La variedad del cacao utilizada es chuncho del cusco (valle de convención) que se caracteriza por un alto contenido de grasa de 48 a 52% en grano tostado (Keen *et al.* 2005; Pareja 2018), explicando de esta forma el resultado. Otros estudios en muffin de Alvarado (2024) y Silva (2019) reportan cantidades más pequeñas de 9.17 a 9.96 g/100g y 2.15 a 4.4g/100g, respectivamente, esto se explica por los diferentes materias primas utilizados y se resalta que no usaron cacao en su formulación. Sin embargo, valores más similares se reportaron por Setyani *et al.* (2017) en brownies de maiz y trigo, con 13.6 a 19.26% (en sustituciones de 100% harina de maiz).

Respecto al contenido de proteínas se observan dos agrupaciones bien marcadas con una similitud ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos de un primer grupo de M267 (50% cacao : 50% maiz morado), M418 (60% cacao : 40% maiz morado), M375 (70% cacao : 30% maiz morado) y el otro grupo de M133 (80% cacao : 20% maiz morado), M375 (70% cacao : 30% maiz morado), M418 (60% cacao : 40% maiz morado), el rango de variabilidad del contenido va desde 7.26 a 7.40g/100g, siendo alto en comparación con el estudio de Silva (2019) que determinó valores de 1.17 a 3.99%, mientras que Alvarado (2024) informó valores de 7.40% en muffin de camote y valor más alto de 13% para muffin de achira. Datos más similares fueron reportados por el estudio de Setyani *et al.* (2017) en donde determinaron valores de entre 8.54 a 10.13% en brownies elaborados de maiz y trigo con sustituciones de entre 100% a 50%. El tipo de proteínas presentes en los brownies evaluados pueden ser mayoritariamente del cacao, siendo en mayor proporción las gluteninas, albuminas, prolaminas y globulinas (Voigt y Biehl, 1993; Niepage, 1961; Zack & Keeney 1976).

La fibra cruda varía en un rango de 0.44 a 0.50g/100g muestra una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre el tratamiento M133 y M267, mientras que a su vez los tratamientos M375, M418 y M267 son similares ( $p > 0.05$ ), y M133, M375 y M418 también son similares. Mientras que los carbohidratos presenta un rango de 46.91 a 51g/100g presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos. Nutricional y composicionalmente, el maíz morado es similar al maíz amarillo más comúnmente consumido por ser rico en almidón (61% a 78%), polisacáridos sin almidón (aproximadamente 10%) (Sinha *et al.* 2011).

**Tabla 3: Análisis proximal de los brownies**

| Tratamiento | Humedad                   | Cenizas                  | Grasa                     | Proteína                   | Fibra Cruda                | Carbohidratos             |
|-------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| M133        | 11.82 ± 0.05 <sup>d</sup> | 1.68 ± 0.03 <sup>a</sup> | 32.34 ± 0.05 <sup>a</sup> | 7.26 ± 0.04 <sup>b</sup>   | 0.44 ± 0.01 <sup>b</sup>   | 46.91 ± 0.12 <sup>d</sup> |
| M375        | 12.58 ± 0.02 <sup>c</sup> | 1.65 ± 0.04 <sup>a</sup> | 30.19 ± 0.02 <sup>b</sup> | 7.30 ± 0.07 <sup>a,b</sup> | 0.46 ± 0.02 <sup>a,b</sup> | 48.27 ± 0.03 <sup>c</sup> |
| M418        | 13.34 ± 0.06 <sup>b</sup> | 1.63 ± 0.05 <sup>a</sup> | 28.05 ± 0.03 <sup>c</sup> | 7.35 ± 0.02 <sup>a,b</sup> | 0.48 ± 0.03 <sup>a,b</sup> | 49.64 ± 0.06 <sup>b</sup> |
| M267        | 14.10 ± 0.10 <sup>a</sup> | 1.60 ± 0.01 <sup>a</sup> | 25.90 ± 0.02 <sup>d</sup> | 7.40 ± 0.05 <sup>a</sup>   | 0.50 ± 0.01 <sup>a</sup>   | 51.00 ± 0.52 <sup>a</sup> |

Los valores están expresados en promedio ± DE (n=3). Los números diferentes en la misma columna representan una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las muestras.

### 3.2 Análisis fisicoquímicos de los brownies

Se observa en la tabla 4 los resultados de pH, acidez titulable (% ácido láctico) y sólidos solubles (°Brix) en donde se evidencia las diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos.

