



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

MAESTRÍA EN CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

**“Evaluación de las propiedades fisicoquímicas,
reológicas y sensoriales de un pan libre de gluten
elaborado con harina de malanga como sustituto
de grasa”**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

PRESENTA

I.AL. Raúl Vidal Rodríguez Flores

Director:

Dra. Norma Güemes Vera

Co-director:

Dra. Aurora Quintero Lira

Asesores:

Dr. Javier Martini Piloni

Dr. Sergio Soto Simental

Tulancingo de Bravo, Hidalgo, agosto 2020





Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Agropecuarias

COORDINACION DE INVESTIGACION Y POSGRADO DEL ICAP

Actas de la reunión del Comité de Tesis de Maestría en Ciencia de los Alimentos
Apertura:

La reunión ordinaria para evaluar los avances de la tesis intitulada: "Evaluación de las propiedades físicoquímicas, reológicas y sensoriales de un pan libre de gluten elaborado con harina de malanga como sustituto de grasa", que desarrolla el estudiante I.A. Raúl Vidal Rodríguez Flores.

Asistentes:

Dra. Norma Güemes Vera

Dra. Aurora Quintero Lira

Dr. Javier Piloni Martini

Dr. Sergio Soto Simental

A. Revisión de Trabajo de Tesis

Observaciones:

El comité revisó con antelación el trabajo de tesis en extenso propuesto por la estudiante, comunicando a la I.A. Raúl Vidal Rodríguez Flores, oportunamente las correcciones, adiciones y/o modificaciones que debería considerar para mejorar su trabajo y poder continuar con el proceso de obtención de grado. La estudiante atendió de forma conveniente las sugerencias del comité.

B. Acuerdos

En esta fecha, se comunica atentamente que el comité conformado por los profesores firmantes, otorgamos nuestra autorización para que la estudiante imprima su trabajo final de tesis, y continúe con los trámites necesarios para la obtención del grado de maestría respectivo.

ATENTAMENTE

"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"

Tulancingo de Bravo, Hidalgo a 05 de agosto del 2020

Dra. Norma Güemes Vera

Dra. Aurora Quintero Lira

Dr. Javier Piloni Martini

Dr. Sergio Soto Simental



AGRADECIMIENTOS

especiales

Al Consejo Nacional de
Ciencia y Tecnología
CONACYT por la beca
otorgada...

A mis asesores de tesis, muchas gracias por la
oportunidad de colaborar con ustedes.

A mi familia por su apoyo incondicional

**A MIS AMIGOS POR TODA LA
EXPERIENCIA ADQUIRIDA**

La necesidad, el error, el pecado, la tacañería

Ocupan nuestros espíritus y trabajan nuestros cuerpos,

Y alimentamos nuestros amables remordimientos,

Como los mendigos nutren su miseria...

Charles Baudelaire

Índice

Índice de figuras.....	VII
Índice de tablas.....	VII
Nomenclatura.....	VIII
RESUMEN.....	1
Introducción.....	3
Antecedentes.....	4
2. Productos libres de gluten.....	4
2.1 Harinas e ingredientes más utilizados para la elaboración de panes libres de gluten6	
2.2 Función de la grasa en productos horneados.....	7
2.3 Sustitutos de grasa.....	8
2.4 Alternativas para la sustitución de grasa en productos de panificación.....	9
2.5 Ingredientes cuyo principal objetivo es imitar las propiedades tecno-funcionales de las grasas, así como aportar un valor nutrimental al alimento.....	10
2.5.1 Inulina.....	10
2.5.2 Chía.....	11
2.5.3 Semillas de lino.....	12
2.5.4 Semillas oleaginosas.....	12
2.5.5 El arroz.....	12
3. Enfermedad celiaca.....	13
3.1 Productos de panificación.....	14
3.2 Panificación en México.....	17
4 Ingredientes importantes en la preparación de un muffin.....	18
4.1 Azúcar.....	18
4.2 Huevo.....	18
5. Muffins.....	19
6. Aspectos fundamentales de la malanga.....	19
Justificación.....	22
Objetivos.....	23
Objetivo general.....	23
Objetivos específicos.....	23
Hipótesis.....	24
7. Materiales y Métodos.....	25

7.1	Preparación de la harina.....	27
7.2	Análisis proximal.....	28
7.3	Análisis de perfil de textura (APT) en masas.....	29
7.4	Back extrusión test	30
7.5	Análisis rápido de viscosidad (RVA)	30
8.	Evaluación de las propiedades del muffin.....	31
8.1	Análisis de perfil de textura (APT).....	31
8.2	Análisis proximal en muffins	31
8.3	Pérdida de peso en el horneado	32
8.4	Volumen específico	32
8.5	Color de la corteza y la miga	32
8.6	Estructura de la miga.....	33
8.7	Análisis sensorial.....	33
8.8	Análisis estadístico	34
9.	Resultados y discusión.....	35
9.1	Análisis proximal en harina de malanga (<i>Colocasia esculenta</i>)	35
9.2	Back extrusión test para las masas adicionadas con harina de malanga con la función de sustituto de grasa.....	36
9.3	Análisis de perfil de textura en masas adicionadas con harina de malanga como sustituto de grasa	37
9.4	Análisis rápido de viscosidad (RVA) en masas adicionadas con harina de malanga como sustituto de grasa	39
10.	Análisis de los muffins reducidos en grasa.....	40
10.1	Análisis proximal en muffins reducidos en grasa con harina de malanga	40
10.2	Análisis de perfil de textura (APT) en muffins adicionados con harina de malanga como sustituto de grasa	41
10.3	Color de miga, corteza del pan y pérdida del horneado.....	43
10.4	Análisis sensorial de los muffins adicionados con harina de malanga como sustituto de grasa.....	47
10.5	Estructura de la miga.....	48
	Conclusiones	51
	Referencias	52
	ANEXOS	63

Índice de figuras

Figura 1. Proceso para realizar un pan libre de gluten.	26
Figura 2. Formato de la prueba de nivel de agrado con una escala Hedónica de nueve puntos.....	34
Figura 3. RVA Test en harina de malanga tamizada, sin tamizar y de la formulación testigo	40
Figura 4. Imágenes de la miga a color y con el programa Digimizer.....	49
Figura 5. Muffins libres de gluten adicionados con harina de malanga como sustituto de grasa.....	50

Índice de tablas

Tabla 1 Formulación del muffin libre de gluten.....	25
Tabla 2. Contenido de los diferentes tratamientos para la elaboración de las masas libres de gluten.	27
Tabla 3. Análisis proximal de la harina de malanga	36
Tabla 4. Back extrusión test para masas adicionadas con harina de malanga.....	37
Tabla 5. Análisis de perfil de textura (APT) en masas adicionas con harina de malanga como sustituto de grasa	38
Tabla 6. Análisis proximal de los muffins con los tratamientos (T3 tamizado, T3 sin tamizar y el T testigo).....	41
Tabla 7. Análisis de perfil de textura (APT) en muffins reducidos en grasa con harina de malanga	42
Tabla 8. Calidad del muffin libre de gluten adicionado con harina de malanga como sustituto de grasa	46
Tabla 9. Análisis sensorial	47
Tabla 10. Estructura de la miga de los muffins adicionados con harina de malanga como sustituto de grasa	48

Nomenclatura

LG: libre de gluten

mg: miligramo

kg: kilogramo

DF: Fibra dietética

RS: almidón resistente

GI: índice glucémico

XG: goma xantana

Kcal: kilocaloría

g: gramo

CM: mucílago de chía

HPMC: hidroxipropilmetilcelulosa

EC: enfermedad celíaca

Aw: actividad de agua

μ: micras

N: newton

mm: milímetros

s: segundo

cm³: centímetro cúbico

RESUMEN

La harina de malanga es un potencial ingrediente para los productos de panificación libres de gluten debido a sus características nutricionales. Actualmente existe un grupo de personas intolerantes a la proteína del gluten, estas personas deben excluir de su dieta esta proteína debido a los problemas que les puede llegar a causar sin embargo los productos libres de gluten presentan varias deficiencias nutricionales además poseen gran cantidad de grasas saturadas lo que representa un factor de riesgo para contraer algún tipo de enfermedad crónica degenerativa. El objetivo del siguiente trabajo fue reducir el contenido de grasa en el muffin libre de gluten para mejorar el valor nutrimental del mismo utilizando como sustituto de grasa harina de malanga. Para el análisis reológico y fisicoquímico se realizaron las siguientes técnicas; análisis rápido de viscosidad, Back extrusión, análisis proximal y análisis de perfil de textura. Para el análisis de la calidad de los muffins se realizaron las siguientes técnicas; volumen específico, color en corteza y miga, pérdida de horneado, estructura de la miga. Para el análisis sensorial se realizó una prueba de nivel de agrado con cien jueces no entrenados. El análisis reológico y fisicoquímico mostraron una rápida retrogradación, además el tamaño de partícula influye en la calidad final de los muffins, en el análisis proximal el tratamiento testigo (4.185%) tuvo una diferencia $p < 0.05$ respecto al tratamiento T3 tamizado (5.215%) en cuanto al contenido de proteína sin embargo el contenido de grasa solo logró reducirse de un 15.154%(testigo) a un 11.516%(T3sintamizar), también hubo un incremento en cuanto al contenido de micronutrientes ya que de un 1.009%(testigo) a un 1.376%(T3sintamizar) y 1.504%(T3tamizado) hay diferencias $p < 0.05$, el análisis sensorial muestra resultados positivos ya que no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

Palabras clave: *Libre de gluten, harina de malanga, sustito de grasa.*

ABSTRACT

Taro flour is a potential ingredient for gluten-free bakery products due to its nutritional characteristics. Currently there is a group of people intolerant to gluten protein, these people should exclude this protein from their diet due to the problems that it can cause them, however, gluten-free products present several nutritional deficiencies, and they have a large amount of saturated fat, which represents a risk factor for contracting some type of chronic degenerative disease. The objective of the following work was to reduce the fat content of the gluten-free muffin to improve its nutritional value using taro flour as a fat substitute. For the rheological and physicochemical analysis, the following techniques were performed; Rapid Viscosity Analysis, Back Extrusion, Proximal Analysis and Texture Profile Analysis. For the analysis of the quality of the muffins the following techniques were carried out; specific volume, crust and crumb color, loss of baking, crumb structure. For the sensory analysis, a pleasure level test was carried out with one hundred untrained judges. The rheological and physicochemical analysis showed a rapid retrogradation, in addition the particle size influences the final quality of the muffins, in the proximal analysis the control treatment (4.185%) had a difference $p < 0.05$ compared to the sieved T3 treatment (5.215%) Regarding the protein content, however, the fat content only managed to reduce from 15,154% (control) to 11,516% (T3sintamizar), there was also an increase in terms of the micronutrient content since from 1,009% (control) to 1,376% (T3sympathy) and 1,504% (T3size) there are differences $p < 0.05$, the sensory analysis shows positive results since there are no significant differences between the treatments.