El rango de pH varía un 0.8 entre los tratamientos siendo el M133 el que contiene el valor más bajo y el M267 el más alto, a su vez los resultados están similares con otras investigaciones de brownies a base de quinua blanca tal como lo especifica Gómez *et al.* (2022) con pH alrededor de 6.12, mientras que Arzapalo *et al.* (2015) reportó valores de 6.7 para quinua blanca y 6.45 en quinua negra, siendo ligeramente un poco más ácido. Zambrano (2023) reportó valores más bajo en brownies con sustitución parcial de harina de quinua de 5.4 a 5.9. Así también, Silva (2019) reportó valores más cercanos de 7.3 a 7.9 de pH en muffin con camote, achira y mashua; (Machado *et al.* 2020) en brownies con chocolate un rango de 5.8 a 6.48.

En relación a la acidez la NTP 206.013 indica que el máximo permitido es 0.7% expresado en ácido láctico para bizcochos. En esta investigación el rango está desde 0.08 a 0.41%, dentro de lo permitido por la norma. Además, otras investigaciones reportaron valores similares tales como 0.05 a 0.08% (Silva, 2019), 0.03 a 0.06% (Alvarado 2024), 0.25 a 0.38% (Machado *et al.* 2020) en brownies de ciruela con chocolate.

Por último, los valores de sólidos solubles están en un rango de variación de 9.08°Brix, siendo el más alto con 30.30°Brix el tratamiento M267 (50% cacao : 50% maíz morado), conforme la formulación aumentó el contenido de cacao sin aumentar el porcentaje de azúcar, los sólidos solubles disminuyeron, siendo el más bajo de 21.22°Brix del tratamiento M133 que contiene 80% de cacao, debido a la presencia de los polifenoles, teobromina, cafeína, pirazinas, aldehídos, ésteres entre otros, responsables por el sabor astringente y amargo característico del cacao (De Araujo *et al.* 2016; Pareja 2018). Investigaciones reportaron datos similares como Zambrano (2023) en un rango aproximado de 37 a 65°Brix, Gómez *et al.* (2022) valores de 65.34 a 45.54°Brix, Machado *et al.* (2020) valores de 45.4 a 51.20°Brix.

La variabilidad de los resultados se puede explicar a las diversas materias primas utilizadas en esas investigaciones, debido a que no existe una investigación de composición similar publicada hasta el momento.

**Tabla 4: Análisis fisicoquímicos de los brownies**

| Tratamiento | pH                       | Acidez titulable (% ácido láctico) | Sólidos Solubles (°Brix)  |
|-------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| M133        | 6.50 ± 0.01 <sup>d</sup> | 0.41 ± 0.02 <sup>a</sup>           | 21.22 ± 0.03 <sup>d</sup> |
| M375        | 6.79 ± 0.02 <sup>c</sup> | 0.31 ± 0.01 <sup>b</sup>           | 24.27 ± 0.12 <sup>c</sup> |
| M418        | 7.00 ± 0.02 <sup>b</sup> | 0.25 ± 0.03 <sup>c</sup>           | 27.00 ± 0.20 <sup>b</sup> |
| M267        | 7.30 ± 0.02 <sup>a</sup> | 0.08 ± 0.00 <sup>d</sup>           | 30.30 ± 0.10 <sup>a</sup> |

Los valores están expresados en promedio ± DE (n=3). Los números diferentes en la misma columna representan una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las muestras.

### 3.4 Actividad Antioxidante por ABTS y antocianinas

La tabla 5 muestra los resultados de la actividad antioxidante (AA) expresados en  $\mu\text{Mol}/100\text{g}$  y el contenido de antocianinas ( $\text{mg}/100\text{g}$ ), en donde se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos para ambos parámetros. En cuanto a la capacidad antioxidante se observa que el tratamiento M133 (80% cacao : 20% maiz morado) posee la más alta actividad, se ve estrechamente ligada a su composición mayoritaria de los compuestos bioactivos presentes en el cacao, de forma proporcional cuando en la formulación disminuye su presencia la actividad antioxidante también disminuye unos 57408.4 ( $\mu\text{Mol}/100\text{g}$ ).

Borja *et al.* (2022) declara que los compuestos bioactivos más abundantes presentes en el cacao son los polifenoles, siendo detectados alrededor de 35 tipos quienes serían los responsables por su alta actividad antioxidante, dentro de sus principales grupos de polifenoles están los ácidos fenólicos, ácidos benzoicos y flavonoides (flavones, flavanoles, flavanones, flavanoles glucósidos, procianidinas) (Bordiga *et al.* 2015; Rodríguez-Carrasco *et al.* 2018). Cabe resaltar que entre variedades el contenido de polifenoles cambia tal como lo fundamentan otros estudios con variedades Criolla, Trinitario y Forastero (Martini *et al.* 2008; Borja *et al.* 2022).