Key words: Gluten free, taro flour, fat substitute.

Introducción

La alta demanda de productos libres de gluten (LG) además de la incidencia de la enfermedad celiaca hace desarrollar a la industria alimentaria nuevos productos LG, pero esto es un gran reto pues no se puede ofrecer un producto de buena calidad y características organolépticas como las de un pan a base de trigo, otro problema en este tipo de productos es la parte nutritiva ya que suelen contener grasas saturadas y no aportan ningún tipo de nutriente. Dado que un exceso de grasas saturadas en la dieta está asociado con la obesidad, algunos tipos de cáncer, un alto nivel de colesterol en la sangre y un aumento en el riesgo de enfermedad cardiovascular, se han hecho intentos para producir alimentos con las propiedades organolépticas sin el alto contenido calórico y bajos en grasas.

Los sustitos de grasa y harinas de diversos cereales, tubérculos y leguminosas pueden realizar las mismas funciones que la grasa además de aportar nutrientes importantes para que el producto final sea de mayor calidad, una de estas aportaciones es la fibra y es de mucha importancia en este tipo de productos ya que contienen un aporte calórico importante, también se ha observado que este tipo de sustitutos pueden aportar un porcentaje de proteína bastante significativo así como de algunos minerales esenciales en la dieta diaria recomendada, sin embargo para obtener un producto de buena calidad, buena aceptación sensorial y que cumpla con las características organolépticas es un gran reto porque se está sustituyendo dos ingredientes fundamentales para que se logre obtener un producto con las características ya mencionadas, el gluten y la grasa, estos dos ingredientes juegan un papel importante para obtener volumen, textura, sabor y un color característico de un pan.

La malanga es un tubérculo que se cultiva en algunos países de África, Sud América y México, en el país los principales productores de malanga son Veracruz y Oaxaca y gran parte de su producción se va para exportación, es un tubérculo muy prometedor para la industria alimentaria pues posee gran contenido nutrimental,

además su almidón puede transformarse en almidón resistente, esto y su gran contenido de fibra lo convierten en un ingrediente que puede ser benéfico para la salud sobre todo para este tipo de productos.

En la siguiente investigación se propone sustituir un porcentaje de grasa en la formulación de un muffin Libre de gluten por harina de malanga.

Antecedentes

2. Productos libres de gluten

De acuerdo con la FDA y el *Codex Alimentarius* un producto LG es aquel que no rebasa la cantidad de 20 mg/kg de gluten (CODEX, 2008; Food and Drug Administration, 2013). Este tipo de productos tienen a nivel mundial un crecimiento anual del 11,5% además los productos de panadería y confitería constituyen más del 50% del mercado (Juhász *et al.*, 2020). Este tipo de productos está dirigido principalmente hacia los consumidores que experimentan intolerancia al gluten o padecen enfermedad celíaca (Manhivi *et al.*, 2018).

Recientemente ha surgido una creencia popular de una alimentación saludable a base de una dieta LG esto conlleva a un creciente número de consumidores en este tipo de productos. En consecuencia, se han realizado innovaciones en productos LG para mejorar sus propiedades tecnológicas y nutricionales. Sin embargo, de acuerdo con lo reportado por Calle *et al.*, (2020) los consumidores siguen insatisfechos con la calidad de estos productos. Los productos LG presentan varias

deficiencias nutricionales algunas de ellas son; baja fibra dietética, minerales (calcio, magnesio y hierro), vitaminas (B12, D y folato) al igual que proteínas, así como un exceso de grasa saturada y alto índice glucémico (Espino-Manzano *et al.*, 2018).

Las principales deficiencias en panes libres de gluten son; mala calidad en cuanto a textura, miga seca y friable, deficiencia de sabor y mala sensación en la boca, color deficiente y otros defectos posteriores al horneado. Desde un punto de vista nutricional, la mayoría de los panes sin gluten son bajos en proteínas y fibra dietética (Phimolsiripol *et al.*, 2012). Presentan características de miga y corteza deficientes, envejecimiento rápido, junto con una mala sensación al paladar (Patil & Arya, 2017). Muchos productos libres de gluten disponibles en el mercado son de baja calidad tecnológica, presentando poco volumen y un color muy deficiente (Álvarez *et al.*, 2017).

La relación entre la dieta restringida de los pacientes celíacos y la producción de alimentos libres de gluten tiene una atención relevante ya que conduce a una menor ingesta de fibra y nutrientes, así como un contenido excesivo de grasas saturadas (Majzoobi, Poor, Jamalian, & Farahnaky, 2016).

El enriquecer productos de panificación con legumbres podría ser una alternativa para mejorar el valor nutricional de estos productos libres de gluten; Además, las legumbres pueden mejorar estos productos con características físicas modificadas, como la textura y la sensación en la boca (Gularte *et al.*, 2012).

2.1 Harinas e ingredientes más utilizados para la elaboración de panes libres de gluten

Se ha utilizado una gran cantidad de harinas y almidones (arroz, maíz, sorgo, amaranto, soja y maní) además de gomas e hidrocoloides, enzimas, proteínas de soja, productos lácteos, clara de huevo, prebióticos para imitar las propiedades viscoelásticas del gluten para mejorar la calidad nutricional, la estructura, la sensación en la boca, la aceptabilidad y la vida útil (Levent & Bilgiçli, 2011). También las harinas de tubérculos como la papa y la yuca se han utilizado (Sciarini *et al.*, 2012). El uso de hidrocoloides, proteínas y enzimas se han mezclado con almidones para mejorar la calidad tecnológica aun así los resultados son limitados debido a su efecto perjudicial sobre las propiedades sensoriales en el producto final (Calle *et al.*, 2020).

Los productos utilizados para mejorar el contenido de fibra dietética (DF) y β -glucano de los alimentos LG provienen tradicionalmente de cereales como el trigo, la avena y la cebada. Recientemente los hongos comestibles se han utilizado gradualmente como fuentes de DF en los mercados mundiales debido a sus cualidades nutricionales (Ng *et al.*, 2017). Por otra parte, Shih *et al.*, (2006) reportan que la batata siendo libre de gluten es particularmente rico en beta caroteno (provitamina A), potasio, fibra dietética y muchos otros ingredientes saludables. Las harinas de batata pueden sustituir en parte a las harinas de trigo y otros cereales, además de mejorar la calidad nutricional en productos de panadería y pasteles.

Los productos alimenticios que contienen almidón resistente (RS) tienen valores de índice glucémico (GI) más bajos, esto conlleva a una formulación de alimentos controlada en la liberación de glucosa, beneficiando a aquellas personas que padecen de sobrepeso y diabetes. La cantidad de almidón resistente (RS) en los alimentos está relacionada con el tipo y la cantidad de almidón (estructura cristalina y granular, relación amilosa: amilopectina, longitud de cadena de la amilosa y

linealización de la amilopectina), junto con las condiciones de procesamiento, cocción y almacenamiento de los alimentos (Simsek & El, 2012).

Las propiedades del almidón y las interacciones con otros componentes, particularmente con el agua, son de gran interés para la industria alimentaria. Cuando el almidón se calienta en presencia de una cantidad suficiente de agua, la pérdida de orden molecular en la estructura del almidón y la lixiviación de la amilosa dan como resultado la conversión de una suspensión acuosa de gránulos de almidón en una pasta viscosa, es decir, la gelatinización (Kovrlija & Rondeau-Mouro, 2017). Por ejemplo, según lo reportado por Yousif *et al.*, (2012) en el grano de sorgo el almidón es un componente importante, sin embargo, su digestibilidad parece ser más baja que la de otros cereales.

Por otra parte, Singh *et al.*, (2015) reportan que la incorporación de hidrocoloides como las gomas son fuentes para mejorar la calidad en productos como los muffins libres de gluten además la goma xantana (XG) es un polisacárido secretado por *Xanthomonas campestris* y se ha utilizado comúnmente como agente espesante, también en productos libres de gluten, XG funciona como una sustancia polimérica que imita las propiedades viscoelásticas del gluten.

2.2 Función de la grasa en productos horneados

La grasa ayuda a la incorporación de burbujas de aire en la masa durante la mezcla, ayuda a fermentar el producto, ablanda la miga, imparte humedad y mejora la sensación en la boca (Rodríguez-García *et al.*, 2012). Según Huerta *et al.*, (2018). ejerce una gran influencia en el volumen y la calidad del pan después de la cocción además funciona como lubricante durante la fase de la mezcla (Fernandes & Salas-Mellado, 2017).

Por otra parte, la grasa en los bizcochos no solo proporciona sabor, también contribuye al aumento de volumen e interfiere con la continuidad de la estructura

del gluten, favoreciendo la formación de una pasta más suave (Eslava-Zomeño *et al.*, 2016).

2.3 Sustitutos de grasa.

Los sustitutos de grasas, son aquellos productos que se utilizan para reemplazar a estas. Estos simulan a las grasas sin poseer ninguno de sus componentes ni características nutricionales, aunque también aportan calorías, pero en menor cantidad. Los sustitutos pueden utilizarse en reemplazo total de las grasas, en cambio los productos que imitan a las grasas, solo pueden reemplazar una fracción de estas sin alterar notoriamente el comportamiento y las características organolépticas del producto al que se han incorporado (Valenzuela B & Sanhueza C, 2008). Por ejemplo, de acuerdo a lo reportado con Clareto *et al.*, (2006) los niveles altos de grasa pueden reducirse eficientemente mediante el uso de ingredientes que simulan las funciones o acentúan estas mismas. Por lo tanto a estos ingredientes se les denomina como sustitutos de grasa y cumplen algunas o todas las funciones de estas mismas con o sin valor nutricional.

En los productos de panadería, como panes y pasteles, los ingredientes utilizados como sustitutos de grasa deben desempeñar el mismo papel que la grasa, es decir, promover la aireación de la masa, la lubricación durante la fase de mezcla y mejorar la textura final del producto, así como aumentar el volumen (Fernandes & Salas-Mellado, 2017).

El uso de grasa en productos de panificación es relativamente costoso y desde el punto de vista nutricional es un alimento alto en calorías (Balic *et al.*, 2017). En varios estudios se informa la relación del consumo excesivo de grasas en alimentos

con enfermedades como; obesidad, diabetes, cáncer de colon entre otros, y problemas cardiovasculares.

El factor más importante para reducir el valor calórico es la reducción del contenido de grasa, la fuente de energía más concentrada en la dieta, que proporciona 9 kcal / g en comparación con 4 kcal / g para proteínas y carbohidratos (Clareto *et al.*, 2006).

2.4 Alternativas para la sustitución de grasa en productos de panificación

El consumo de fibra dietética está por debajo de los niveles recomendados, por otra parte Rodríguez-García *et al.*, (2012) reportan como una opción el reemplazó de la grasa por fibra dietética, los sustitutos de grasa basados en fibra dietética imitan suficientemente las propiedades tecno funcionales de la grasa. Por lo tanto la fibra dietética podría reemplazar a la grasa en las formulaciones de alimentos (Eslava-Zomeño, Quiles, & Hernando, 2016).

Varios sustitutos de grasa en pasteles han sido reportados en la última década (Drabińska *et al.*, 2016). Se han publicado varios estudios sobre la reducción del contenido de grasa en pasteles y muffins al agregar diferentes carbohidratos y fibras, como la inulina, β -glucano, salvado de avena y harina de linaza, fibra de cacao, povidexrosa, maltodextrina y pectina cítrica (Eslava-Zomeño *et al.*, 2016).

En los productos horneados, los reemplazos de grasa retienen la humedad para mejorar la textura. Las sustancias basadas en carbohidratos, como el almidón, la inulina, la pectina y las celulosas modificadas, tienen un interés creciente como sustitutos de la grasa debido a sus beneficios en la buena digestión como las fibras dietéticas (Shin *et al.*, 2017).

Recientemente se ha sugerido que la adición de grasa al pan podría ser reemplazada con harina molida a partir de trigos cerosos (Mouliney *et al.*, 2011).

Los sustitutos a base de carbohidratos combinados con agua forman una estructura tipo gel, dando como resultado una textura deseable. En particular, las fibras dietéticas, que son materiales a base de carbohidratos, pueden actuar como espesantes y estabilizadores para proporcionar un sustituto de grasa efectivo (Song, O, Joung, Shin, & Kim, 2017).

La incorporación de β -glucanos de cereales aumenta los niveles de fibra dietética en panes sin gluten, lo cual es necesario para los pacientes celíacos. El β -glucano se describe como un polímero de glucosa, se encuentra en muchas bacterias, hongos, algas y plantas superiores (como la avena y la cebada). La mayoría de los β -glucanos reportados en la literatura para su incorporación en la elaboración del pan se extraen principalmente de avena, cebada o trigo (Kittisuban, Ritthiruangdej, & Suphantharika, 2014).

2.5 Ingredientes cuyo principal objetivo es imitar las propiedades tecno-funcionales de las grasas, así como aportar un valor nutrimental al alimento.

2.5.1 Inulina

De acuerdo con M. A. Gularte & Esther de la Hera (2012) la inulina es un polisacárido no digerible y actúa como prebiótico estimulando el crecimiento de bacterias benéficas para el colon. La inulina forma geles opacos en altas concentraciones cuando se mezcla con agua. La forma en que atrapa el agua da como resultado propiedades de lubricante y flujo, similares a las de las grasas. Estas propiedades únicas son la razón por la que la inulina se ha identificado como un ingrediente prometedor para la estructuración en alimentos reducidos o sin grasa (Keenan *et al.*, 2014).

Los efectos de la inulina como sustituto de la grasa sobre la textura y las propiedades sensoriales de los muffins demuestran que es posible un reemplazo de hasta el 50% de la grasa (Rodríguez-García *et al.*, 2012).

De acuerdo con Morris & Morris (2012) adicionar inulina a productos de panificación da como resultado un producto más pequeño con una miga más dura y un color más oscuro

El usar inulina como sustituto de grasa en panes elaborados con harina de maíz puede sustituir hasta un 50%, lo que reducirá drásticamente el contenido de calorías y grasas (Joseph & Ru, 2013).

2.5.2 Chía

De acuerdo con lo reportado por Huerta *et al.*, (2018) la chía contiene altos niveles de proteínas y fibra. Debido a su gran contenido de fibra y al mezclarse con el agua se forma un gel conocido como mucílago de chía (CM) que tiene características emulsionantes, este compuesto se puede usar como sustituto de las grasas en productos horneados. Por otro lado Fernandes & Salas-Mellado (2017) reportan que este gel de CM está compuesto esencialmente de fibra soluble y corresponde a aproximadamente el 6% de la semilla de chía, puede actuar como un sustituto de la grasa porque tiene la capacidad de hidratarse, desarrollar viscosidad y mantener la frescura, particularmente en productos de panadería. El consumo de chía disminuye los niveles de colesterol y glucosa en sangre. Las semillas son ricas en ácidos grasos poliinsaturados, particularmente los ácidos grasos omega-3 y omega-6. Además, estos ácidos grasos son beneficiosos para las personas que padecen enfermedades cardíacas y diabetes (Coelho & Salas-Mellado, 2015).

2.5.3 Semillas de lino

Las semillas de lino contienen aproximadamente 28% de fibra, de las cuales un tercio es soluble (Esteller *et al.*, 2004) . La fibra soluble está asociada con la capacidad de reducir el colesterol y regular los niveles de azúcar en la sangre. El resto de la fibra dietética es insoluble (Tomaschunas *et al.*, 2013). La fibra insoluble favorece el aumento del volumen de las heces y reduce el tiempo de tránsito intestinal, por lo que ayuda a prevenir el estreñimiento y puede brindar protección contra el cáncer de colon (Eslava-Zomeño *et al.*, 2016).

2.5.4 Semillas oleaginosas

El maní, es la tercera semilla oleaginosa principal del mundo después de la soja y el algodón, se cultiva principalmente para el consumo humano, pero tiene varios usos como semilla entera o como ingrediente básico en la fabricación de pasta de maní o mantequilla, aceite y otros productos similares, el aceite es fácilmente digerible y el consumo de maní se ha asociado con la prevención de enfermedades cardiovasculares y previene el desarrollo de diabetes tipo II. La harina de maní baja en grasa puede implementarse en el desarrollo de panes (Adeboye *et al.*, 2018).

2.5.5 El arroz

El arroz se considera un sustituto adecuado para el trigo, ya que está disponible en todo el mundo y es menos alergénico. Por lo tanto, se han hecho varios esfuerzos

para producir pan de arroz sin gluten. La adición de gomas como hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) producen una red macromolecular similar al gluten, que mejora las propiedades reológicas de la masa de arroz y aumenta el volumen del pan (Yano, Fukui, Kajiwara, Kobayashi, Yoza, *et al.*, 2017). Los almidones y harinas de arroz son ampliamente utilizados en la formulación de panes sin gluten. La harina de arroz tiene propiedades tales como, una gran cantidad de carbohidratos de fácil digestión, sabor suave, incoloro, bajos niveles de sodio y propiedades hipoalergénicas, que son deseables para pacientes que padecen enfermedad celíaca. Sin embargo, la ausencia de gluten causa problemas asociados con la falta de viscoelasticidad de la masa, como escasa extensibilidad, falta de resistencia al estiramiento, poca tolerancia a la mezcla y poca capacidad de retención de gases, lo que resulta en pan con una textura friable, mal color y otros defectos de calidad (Kittisuban, Ritthiruangdej, & Supphantharika, 2014).

3. Enfermedad celíaca

La enfermedad celíaca (EC) o la enteropatía sensible al gluten, es una enfermedad autoinmune caracterizada por la inflamación crónica y la atrofia de la mucosa del intestino delgado causada por la exposición al gluten en la dieta que afecta a individuos genéticamente predispuestos (Rubio-tapia, 2018).

En pacientes con EC, el consumo de alimentos que contienen gluten conduce al daño del intestino delgado con la consiguiente reducción de la absorción de

nutrientes. Hasta la fecha, el remedio para celíacos y otras enfermedades relacionadas con el gluten es excluir el gluten de la dieta (Kahraman *et al.*, 2018).

Actualmente entre el 1 y 2% de la población a nivel mundial padece de la EC. En México se estima que al menos 800,000 personas padecen de la enfermedad celiaca esto indica que existe una prevalencia del 0.5 y 0.7% de la población (Espino-Manzano *et al.*, 2018).