Una particularidad que presentan los polifenoles presentes del cacao es que a altas temperaturas no disminuye su AA debido a la eficacia de los flavonoides para eliminar radicales libres que se ve influenciada por la disposición espacial y el número total de grupos hidroxilo en sus moléculas. Además, ciertos patrones estructurales como la presencia de un grupo catecol en el anillo B, una doble ligadura en el anillo C y grupos hidroxilo en ciertas posiciones, potencian la capacidad de los flavonoides para eliminar radicales libres (Vignoli *et al.* 2011).

Existe una complicación en comparar valores de AA con otras investigaciones, debido principalmente a las diferencias de los métodos de extracción, solventes y proporciones utilizadas (Jonfia-Essien *et al.* 2008), además que la composición del producto a comparar es diferente, sin embargo para tener alguna idea del impacto de la investigación Peñalver *et al.*

(2023) determinó la AA en un brownie a base de moringa y spirulina obteniendo 299.25  $\mu\text{Mol}/100\text{g}$ , un valor diferente a lo reportado en la presente investigación.

Los otros compuestos bioactivos presentes en este producto son las antocianinas, compuestos fenólicos ampliamente presentes en el reino vegetal, caracterizados por su color morado intenso, azul- rojizo (Pergola *et al.* 2006). Tienen un gran potencial antioxidante porque provee protección contra varias enfermedades causadas por el estrés oxidativo (30), sin embargo, estas sustancias dependiendo del tipo de alimento en donde este presente tiene un comportamiento sinérgico o antagónico que puede ayudar aumentar o disminuir la actividad antioxidante total del alimento (Gulcin 2020; Smeriglio *et al.* 2016).

Los compuestos específicos pertenecientes a este grupo presentes en el maíz morado de Perú son la cianidina-3-dimalonilglucósido, cianidina-3-glucósido, pelargonidina-3-glucósido, peonidina-3-glucósido y sus respectivos homólogos malonados (Aoki *et al.* 2002; Pascual-Teresa *et al.* 2002; Pedreschi y Cisneros-Zevallos, 2007; Yang y Zhai, 2010). Otros estudios también mencionan que el cacao tiene antocianinas, solo que indican que durante el proceso de fermentación se degradan y su contenido disminuye notablemente (Chóez-Guaranda *et al.* 2024), tal como lo indican que registraron la degradación de cianidina 3-galactósido después de 5 días de fermentación en variedades de cacao Trinitario procedentes de Cuba y Camerún (De Taeye *et al.* 2016). Otro estudio reportó una degradación del mismo compuestos al término de 5 días de fermentación de valores iniciales de 13.26 hasta 1.78mg (Peláez *et al.* 2016). Lo mismo se evidencia con el compuesto cianidina 3-O-galactósido de 0.26mg reportado por (Oracz *et al.* 2015).

La cantidad de antocianinas presentes en los tratamientos tienen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) debido a la variación del contenido de maíz morado en la formulación del brownie, siendo el M133 (80% cacao : 20% maíz morado) el que contiene la menor cantidad de antocianinas con 16.32 mg/100g y el tratamiento M267 (50% cacao : 50% maíz morado) contiene más del doble de antocianinas (40.97 mg/100g).

Para la elaboración de los brownies fueron sometidos a 180°C por 15min, esto es un factor que claramente afecta el contenido de antocianinas final porque se degradan con las altas temperaturas, ya que pueden sufrir cambios en su coloración y también su capacidad antioxidante (Aprodu *et al.* 2020; Enaru *et al.* 2021). Estos compuestos pueden presentar cambios en sus mecanismos como la glicosilación, escisión y polimerización que provocará la pérdida de este pigmento y por ende su degradación, produciendo un oscurecimiento (Rodriguez-Amaya 2019; Laleh *et al.* 2005; Riaz *et al.* 2016).

**Tabla 5: Análisis de actividad antioxidante y antocianinas**

| Tratamiento | Actividad Antioxidante<br>( $\mu\text{Mol}/100\text{g}$ ) | Antocianinas (mg/100g) |
|-------------|-----------------------------------------------------------|------------------------|
| M133        | $248562.05 \pm 1627.16^a$                                 | $16.32 \pm 0.11^d$     |
| M375        | $229343.38 \pm 1514.93^b$                                 | $24.62 \pm 0.03^c$     |
| M418        | $210435.39 \pm 1341.21^c$                                 | $32.81 \pm 0.10^b$     |
| M267        | $191153.60 \pm 1254.20^d$                                 | $40.97 \pm 0.06^a$     |

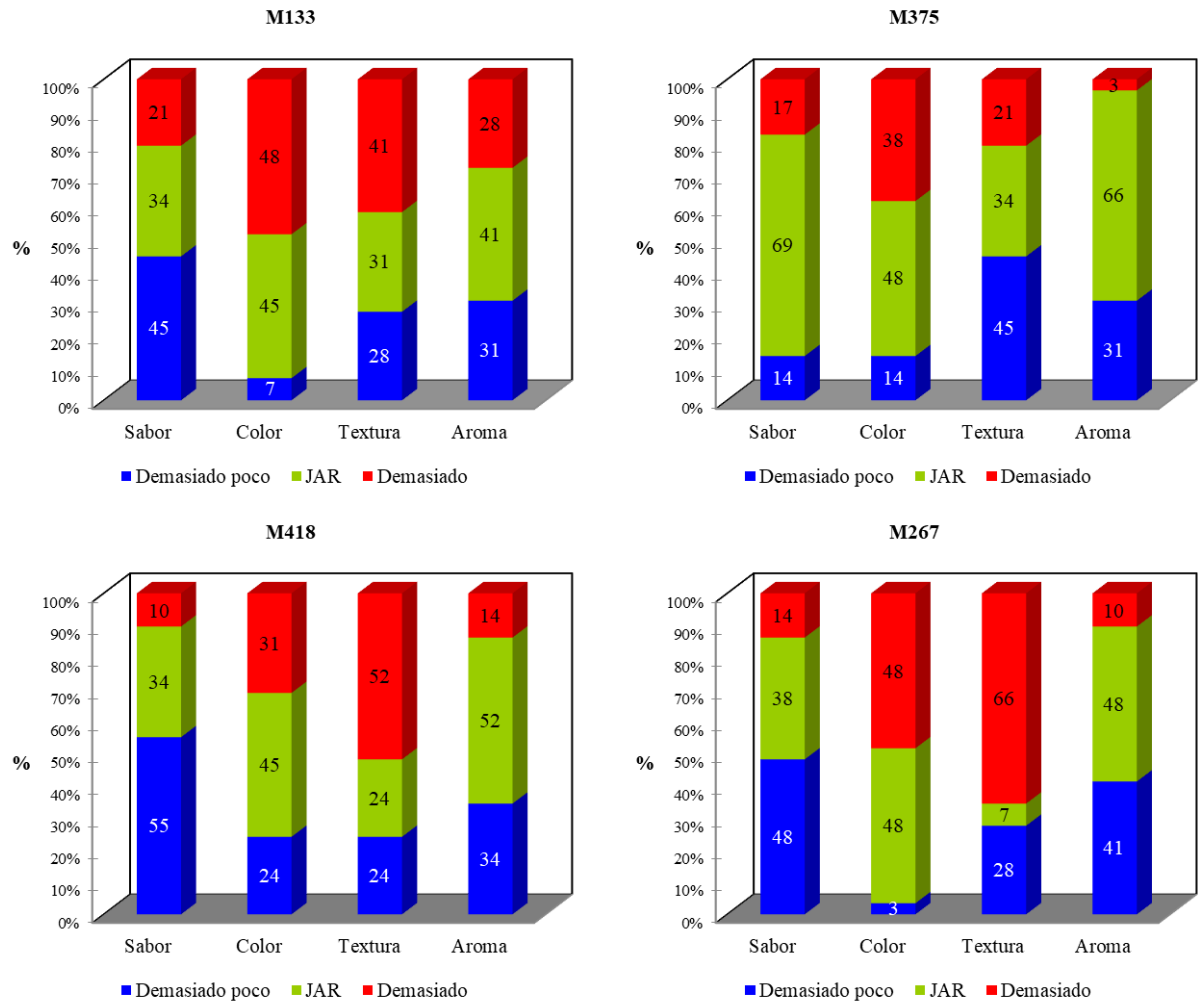
Los valores están expresados en promedio  $\pm$  DE (n=3). Los números diferentes en la misma columna representan una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre las muestras.

### 3.5 Análisis sensorial por el Método *Just-About-Right* (JAR)

La figura 2 muestra los porcentajes de los niveles JAR reducido en tres escalas para cada tratamiento. El tratamiento M133 fue evaluada como “JAR” en un 41% en el aroma, como “Demasiado” en 41 y 48% para los atributos de textura y color, respectivamente, y 45% como “Demasiado poco” en el atributo del sabor. Mientras con la mejor puntuación de “JAR” fue el tratamiento M375 (con 70% de cacao y 30 de maiz morado), con puntuaciones “JAR” de 69, 48 y 66% para los atributos del sabor, color y aroma, respectivamente. La muestra M418 fue valorado como “Demasiado poco” por el 55% sobre el atributo del sabor, como “Demasiado” para el atributo de la textura con un 52% y como “JAR” para los atributos color y aroma con 45 y 52%. Y finalmente, el M267 fue valorado como “JAR” los atributos de color y aroma con 48% cada uno de ellos, como “Demasiado poco” en 48% para el sabor y 66% como “Demasiado” para el atributo de textura.