La amplia prevalencia de la enfermedad celíaca origina una creciente demanda de alimentos sin gluten (Yano, Fukui, Kajiwara, Kobayashi, & Yoza, 2017). Los panes LG comerciales son principalmente de almidón y, por lo tanto, carecen de fibra, vitaminas y nutrientes, lo que provoca un desequilibrio en la dieta de los pacientes celíacos (Patil & Arya, 2017).

3.1 Productos de panificación

El pan ha sido considerado durante siglos como uno de los productos alimenticios básicos más populares (Song *et al.*, 2017) de acuerdo con MacRitchie., (2016) la elaboración de pan se originó alrededor del año 2000 a. C, los egipcios sabían cómo hacer pan fermentado. Parece probable que el proceso se haya desarrollado mediante un procedimiento de prueba y error.

El pan es, simplemente una mezcla de harina, agua, levadura y cloruro de sodio, con o sin mantequilla, en las proporciones correctas, amasado, fermentado y horneado (Pico *et al.*, 2015). De todos los productos de panadería, el pan es de particular interés para la industria alimentaria debido a su papel indispensable como alimento básico en todo el mundo. Los panes son diversos en sus ingredientes, condiciones de procesamiento y apariencia. Por ejemplo, el pan de sándwich del

Reino Unido tiene una estructura celular de miga fina; el Baguette francés se presenta con una miga altamente aireada y una corteza crujiente; el pan plano del Medio Oriente tiene una miga densa; y el pan chino al vapor tiene una corteza suave y húmeda. A pesar de las grandes variaciones en los tipos de pan, sus estructuras generalmente se describen como, una espuma de celda abierta que consiste en poros altamente conectados (Gao *et al.*, 2018).

El pan de trigo es el alimento básico en muchas dietas, representa una de las principales fuentes de la ingesta diaria de energía. La composición del pan es el resultado de varios factores, incluidos los genotipos del trigo, los tratamientos agronómicos, las condiciones ambientales, la composición de la harina, las condiciones de panificación y el almacenamiento del producto. La especie de trigo más utilizada para la fabricación de pan es *Triticum aestivum* L. o trigo "común", que representa el 95% de la producción de trigo, seguido de *Triticum durum* o trigo "durum", que se utiliza ampliamente en la cocina mediterránea para hacer panes especiales (Parenti *et al.*, 2020).

El gluten es la principal proteína formadora de estructura en la harina y es responsable de las buenas propiedades de panificación de la masa de trigo. Las fracciones proteicas en el gluten son la glutenina y la gliadina (Kittisuban *et al.*, 2014). La gliadina (soluble en alcohol) y glutenina (insoluble en alcohol). La gliadina es responsable de la viscosidad de la masa, mientras que la glutenina es responsable de la resistencia y elasticidad de la masa (Xu *et al.*, 2019). El gluten, por lo tanto, proporciona cohesión a la masa durante el procesamiento, retiene los gases de levadura, establece la estructura de la miga e imparte elasticidad a la textura del pan. (Drabińska, Zieliński, & Krupa-Kozak, 2016).

De acuerdo con Pico *et al.*, (2015) se recomienda el consumo de 250 g de pan por persona al día sin embargo, depende del país, los productos horneados son, por lo tanto, uno de los alimentos más consumidos en el mundo, representan más de 9 mil millones de kg por año a nivel mundial.

Durante la mayor parte de la historia humana, la harina se produjo utilizando molinos de piedra, que trituraban y molían simultáneamente los granos de trigo en una sola corriente de molino, dando harina de trigo integral. El proceso de molienda se revolucionó por completo durante la segunda mitad del siglo XIX con la introducción del molino de rodillos, lo que proporcionó una mejor calidad tecnológica y panes con propiedades sensoriales que los consumidores aprecian ampliamente. Por lo tanto, la harina refinada se ha convertido en el estándar para los futuros desarrollos tecnológicos en la industria de la panadería hasta nuestros días. Esto significa que todo el conocimiento sobre la formulación del pan y la implementación del proceso se ha realizado considerando la harina de trigo refinada, caracterizada por una composición química compuesta principalmente de almidón (80% -85%) y proteínas (8% -14%) (Parenti *et al.*, 2020).

Sin embargo, como producto alimenticio rico en carbohidratos, el pan contiene una gran cantidad de almidón rápidamente digerible, lo que a menudo conduce a un alto índice glucémico IG (Lin *et al.*, 2019).

En los últimos años se ha interesado en la harina de trigo sin refinar, ya que varios estudios han demostrado que el consumo habitual de estos productos está asociado con beneficios para la salud, tales como un menor riesgo de enfermedades crónicas degenerativas y una mejor regulación del peso corporal. El progresivo interés en alimentos saludables y funcionales ha llevado a un constante crecimiento en la demanda de panes de alto valor nutricional (Parenti *et al.*, 2020).

La calidad del pan se define normalmente de acuerdo con su volumen, textura, color y sabor (Pico *et al.*, 2015) sin embargo de acuerdo con Parenti *et al.*, (2020) ha sido necesario reinterpretar la calidad del pan, incluyendo también el valor nutricional.

3.2 Panificación en México

La panificación es una de las industrias más importantes dentro de la industria alimentaria de acuerdo con el número de establecimientos de los cuales las microempresas representan el 96.5 %, empresas pequeñas el 3% y empresas medianas y grandes el 0.3%, sumando un total de más de 60 mil establecimientos, sólo después de la industria de la tortilla de maíz y molienda de nixtamal (CANAINPA 2017). La costumbre de comer pan es tradicional en México aunque su elaboración y origen es principalmente de descendencia española y francesa, la incorporación de este producto al país lo transformó en uno de los agasajos más accesibles y de mayor variedad, lo que hace frecuente su consumo. La celebración de día de muertos, donde se elabora un tipo especial de pan es de lo más representativo en el país. En 2003, la UNESCO reconoció a este como una obra maestra de la humanidad y aunque algunos historiadores aseguran que su origen data desde la época prehispánica, fue en realidad hasta el virreinato cuando comenzó a elaborarse a base de trigo y azúcar (Secretaría de Economía 2017).

De acuerdo con la Cámara Nacional de la Industria Panificadora CANAINPA (2017), el consumo per cápita anual de pan es de 33.5 kg, de los cuales entre el 70% y 75% corresponde a pan blanco, y el restante 30% o 25%, respectivamente, a pan dulce, galletas y pasteles. De acuerdo con la Secretaría de Economía (2017) en el 2016, el valor de la producción de la panificación tradicional aumentó 0.8% con respecto al año anterior.

Los productos de panificación están incluidos dentro de la canasta básica. En México se puede encontrar una extensa variedad de pan debido a la diversidad que hace alusión a la cultura y tradiciones del lugar, se estiman alrededor de 1,000 variedades que son distinguidas por la masa de elaboración, forma y región (Profeco, 2018).

4 Ingredientes importantes en la preparación de un muffin

4.1 Azúcar

La sacarosa o azúcar también juega un papel importante en el color y el aroma del producto. Al igual que otros azúcares, la reacción de Maillard y la caramelización en presencia de sacarosa proporciona un agradable color de corteza marrón y un aroma único, que mejora significativamente la aceptación de los productos horneados. Sirve como alimento a las levaduras que otorgan el volumen al pan por la fermentación liberando CO₂. Además, la sacarosa disminuye efectivamente la actividad del agua (Aw) en el producto y, por lo tanto, inhibe la actividad de los microorganismos y prolonga la vida útil del producto (Luo *et al.*, 2019).

4.2 Huevo

El huevo desempeña un papel importante en productos de panadería. Dichos roles incluyen, entre otros, emulsificación, mejora del color, contribución a la estructura y acción como espesante. También puede influir en las características de la masa, como el volumen, la textura y la estabilidad oxidativa de las mismas (Oyeyinka *et al.*, 2019).

5. Muffins

Los Muffins también conocidos como magdalenas son un desayuno o merienda popular, que se prepara tradicionalmente a partir de harina de trigo, huevos, azúcar, aceite o grasa y leche. Son productos dulces horneados con alto contenido calórico muy apreciados por los consumidores debido a su buen sabor y textura suave. El panecillo es similar al bizcocho, que se caracteriza por ser un producto suave y esponjoso debido a su estructura porosa y su alto volumen (Shevkani & Singh, 2014).

Los muffins, son muy apreciados por los consumidores, especialmente por los niños, debido a su suave textura y su delicioso sabor característico, sin embargo, se han llevado a cabo investigaciones limitadas para desarrollar muffins libres de gluten (Álvarez *et al.*, 2017).

6. Aspectos fundamentales de la malanga

Colocasia esculenta también conocida como taro, es un tubérculo comestible que pertenece a la familia de las *Araceae* su forma es ovoide redonda con pulpa almidonosa y cáscara de color marrón oscura, se cultiva en varios países de África, Asia y América (Madrigal-Ambriz *et al.*, 2018). Algunos rasgos fisiológicos y fenológicos sugieren que las variedades locales de la malanga pueden adaptarse a condiciones limitadas del agua para su cultivo (Mabhaudhi *et al.*, 2014).

El almidón de Malanga puede ser utilizado en la industria de alimentos como ingrediente en botanas, salsas, cremas, fideos, pastas, productos cárnicos, entre otros (Torres *et al.*, 2013). Por otra parte Rodríguez *et al.*, (2011) reportan un valor nutrimental bastante considerable en cuanto a proteína (1.4 a 7%) además de ser una buena fuente de fibra (0.6-0.8 %), vitamina A, C, calcio y fósforo.

En México, los principales productores de la malanga son los estados de Oaxaca, Veracruz y Puebla; en Oaxaca se cultivan aproximadamente 300 hectáreas para exportación a Estados Unidos y Canadá, con un rendimiento promedio de 25 toneladas por hectárea, generando una derrama económica superior a los 6 millones de pesos (*Madrigal-Ambriz et al.*, 2018)

El alto contenido de fibra en la malanga puede ayudar a tratar el estreñimiento y, por lo tanto, reduce la incidencia del cáncer de colon, la diabetes, las enfermedades cardíacas y algunas otras enfermedades digestivas (*Kumoro et al.*, 2014). Por otro lado, el alto porcentaje de minerales y vitaminas (Fe, Zn, vitamina C y β -caroteno) representa el 25% de lo recomendado diariamente (*Brito, Miamoto, Pereira, Kelly y Bertolucci*, 2018).

La harina de malanga contiene componentes nutricionales que pueden mejorar el valor nutricional de los alimentos libres de gluten. El contenido de proteína en la harina de malanga (8.28%) es mayor comparado con otras harinas comúnmente utilizadas en productos libres de gluten como; las harinas de maíz (5.50%), arroz (7.33%), yuca (1.4%) o papa dulce (6.3%) (*Calle et al.*, 2020).

Se usa tradicionalmente como planta medicinal y proporciona compuestos bioactivos con importantes propiedades biológicas. Aporta carbohidratos, proteínas, tiamina, riboflavina, niacina, ácido oxálico, oxalato de calcio, minerales, lípidos, ácidos grasos insaturados y antocianinas. Tiene un valor nutricional superior en comparación con la papa, el camote, la yuca y el arroz. Además, es de fácil digestión posee propiedades no alergénicas, es antihipertensivo antidiabético, antioxidante, hepatoprotector, antiinflamatorio, antimicrobiano, helmíntico, proliferativo e hipolipemiante (*Pereira et al.*, 2015).

Contiene almidón digerible, proteína de buena calidad, ácido ascórbico, tiamina, riboflavina, niacina y altas puntuaciones de aminoácidos, contiene de 70 a 80% de almidón con gránulos de tamaño pequeño que varía de 1 a 5 μ , significativamente más pequeño que el del maíz y el trigo. Contiene 34.04% y 34.26% de amilosa (e

invariablemente alrededor del 66% de amilopectina). Los almidones que contienen mayor porcentaje de amilopectina tienen mayor viscosidad y estabilidad de la pasta. Esto significa que el almidón producirá una pasta más espesa, que será menos probable que se descomponga durante la cocción (James *et al.*, 2015).

Justificación

En México existe aproximadamente el 1% de la población con la enfermedad celiaca, lo que representa un grupo potencial de consumidores de productos libres de gluten. Sin embargo, el exceso de grasas saturadas en estos productos conlleva a algunas enfermedades crónicas. Por lo que en esta investigación se propone el uso de harina de malanga como sustituto de grasa en un producto de panificación conservando las características organolépticas, así como aumentar su valor nutricional. El valor agregado a la malanga representa una fuente de empleo directa para un gran sector de agricultores en el país además de un fácil acceso a una buena alimentación, al utilizarla como un sustituto de grasa en productos de panificación libres de gluten mejorará los beneficios de este tubérculo. Su aporte nutrimental es mayor que el de otros tubérculos esto representa más beneficios y sin duda mayor interés en la utilización para productos de panificación, sobre todo de productos libres de gluten.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de un pan libre de gluten utilizando harina de malanga como sustituto de grasa, a través sus propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales para obtener un producto bajo en grasa y mejorar su valor nutricional.

Objetivos específicos.

- Realizar el análisis reológico de las masas libres de gluten con la sustitución parcial de grasa con harina de malanga, utilizando las siguientes técnicas (APT, RVA, Back extrusión) con la finalidad de comparar con otras masas libres de gluten.
- Evaluar los parámetros de calidad de un pan libre de gluten reducido en grasa utilizando harina de malanga, determinando (volumen específico, color y análisis del perfil de textura de la miga), así como sus características fisicoquímicas y sensoriales.

Hipótesis

El adicionar harina de malanga como sustituto de grasa en un pan libre de gluten, no solo reducirá el porcentaje de grasa si no que aumentará su valor nutricional.

7. Materiales y Métodos

La materia prima (el tubérculo de malanga) fue recolectada de la región del Municipio de Huayacocotla, Veracruz. Ubicado en las coordenadas 20°32'14"N 98°28'45"O. En la tabla 1 se muestra la formulación utilizada para la elaboración de los muffins libres de gluten.

Tabla 1 Formulación del muffin libre de gluten

Ingredientes	%
Harina de arroz	10,86
Almidón de papa	6,39
Almidón de Yuca/mandioca	5,32
Almidón de maíz	2,13
Hidrocoloide	1,0
Azúcar	21,29
Sal	0,43
Levadura	1,70
Aceite vegetal	15,96
Huevos	22,35
Agua	12,77
Esencia de vainilla	0,11

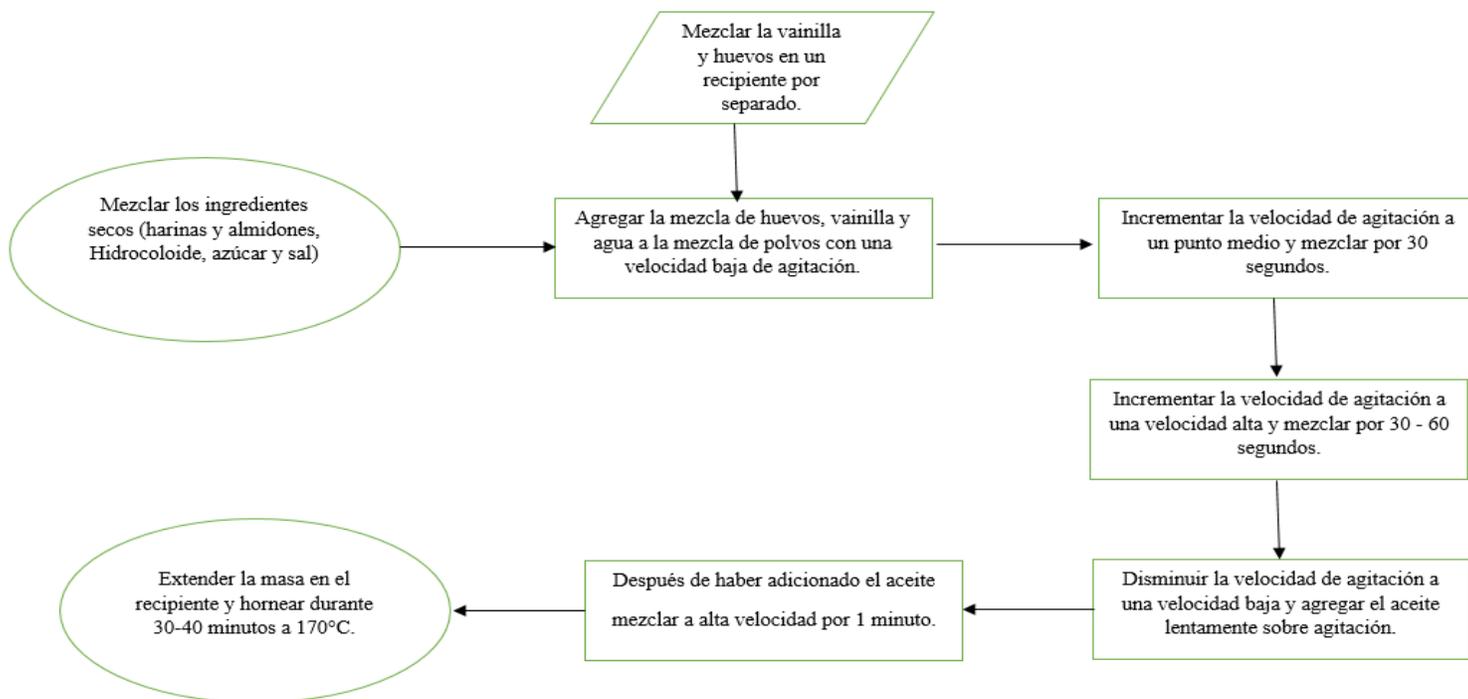


Figura 1. Proceso para realizar un pan libre de gluten.

En la tabla 2 se muestran los tratamientos formulados, cabe señalar que el porcentaje de sustitución de grasa fue sustituida del total de la grasa utilizada de la formulación base.

Tabla 2. Contenido de los diferentes tratamientos para la elaboración de las masas libres de gluten.

Tratamientos	Sustitución de grasa (%)
Control	0
Tratamiento 1 sin tamizar (T1SINTAMZ)	
	0.5
Tamizado (T1TAMZ)	
Tratamiento 2 sin tamizar (T2SINTAMZ)	
	1.5
Tamizado (T2TAMZ)	
Tratamiento 3 sin tamizar (T3SINTAMZ)	
	3
Tamizado (T3TAMZ)	

7.1 Preparación de la harina

La muestra fue sometida a un lavado, pesado y pelado manualmente, únicamente la pulpa y el resto de la cascara por separado, posteriormente la muestra pasó por una rebanadora de uso industrial, después un secado en charolas de aluminio en una estufa Convencional (Kitchen Aid, KOSE500EBS, EE. UU.) A 50 °C durante 18 horas. Posteriormente fueron trituradas las hojuelas en un molino de cuchillas (IKA, MF 10.1, EE. UU.) Utilizando un tamiz de malla + 100 (> 149 µm) esto se tomó de acuerdo con la metodología reportada por Malanga & Actopan (2018).

Para su almacenamiento fueron utilizadas bolsas (ziploc) con cierre hermético a temperatura ambiente.

7.2 Análisis proximal.

Los contenidos de humedad (AOAC 950.46), proteína (AOAC 991.20), ceniza (AOAC 920.153), grasa (AOAC 954.02) y fibra cruda (AOAC 962.09) fueron determinados de acuerdo con la AOAC (2005), respectivamente.

➤ **Humedad** (AOAC 950.46)

Fue utilizada una estufa a $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$. El método está basado en la diferencia de peso de las muestras antes y después de secarla por la pérdida de peso que sufre la muestra por calentamiento hasta obtener un peso constante.