Se observa una valoración inferior en la textura debido a que es un brownie libre de gluten, es decir tiene una tendencia a desmoronarse un poco más rápido que cualquier otro brownie que contenga gluten mejorando la textura del producto.



**Figura 2 – Porcentajes para los niveles JAR por tratamientos**

La Figura 3 muestra el “Mean Drops vs tratamiento” y el M375 es el mejor evaluado como “JAR”, que indican que 3 de los 4 parámetros están con una aceptación óptima para los consumidores que evaluaron el producto, la observación se basa en mejorar la textura. Respecto a los otros tratamientos se observa que más del 20% de los consumidores penalizaron el atributo de la textura con un valor mean drop > 1, calificando a la textura como “Demasiado

y Demasiado poco”, atributo sensorial que sin duda se recomendaría mejor para un producto libre de gluten.

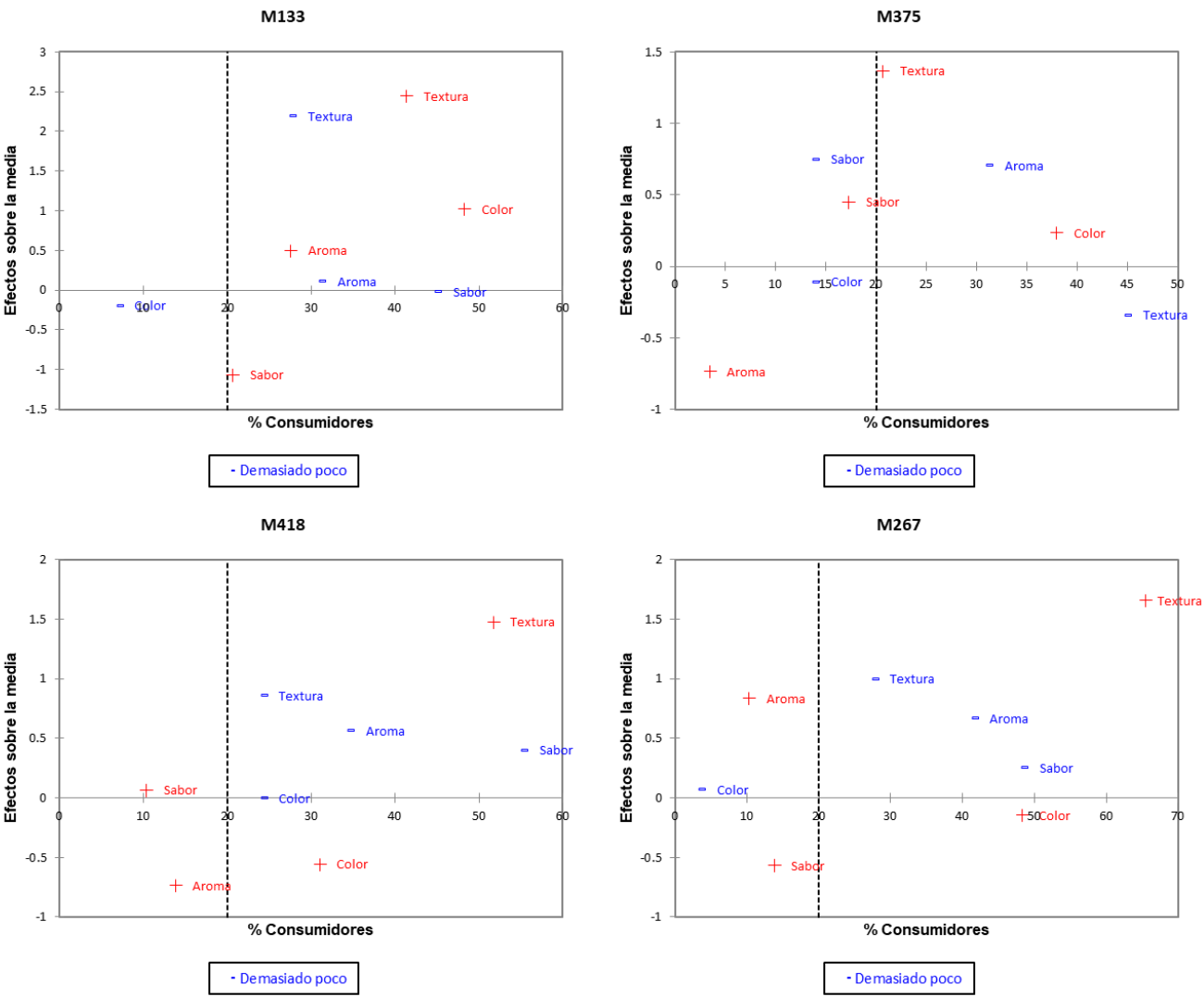


Figura 3 – Mean Drops vs. % para cada tratamiento

#### 4. Conclusión

Los brownies libres de gluten a partir de maíz morado y arroz demostraron tener parámetros proximales similares a otros estudios, se observa que la proporción de cacao y maíz morado afectan directamente a éstos parámetros, destacando el contenido de proteína que es alto en comparación con otros elaborados a base de trigo, sin embargo, aunque el contenido de grasa fue alto debido a alta proporción de cacao, se puede considerar como un alimento energético y nutritivo porque alrededor del 50% de sus calorías provienen de los carbohidratos. Los análisis fisicoquímicos de pH, acidez y sólidos solubles están dentro de lo recomendado por la norma técnica peruana, certificando que las muestras fueron seguras para el posterior análisis sensorial. La actividad antioxidante de los brownies son excepcionales alcanzando altas concentraciones de  $\mu\text{Mol}/100\text{g}$  siendo el tratamiento M133 (80% cacao : 20% maíz morado) con la más alta cantidad en su mayoría provenientes principalmente por los compuestos fenólicos del cacao que son más resistentes a altas temperaturas, aunque es el tratamiento con el menor contenido de contenido de antocianinas con un  $16.32 \pm 0.11 \text{ mg}/100\text{g}$ . Los resultados del análisis sensorial por “JAR” indica que el tratamiento M375 es el más aceptado por los consumidores en cuanto a los atributos de sabor, color y olor; sin embargo, la textura es un atributo que se recomienda mejorar considerando que es un brownie libre de gluten. Finalmente, los brownies libres de gluten desarrollados son nutritivos, aportan calorías y su nivel de aceptación sensorial es alta en una proporción de 70% cacao y de 30% maíz morado, y además pueden ser aptos para personas celíacas.

## 5. Referencias

- Alvarado J.E. (2024). Desarrollo de muffins libres de gluten en base a harina de camote morado (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y achira (*Canna indica* L.). Tesis para título profesional de Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ambato - Ecuador.
- AOAC. (2019). Official methods of analysis of AOAC. Twenty first ed. AOAC International, Gaithersburg.
- Aoki, H., Kuze, N., & Kato, Y. (2002). Anthocyanins isolated from purple corn (*Zea mays* L.). *Foods & Food Ingredients Journal of Japan*, 199, 41–45.
- Aprodu, I.; Milea, S. A.; Enachi, E.; Râpeanu, G.; Bahrim, G.; Stănciuc, N. (2020). Thermal Degradation Kinetics of Anthocyanins Extracted from Purple Maize Flour Extract and the Effect of Heating on Selected Biological Functionality. *Foods*. 9, 1593.
- Arzapalo, D., Huamán, K., Quispe, M., & Espinoza, C. (2015). EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE TRES VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd ) NEGRA COLLANA , PASANKALLA ROJA Y BLANCA JUNÍN EXTRACTION AND CHARACTERIZED STARCH THREE VARIETIES OF QUINOA ( *Chenopodium quinoa* Willd ) BLACK COLLANA , RE. 81(1), 44–54.
- Asociación de Celiacos del Perú. (2019). Asociación de Celiacos del Perú. Obtenido de Asociación de Celiacos del Perú: <https://celiacosperu.org/celiaquia-en-el-peru.html>
- Bordiga, M., Locatelli, M., Travaglia, F., Coïsson, J.D., Mazza, G., Arlorio, M., 2015. Evaluation of the effect of processing on cocoa polyphenols: antiradical activity, anthocyanins and procyanidins profiling from raw beans to chocolate. *Int. J. Food Sci. Technol.* 50 (3), 840–848.
- Borja, J. G. F., Tellez, H. B. H., Atuesta, G. C. P., Aldana, A. P. S., & Arteaga, J. J. M. (2022). Antioxidant activity, total polyphenol content and methylxantine ratio in four materials of *Theobroma cacao* L. from Tolima, Colombia. *Heliyon*, 8(5).
- Cano, A.; Hernández-Ruiz, J.; García-Cánovas, F.; Acosta, M.; Arnao, M. B. 1998. An end-point method for estimation of the total antioxidant activity in plant material. *Phytochemical Analysis* 9, 196-202.
- Chóez-Guaranda, I., Maridueña-Zavala, M., Quevedo, A., Quijano-Avilés, M., Manzano, P., & Cevallos-Cevallos, J. M. (2024). Changes in GC-MS metabolite profile, antioxidant capacity and anthocyanins content during fermentation of fine-flavor cacao beans from Ecuador. *Plos one*, 19(3), e0298909.
- Collazos, J. (1993). Instituto Nacional de Nutrición. Determinación de carbohidratos por diferencia.