➤ **Ceniza** (AOAC 920.153)

Para la determinación de cenizas fue necesario la manipulación de una mufla a 550°C aproximadamente, es un método gravimétrico que se basa en la calcinación de la materia orgánica por vía seca en la mufla, calcinando la muestra hasta que las cenizas sean ligeramente grises.

➤ **Proteína** (AOAC 991.20)

Para ello la utilización del equipo de unidad de digestión y destilación Kjeldahl es necesario, toda la materia orgánica se destruye y aquella que contiene nitrógeno tendrá una reacción de desplazamiento con el ácido sulfúrico concentrado para producir sulfato de amonio. Este compuesto reacciona con el hidróxido de sodio y libera amoníaco. Ocurre una destilación y se recibe en ácido bórico, para formar borato de amonio valorando con el ácido clorhídrico. Los cálculos son en base a un patrón (muestra en blanco) y la cuantificación es la diferencia gastada de titulante de la muestra.

➤ **Grasa** (AOAC 954.02)

La utilización del equipo Soxhlet fue requerida para esta prueba. El contenido del extracto etéreo consiste en la extracción de las grasas neutras del

material seco con una fracción de éter de petróleo en un extractor Soxhlet, que es una extracción intermitente con un exceso de disolvente.

➤ **Fibra** (AOAC 962.09)

Con el equipo de extracción de fibra para determinar el contenido de fibra en la muestra, después de ser digerida con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y calcinado el residuo. La diferencia de pesos después de la calcinación nos indica la cantidad de fibra presente.

7.3 Análisis de perfil de textura (APT) en masas.

Este método se realizó de acuerdo con Bourne (2002) empleando un Texturómetro (Brookfield, CT3 Texture Analyzer, USA) en el cual fue colocada la muestra (tratamientos) y fue comprimida por medio de la Sonda 36 de aluminio, al 50% de deformación con una celda de carga de 4.5 Kg a una velocidad de 1mm/s. La prueba consta de dos compresiones las cuales son reportadas por medio de una curva típica que representa los parámetros a evaluar, para el caso de esta investigación los parámetros a medir son los siguientes; Dureza (N), Adhesividad (N), Cohesividad e índice de Elasticidad. Estos parámetros están relacionados con la masticabilidad, por ejemplo: la dureza está relacionada con la fuerza aplicada que causa la ruptura o deformación de la muestra.

7.4 Back extrusión test

La extrusión inversa (Back extrusión) es una técnica utilizada para analizar las propiedades de flujo de fluidos. Es muy útil con materiales que presentan una consistencia similar a una masa y con suspensiones de partículas (Gujral & Sodhi, 2002). De acuerdo con la metodología de Majzoobi *et al.*, (2016).

Para esta técnica fue utilizado un analizador de textura, el texturómetro (Brookfield, CT3 Texture Analyzer, USA) manipulando una celda de carga con una capacidad máxima de 4.5 kg para estudiar las propiedades de textura de la masa. La masa (60 ml) se vertió en un recipiente de vidrio cilíndrico (20 mm de altura y 30 mm de ancho) posteriormente hubo un ensayo con el instrumento a 22 ° C. La velocidad de prueba de 1 mm s⁻¹, velocidad de prueba de 1 mm s⁻¹, velocidad de prueba posterior de 10 mm s⁻¹, objetivo de 5 mm y una carga de activación de 0.067 N utilizando una sonda TA9 con un diámetro de 35 mm.

7.5 Análisis rápido de viscosidad (RVA)

Las muestras de harina tamiza, harina sin tamizar y la mezcla de las harinas de la formula base fueron analizadas por duplicado Mediante un análisis rápido de viscosidad con el equipo (RVA 4500 Perten Instruments, Kungens, Sweden) junto con el software Termocline para Windows (TCW) de acuerdo al metodología reportada por Liu *et al.*, (2019).

8. Evaluación de las propiedades del muffin.

8.1 Análisis de perfil de textura (APT).

Para esta técnica se siguió la metodología reportada por Bourne (2002). Fue utilizado un Texturómetro (Brookfield, CT3 Texture Analyzer, USA) en el cual fueron colocadas las muestras (tratamientos) y fue comprimida por medio de la Sonda 36 de aluminio, al 50% de deformación con una celda de carga de 4.5Kg a una velocidad de 1mm/s. La prueba consta de dos compresiones las cuales son reportadas por medio de una curva típica que representa los parámetros a evaluar, para el caso de esta investigación los parámetros a medir son los siguientes; Dureza (N), Adhesividad (N), Cohesividad e índice de Elasticidad.

8.2 Análisis proximal en muffins

Los contenidos de humedad (AOAC 950.46), proteína (AOAC 991.20), ceniza (AOAC 920.153), grasa (AOAC 954.02) y fibra cruda (AOAC 962.09) fueron determinados de acuerdo con la AOAC (2005), respectivamente.

8.3 Pérdida de peso en el horneado

La pérdida de masa al hornear (% PM) fue calculada de acuerdo con la ecuación (1), como sigue.

$$PM (\%) = \frac{M_{masa} - M_{pan}}{M_{masa}} \times 100 \quad (1)$$

Donde M_{masa} es el peso de la masa y M_{pan} el peso del pan (Coelho & Salas-Mellado, 2015).

8.4 Volumen específico

El volumen del muffin fue calculado por el desplazamiento de la semilla de alpiste (método AACC 10-05,2000). En base al peso del producto, se calculó el volumen específico en (cm^3/g).

8.5 Color de la corteza y la miga

El color de la corteza y la miga fueron analizadas a través de los parámetros L^* , a^* y b^* , el parámetro L representa el coeficiente de luminosidad (negro= 0 a blanco=

100) y las coordenadas a^* b^* determinan el color, para a^* las tonalidades van de rojo (positivas) a verde (negativas) y para b^* amarillo (positivas) a azul (negativas). Fue utilizado un colorímetro Minolta modelo 508d, que utiliza el sistema internacional CIELAB con iluminante C y un ángulo observador de 10° con al menos tres lecturas por muestra (Gull *et al.*, 2015).

8.6 Estructura de la miga

La estructura de la miga de los tratamientos fue analizada mediante análisis de imagen modificado de Sánchez-Pardo *et al.*, (2012), en el que 30 muffins fueron cortados por la mitad con un cuchillo de sierra. La imagen cortada por el centro con un tamaño de 720x720 píxeles (1 cm= 28.284 píxeles) esto con base a lo reportado por Espino-Manzano *et al.*, (2018) para ello se utilizó el software Digimizer (ImageJ 1.49v). Los parámetros son los siguientes: 1) área de las celdas, 2) área promedio de las celdas, 3) densidad celular por cm^2 porcentaje de fase dispersa (definido como el porcentaje de aire atrapado en la miga por unidad de área).

8.7 Análisis sensorial

Para el análisis sensorial se realizó una prueba de nivel de agrado con 100 panelistas sin entrenar, tomado de Huerta *et al.*, (2016) con el formato de la figura 2.

Nombre: _____ Fecha: _____

Producto: Muffins

Instrucciones: A continuación, pruebe las siguientes muestras de izquierda a derecha. Marque con una X en el lugar que indique su opinión acerca de cada una de las muestras.

ESCALA	184	930	049
Me gusta muchísimo	—	—	—
Me gusta mucho	—	—	—
Me gusta bastante	—	—	—
Me gusta ligeramente	—	—	—
Ni me gusta ni me disgusta	—	—	—
Me disgusta ligeramente	—	—	—
Me disgusta bastante	—	—	—
Me disgusta mucho	—	—	—
Me disgusta muchísimo	—	—	—

Comentarios _____

MUCHAS GRACIAS

Figura 2. Formato de la prueba de nivel de agrado con una escala Hedónica de nueve puntos.

8.8 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar, por medio de un análisis de varianza (ANOVA) y si hubo diferencias significativas entre las medias fue empleado el método *Tukey* para compararlas utilizando un nivel de significancia $p < 0.05$, con el paquete estadístico IBM SPSS Statistics.

9. Resultados y discusión

9.1 Análisis proximal en harina de malanga (*Colocasia esculenta*)

La tabla 3 muestra el análisis proximal de la harina de malanga para harina tamizada y sin tamizar este análisis fue realizado principalmente para saber si hay diferencia en cuanto al contenido de proteína, grasa y fibra, estadísticamente no hay diferencias significativas entre las harinas de la tabla 3 excepto para el parámetro de humedad, esto concuerda con los resultados para harina de quínoa donde hay diferencias significativas de acuerdo al tamaño de partícula sin embargo la humedad disminuye conforme el tamaño de partícula es menor (Ahmed *et al.*, 2019). El contenido de proteína y fibra cruda en la tabla 3 es relativamente alto, comparando con diversos autores existe un alto contenido de fibra en el tubérculo de malanga según lo reportado por Kumoro *et al.*, (2014) por otro lado Rodríguez-Miranda *et al.*, (2011) consiguen unos valores aproximados a los de este trabajo resaltando que el contenido de proteína y fibra cruda son más altos. De acuerdo con lo reportado por Rai *et al.*, (2014) el porcentaje para fibra en harina de trigo (0.40), harina de arroz (0.75), harina de sorgo (2.30) y harina de mijo de perla (1.20) es menor con lo reportado en la tabla 3 tanto para harina tamizada como harina sin tamizar.

Calle *et al.*, (2020), mencionan un contenido de proteína para harina de malanga de (8.28%), respecto a lo reportado en la tabla 3 esto es mayor que en harina de maíz (5.5%), harina de camote (6.3%) y harina de yuca (1.4%) esto se puede corroborar con los resultados de Pereira *et al.*, (2015) donde mencionan un alto valor nutricional para la malanga en comparación con la papa, el camote, la yuca y el arroz.