- De Araujo QR, Gattward JN, Almoosawi S, Silva Md, Dantas PA, De Araujo Junior QR. (2016). Cacao and human health: from head to food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Pp 56, 1-12. doi: 10.1080/10408398.2012.657921
- De Taeye C, Eyamo Evina VJ, Caullet G, Niemenak N, Collin S (2016) Fate of anthocyanins through cocoa fermentation. Emergence of new polyphenolic dimers. *J Agric Food Chem* 64:8876–8885 <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b03892>
- Enaru, B., Dreţcanu, G., Pop, T. D., Stănilă, A., & Diaconeasa, Z. (2021). Anthocyanins: Factors affecting their stability and degradation. *Antioxidants*, 10(12), 1967.
- FDA - Food and Drug Administration of U.S. (2010). Alergias a los alimentos. Lo que usted debe saber. Recuperado de <http://www.fda.gov/Food/ResourcesForYou/Consumers/ucm220115.htm>
- Gómez, A., Miniet, A., Anaya, J., Arcos, M., & Morán, K. (2022). Uso de harina de quinua en la elaboración de brownies como alternativa alimentaria. 4–12. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.47244/cssn.Vol13.Iss1.666>
- Gulcin, I. (2020). Antioxidants and antioxidant methods: An updated overview. *Arch. Toxicol*, 94, 651–715.
- Jonfia-Essien, W.A., West, G., Alderson, P.G., Tucker, G., (2008). Phenolic content and antioxidant capacity of hybrid variety cocoa beans. *Food Chem*. 108 (3), 1155–1159.
- Kitchen, A. T. (2020). *How Can It Be Gluten Free Cookbook Collection: 350+ Groundbreaking Recipes for All Your Favorites*. Estados Unidos: America's Test Kitchen.
- Laleh, G.H.; Frydoonfar, H.; Heidary, R.; Jameei, R.; Zare, S. (2005). The Effect of Light, Temperature, pH and Species on Stability of Anthocyanin Pigments in Four Berberis Species. *Pak. J. Nutr.* 5, 90–92.
- Lao, F., Sigurdson, G. T., & Giusti, M. M. (2017). Health Benefits of Purple Corn (*Zea mays* L.) Phenolic Compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2), 234–246. doi:10.1111/1541-4337.12249
- Machuca, M. L., & Meyhuay, F. J. (2017). Evaluación nutricional de galletas con sustitución parcial de harina de arroz (*Oryza sativa*) y harina de lentejas (*Lens culinaris*). *Universidad Nacional del Centro del Perú*, 179.
- Martínez, J., Hernández, J., & Arias, A. (2017). Physicochemical and functional properties of white and brown rice (*Oryza Sativa* L) starch. *Revista Alimentos Hoy*, 16.
- Martini, M.H., Figueira, A., Lenci, C.G., Tavares, D., (2008). Polyphenolic Cells and Their Interrelation with Cotyledon Cells in Seven Species of *Theobroma* (Sterculiaceae), 31, pp. 425–431.

- Miranda Villa, P. P., Mufari, J. R., Bergesse, A. E., Planchuelo, A. M. R., & Calandri, E. L. (2018). Calidad nutricional y propiedades físicas de panes libres de gluten.
- Niepage, N. (1961). Versuche zur Fraktionierung und Bausteinanalyse der Proteine in unfermentierten und fermentierten Kakaobohnen. *Gordian*, 1445, 13-20.
- Oracz J, Nebesny E, Żyżelewicz D (2015) Changes in the flavan-3-ols, anthocyanins, and flavanols composition of cocoa beans of different *Theobroma cacao* L. groups affected by roasting conditions. *European Food Research and Technology* 241:663–681
- Pareja A.C.L. (2018). Estudio de la cinética de degradación de la actividad antioxidante y fenoles en el tostado de cacao (*Theobroma cacao* L) variedad chuncho. Tesis de título profesional de Ingeniero de Alimentos. Universidad Peruana Unión. Lima, Perú.
- Pascual-Teresa, S., Santos-Buelga, C., & Rivas-Gonzalo, J. C. (2002). LC-MS analysis of anthocyanin from purple corn cob. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 1003–1006
- Pedreschi, R., & Cisneros-Zevallos, L. (2007). Phenolic profiles of Andean purple corn (*Zea mays* L.). *Food Chemistry*, 100, 956–963.
- Peláez P, Guerra S, Contreras D (2016) Changes in physical and chemical characteristics of fermented cocoa (*Theobroma cacao*) beans with manual and semi-mechanized transfer, between fermentation boxes. *Scientia Agropecuaria* 7:111–119.
- Pergola, C., Rossi, A., Dugo, P., Cuzzocrea, S., & Sautebin, L. (2006). Inhibition of nitric oxide biosynthesis by anthocyanin fraction of blackberry extract. *Nitric Oxide*, 15(1), 30–39.
- Rangana, L. (1977). *Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products*. Tata Mc Graw-Hill. Pub.Co.Ltd. New Delhi. 634p.
- Riaz, M.; Zia-Ul-Haq, M.; Saad, B. (2016). Biosynthesis and Stability of Anthocyanins. In *Anthocyanins and Human Health: Biomolecular and Therapeutic Aspects*; Springer: Cham, Switzerland, 71–86.
- Rodriguez-Amaya, D.B. (2019). Update on natural food pigments—A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. *Food Res. Int.* 124, 200–205.
- Rodriguez-Carrasco, Y., Gaspari, A., Graziani, G., Santini, A., Ritieni, A., (2018). Fast analysis of polyphenols and alkaloids in cocoa-based products by ultra-high performance liquid chromatography and Orbitrap high resolution mass spectrometry (UHPLC-Q-Orbitrap-MS/MS). *Food Res. Int.* 111, 229–236.
- Saturno, L., Ferreti, G., & Bacchetti, T. (2010). *La Dieta sin Gluten: Seguridad y Calidad Nacional*. Foods, 16 - 34.