Tabla 3. Análisis proximal de la harina de malanga

Parámetros	Harina tamizada (%)	Harina sin tamizar (%)
Humedad	7.52 ± 0.12 ^a	6.64 ± 0.30 ^b
Ceniza	3.84 ± 0.001 ^a	3.5 ± 0.04 ^a
Grasa	0.56 ± 0.17 ^a	0.77 ± 0.08 ^a
Proteína	7.18 ± 0.32 ^a	7.45 ± 0.18 ^a
Fibra cruda	2.51 ± 0.14 ^a	2.33 ± 0.08 ^a

Los valores representan el promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar.

Las medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

9.2 Back extrusión test para las masas adicionadas con harina de malanga con la función de sustituto de grasa.

Los resultados se muestran en la tabla 4, la dureza y la fuerza de adhesividad aumentan conforme aumenta la adición de harina de malanga en los tratamientos, por otro lado, ocurre todo lo contrario al utilizar fibra de orujo de zanahoria negra en pasteles libres de gluten, ya que hay una disminución en los parámetros ya mencionados (Santipanichwong & Suphantharika, 2007). Cabe señalar que el contenido de fibra en ese experimento es mucho mayor por lo que eso se le puede atribuir a los resultados obtenidos. Sin embargo, al utilizar harina extruida de frijol y algunas fibras solubles e insolubles pasa el mismo comportamiento con los resultados obtenidos de la tabla 4 esto es porque las macromoléculas pueden formar enlaces de hidrógeno con el agua, así como las moléculas del almidón y

proteína de la harina, esto reduce la cantidad de agua libre, por lo que aumenta la dureza, la viscosidad y la consistencia (Majzoobi *et al.*, 2016). Sin embargo el incremento de dureza puede ser perjudicial en el producto final ya que según López-Tenorio *et al.*, (2015) reporta que en un pan de queso LG, que se hace mezclando principalmente queso, almidón de yuca agrio, harina de maíz, leche o agua, presenta un aumento en la dureza rápidamente, lo que reduce su vida útil.

Tabla 4. Back extrusión test para masas adicionadas con harina de malanga

Tratamientos	Dureza N	Trabajo Dureza J	Fuerza adhesividad N	Adhesividad J
TESTIGO	0.146 ± 0.00418 ^a	0.000546±0.000011 ^a	0.093 ± 0.01060 ^a	0.000334±0.000054 ^{ab}
T1SINTAMZ	0.1832 ± 0.00931 ^{bc}	0.000618±0.000024 ^{bc}	0.091 ± 0.00273 ^a	0.000386±0.000047 ^{bc}
T1TAMZ	0.161 ± 0.00961 ^{ab}	0.000572±0.000019 ^{ab}	0.085 ± 0.00447 ^a	0.000222±0.000028 ^a
T2SINTAMZ	0.194 ± 0.00570 ^{bc}	0.000656 ± 0.000015 ^c	0.089 ± 0.00547 ^a	0.00037±0.000041 ^{bc}
T2TAMZ	0.1832 ± 0.01310 ^c	0.000624±0.000035 ^{bc}	0.095 ± 0.00447 ^a	0.000336±0.000061 ^b
T3SINTAMZ	0.2572 ± 0.01979 ^d	0.000798 ± 0.000043 ^e	0.1138±0.00794 ^b	0.000466±0.000033 ^c
T3TAMZ	0.2304 ± 0.01361 ^e	0.000732 ± 0.000034 ^d	0.113 ± 0.00707 ^b	0.000436±0.000097 ^{bc}

Los valores representan el promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar.

Las medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

9.3 Análisis de perfil de textura en masas adicionadas con harina de malanga como sustituto de grasa

En la tabla 5 están los resultados de las propiedades de textura de las masas libres de gluten, las cuales son dureza, índice de masticabilidad, cohesividad e índice de

elasticidad. Estos parámetros están relacionados con la masticabilidad, por ejemplo: la dureza está relacionada con la fuerza aplicada que causa la ruptura o deformación de la muestra.

Como se puede observar el tratamiento 1 tamizado es el de menor dureza numéricamente aún comparado con el testigo, esto probablemente se deba al tamaño de partícula ya que según lo reportado por De La Hera *et al.*, (2014) el tamaño de partícula pequeño muestra una estructura débil en la masa. Por otro lado Jung *et al.*, (2018) reportan un aumento proporcional en la dureza en masas de fideos cocidos elaborados con almidón de papa esto conforme aumenta el tamaño de partícula debido a una menor absorción de agua.

Tabla 5. Análisis de perfil de textura (APT) en masas adicionales con harina de malanga como sustituto de grasa

	Dureza (N)	Índice masticabilidad (N)	Cohesión	Índice elasticidad
TESTIGO	0.767 ± 0.301 ^c	0.427 ± 0.159 ^c	0.706 ± 0.027 ^d	0.791 ± 0.031 ^c
(T1SINTAMZ)	0.588 ± 0.077 ^b	0.214 ± 0.131 ^c	0.514 ± 0.166 ^c	0.620 ± 0.174 ^c
(T1TAMZ)	0.419 ± 0.087 ^a	0.077 ± 0.059 ^a	0.327 ± 0.123 ^a	0.471 ± 0.125 ^a
(T2SINTAMZ)	0.889 ± 0.122 ^d	0.285 ± 0.160 ^d	0.481 ± 0.142 ^c	0.598 ± 0.151 ^b
(T2TAMZ)	0.525 ± 0.056 ^a	0.141 ± 0.058 ^b	0.436 ± 0.097 ^c	0.600 ± 0.186 ^b
(T3SINTAMZ)	1.142 ± 0.270 ^c	0.231 ± 0.106 ^c	0.347 ± 0.039 ^b	0.556 ± 0.100 ^b
(T3TAMZ)	1.029 ± 0.129 ^c	0.378 ± 0.159 ^d	0.518 ± 0.096 ^c	0.672 ± 0.103 ^c

Los valores representan el promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar.

Las medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (p <0.05).

9.4 Análisis rápido de viscosidad (RVA) en masas adicionadas con harina de malanga como sustituto de grasa

En la figura 3 se puede observar los resultados para el análisis rápido de viscosidad en harina de malanga tamizada y sin tamizar, estos determinan las propiedades reológicas del almidón a través de las curvas de viscosidad, el cual describe los fenómenos de gelatinización y retrogradación. Existe un incremento en la viscosidad inicial para la harina tamizada esto se puede corroborar con lo reportado por Fox *et al.*, (2014) donde mencionan que las muestras del almidón con mayor modificación del tamaño de partícula producen viscosidades iniciales más altas. Por otro lado Hernández-Uribe *et al.*, (2020) reportan que en los gránulos de almidón con tamaño de partícula modificado y con bajo contenido de amilosa presentan una viscosidad final más alta que los gránulos sin modificar además de que una alta viscosidad final se relaciona con el contenido de amilopectina de menor tamaño molecular, esto se puede comparar perfectamente con los resultados obtenidos de la figura 3.

Por otro lado Rodríguez-Miranda *et al.*, (2011) reportan un contenido de almidón para harina de malanga de 57.55% así como el contenido de amilosa y amilopectina de un 35.74 y 64.27% respectivamente. La relación amilosa-amilopectina es un factor importante para el comportamiento de la viscosidad. Según Liu *et al.*, (2019) la relación de amilosa-amilopectina (37 y 39.2)% respectivamente en almidones de lenteja y guisantes condujo a un incremento en la viscosidad inicial y en la retrogradación. Esto tendrá como consecuencia panes más duros con el paso del tiempo debido a que la retrogradación ocurre más rápido.

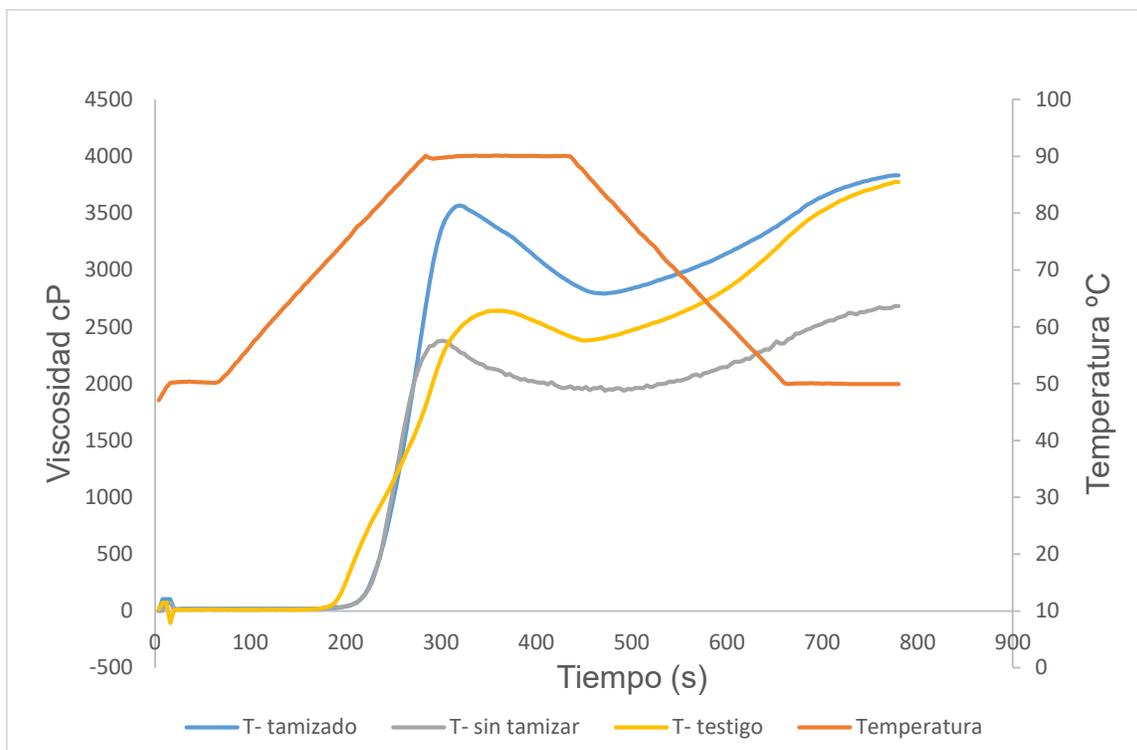


Figura 3. RVA Test en harina de malanga tamizada, sin tamizar y de la formulación testigo