- Setyani, S., Nurdjanah, S., & Permatahati, D. A. P. (2017). Formulasi Tepung Tempe Jagung (*Zea Mays* L.) Dan Tepung Terigu Terhadap Sifat Kimia, Fisik Dan Sensory Brownies Panggang [The Formulation Of Corn Tempeh Flour (*Zea Mays* L.) And Wheat Flour Toward Chemical, Physical And Sensory Characteristics Of Baked Brownies]. *Teknologi Industri Pertanian*, 22(2).
- Silva D.R. (2019). Aprovechamiento de cultivos andinos tradicionales infrautilizados para el desarrollo de un producto de pastelería tipo muffin. Tesis para título profesional de Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ambato - Ecuador.
- Sinha AK, Kumar V, Makkar HPS, De Boeck G, Becker K. (2011). Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition—a review. *Food Chem* 127:1409–26.
- Smeriglio, A.; Barreca, D.; Bellocchio, E.; Trombetta, D. (2016). Chemistry, Pharmacology and Health Benefits of Anthocyanins: Anthocyanins and Human Health. *Phytother. Res.* 30, 1265–1286.
- Vignoli, J.A., Bassoli, D.G. & Benassi, M.T. (2011). Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material. *Food Chem.* 124, 863–868. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.07.008.
- Villanueva Flores, R. (2017). Productos libre de Gluten: Un reto para la Industria de los Alimentos. *Redalyc*, 183 - 194.
- Voigt, J., Biehl, B., & Wazir, S. K. S. (1993). The major seed proteins of *Theobroma cacao* L. *Food Chemistry*, 47(2), 145-151.
- Yang, Z., & Zhai, W. (2010). Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 169-176.
- Zak, D. K. & Keeney, P. G. (1976). Changes in cocoa proteins during ripening of fruit, fermentation, and further processing of cocoa beans. *J. Agric. Food Chem.*, 24, 483-6.
- Zambrano Zambrano, F. A. (2023). Brownies a base de chocolate sustituyendo de forma parcial la harina de trigo (*Triticum sativum*) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa*)”. Tesis de título profesional de Ingeniera de Alimentos. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador.

## ● 1% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 1% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

---

### FUENTES PRINCIPALES

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

|   |                                                                                  |     |
|---|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | <b>doczz.es</b><br>Internet                                                      | <1% |
| 2 | <b>repositorio.ufc.br</b><br>Internet                                            | <1% |
| 3 | <b>Universidad Nacional del Centro del Peru on 2017-11-10</b><br>Submitted works | <1% |
| 4 | <b>eprints.uanl.mx</b><br>Internet                                               | <1% |



## ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

---

### BLOQUES DE TEXTO EXCLUIDOS

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA Esc...**  
repositorio.upeu.edu.pe

---

**Zea mays L.) Tesis para**  
hdl.handle.net

---

**el objetivo de esta investigación fue**  
repositorio.upeu.edu.pe

---

**MATERIALES Y**  
dspace.unitru.edu.pe

---

**para la elaboración del**  
Universidad Nacional Agraria La Molina on 2024-05-01

---

**en la Tabla 1 se**  
www.researchgate.net

---

**en la tabla 3**  
www.redalyc.org

---

**en la misma columna representan una diferencia significativa ( $p < 0.05$ )**  
www.tandfonline.com

---

**en un rango de 0**  
Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE on 2024-01-08

---

en la mismacolumna representan una diferencia significativa ( $p < 0.05$

[www.tandfonline.com](http://www.tandfonline.com)

---

en la mismacolumna representan una diferencia significativa ( $p < 0,05$

[www.tandfonline.com](http://www.tandfonline.com)