10. Análisis de los muffins reducidos en grasa

10.1 Análisis proximal en muffins reducidos en grasa con harina de malanga

En la tabla 6 se muestran los resultados del análisis proximal de los muffins, estos resultados obtenidos son en base seca de materia analizada, cabe mencionar que la preparación de pan sin gluten es un gran reto porque el gluten en el trigo es el ingrediente principal responsable de la retención de los gases que le otorgan ese volumen tan característico (Huerta *et al.*, 2019). Estos resultados obtenidos son comparables con lo reportado por Calle *et al.*, (2020) con un alto contenido de

humedad en panes libres de gluten elaborados con harina de arroz, avena y quínoa. El aumento en el contenido de humedad en los tratamientos se debe a que los gránulos de almidón de la harina absorben más agua (Coelho & Salas-Mellado, 2015). El contenido de proteína reportada en la tabla 6 es casi similar que en panqueques de arroz y camote que va entre 6 y 7%, mientras que aproximadamente del 9% para panqueques de trigo convencional (Shih *et al.*, 2006). El contenido de grasa logró reducirse numéricamente sin embargo no hay diferencias significativas, a diferencia del contenido de cenizas hay un incremento en el contenido de micronutrientes respecto a los tratamientos propuestos.

Tabla 6. Análisis proximal de los muffins con los tratamientos (T3 tamizado, T3 sin tamizar y el T testigo)

Parámetros	TESTIGO (%)	MUFFIN T3SINTAMZ (%)	MUFFIN T3TAMZ (%)
Humedad	13.942 ± 1.09 ^a	16.695 ± 0.273 ^c	15.422 ± 0.169 ^{ab}
Ceniza	1.009 ± 0.003 ^a	1.376 ± 0.0003 ^b	1.504 ± 0.022 ^c
Grasa	15.154 ± 3.51 ^a	11.516 ± 3.13 ^a	14.915 ± 0.081 ^a
Proteína	4.185 ± 0.573 ^a	4.947 ± 0.022 ^{ab}	5.215 ± 0.028 ^c
Fibra cruda	0.223 ± 0.158 ^a	0.191 ± 0.018 ^a	0.090 ± 0.017 ^a

Los valores representan el promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar.

Las medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (p <0.05).

10.2 Análisis de perfil de textura (APT) en muffins adicionados con harina de malanga como sustituto de grasa

En la tabla 7 se puede observar el análisis de perfil de textura para los muffins libres de gluten reducidos en grasa, el parámetro de dureza tiene diferencias significativas solo para el tratamiento 2 sin tamizar, esto se puede explicar al haber mayor contenido de proteína en los tratamientos hay una mayor absorción y retención de agua (Álvarez *et al.*, 2017). La dureza es una característica importante de la calidad del pan y cualquier cambio suele afectar la frescura durante el almacenamiento, el aumento de la dureza puede ser el resultado de la pérdida de humedad en la miga o podría ser la retrogradación del almidón (Rodríguez-Sandoval *et al.*, 2015).

La cohesividad determina la resistencia interna de la estructura de los alimentos y la capacidad de un material para adherirse a sí mismo, se puede observar que el testigo y el tratamiento 3 sin tamizar no hay diferencias significativas por lo que se puede comparar con los resultados obtenidos para muffins libres de gluten elaborados con harina de arroz y adicionados con gomas o fibras (Singh *et al.*, 2015). La baja cohesividad indica una alta susceptibilidad de la miga a fracturarse o desmoronarse (De La Hera *et al.*, 2014).

Tabla 7. Análisis de perfil de textura (APT) en muffins reducidos en grasa con harina de malanga

	Dureza (N)	Índice masticabilidad (N)	Cohesividad	Índice elasticidad
TESTIGO	12.52 ± 0.35 ^{ab}	3.68 ± 0.51 ^c	0.38 ± 0.04 ^c	0.77 ± 0.04 ^d
(T1SINTAMZ)	11.61 ± 5.29 ^{ab}	2.53 ± 1.30 ^{abc}	0.32 ± 0.03 ^b	0.69 ± 0.03 ^{bc}
(T1TAMZ)	9.52 ± 1.90 ^a	1.60 ± 0.48 ^a	0.26 ± 0.05 ^{ab}	0.65 ± 0.10 ^b
(T2SINTAMZ)	31.23 ± 10.00 ^c	3.49 ± 1.10 ^{abc}	0.21 ± 0.04 ^a	0.55 ± 0.04 ^a
(T2TAMZ)	15.29 ± 3.88 ^{ab}	2.44 ± 0.77 ^{ab}	0.25 ± 0.06 ^{ab}	0.63 ± 0.03 ^b
(T3SINTAMZ)	16.98 ± 2.96 ^b	4.93 ± 0.92 ^d	0.40 ± 0.02 ^c	0.72 ± 0.02 ^{cd}
(T3TAMZ)	15.88 ± 2.79 ^{ab}	2.63 ± 0.57 ^{abc}	0.25 ± 0.07 ^a	0.69 ± 0.03 ^{bc}

Los datos anteriores se expresan como medias ± desviación estándar.

Las medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (p <0.05).

10.3 Color de miga, corteza del pan y pérdida del horneado

El color del pan es uno de los primeros atributos observados por los consumidores, que fija la elección y la preferencia (Calle *et al.*, 2020). Los resultados de los parámetros de color de la miga y la corteza se resumen en la Tabla 8 como se puede observar existen diferencias significativas. Los valores de b que presentan un valor amarillo son más altos para el tratamiento testigo tanto para corteza y miga (Croitoru *et al.*, 2018). El color de la corteza depende principalmente de la caramelización y las reacciones de Maillard (M. A. Gularte & Esther de la Hera, 2012) esta reacción puede acelerarse al haber un incremento en el contenido de proteínas de la formulación (Levent & Bilgiçli, 2011), es por ello que en la tabla 8 se puede observar que los resultados en cuanto al color de corteza los valores de L disminuyen. El color de la miga puede verse afectado al incorporar aislados de proteína lo cual se puede corroborar para los valores de L y b de la tabla 8 donde hay una disminución (Shevkani & Singh, 2014). Por otro lado, algunos estudios mencionan que el color de la miga en pasteles los valores de L y b disminuyen debido al aumento de harina de taro, esto puede atribuirse a la presencia de pigmentos, así como la composición de la harina y al origen botánico de la planta (Kumar *et al.*, 2014).

El volumen específico se considera uno de los criterios de calidad más importantes en productos horneados ya que proporciona mediciones cuantitativas del rendimiento de horneado (Shevkani & Singh, 2014).

Para el volumen específico de la tabla 8, el tratamiento testigo presenta el valor más alto numéricamente, esto tal vez se deba a la menor cantidad de proteína presente ya que Alvarez *et al.*, (2017) obtienen volúmenes específicos de muffins más grandes con menor proteína de garbanzo y mayores contenidos de almidón de maíz, esto reduce la viscosidad de la masa y ayuda a la incorporación de aire durante la mezcla de la masa, logrando así una mejora en el volumen del producto final. Por otro lado se ha reportado que al adicionar fibras de diferentes frutas en pasteles libres de gluten modifica el volumen específico principalmente hay una disminución (M. A. Gularte & Esther de la Hera, 2012). Con lo que concuerda con lo reportado en estos resultados ya que a menor volumen específico es cuando se incrementa el contenido de harina de malanga, esto se puede apreciar claramente en la figura 5, esto concuerda con lo reportado por Phimolsiripol *et al.*, (2012) donde observan una disminución gradual para el volumen específico en harinas adicionadas con salvado de arroz desgrasado y una fracción de fibra insoluble del salvado de arroz.

La pérdida de peso en el horneado demuestra la capacidad de la masa para retener el agua durante la cocción, los resultados para panes libres de gluten y sin grasa elaborados principalmente con harina de arroz y soya adicionados con harina de chía tuvieron una variación de 12.38 a 17.53 % siendo el tratamiento con un 7.5 % de harina de chía el que pudo retener más agua, lo que aumentó el rendimiento del producto (Huerta et al., 2019). Los resultados de la tabla 8 muestran una variación de 14.7 a 21.7 siendo el tratamiento testigo el que logra tener el mejor rendimiento. El adicionar harina de chía puede ayudar a este tipo de productos debido a la formación de mucílago este compuesto absorbe una gran cantidad de agua reduciendo el agua libre que puede evaporarse durante el proceso de horneado (Coelho & Salas-Mellado, 2015).

Tabla 8. Calidad del muffin libre de gluten adicionado con harina de malanga como sustituto de grasa

Tratamientos	Volumen específico	Pérdida de horneó %	Color corteza			Color miga		
			L	a	b	L	a	b
TESTIGO	0.7± 0.0000007 ^d	14.747±1.077043 ^a	40.073 ± 2.86 ^b	4.978 ± 0.5479 ^a	20.196 ± 1.0692 ^b	49.163 ± 1.5386 ^b	2.701 ± 0.4010 ^a	18.918 ± 0.4001 ^{ab}
T1SINTAMZ	0.44±.0516398 ^c	19.524±0.438208 ^c	37.125 ± 4.54 ^b	12.659 ± 1.5847 ^{cd}	21.685 ± 1.5616 ^{bc}	38.521 ± 5.6257 ^a	3.276 ± 0.9324 ^a	17.598 ± 1.8047 ^{ab}
T1TAMZ	0.41±.0316228 ^{bc}	19.863±0.447214 ^c	24.447 ± 7.50 ^a	14.32 ± 1.9209 ^d	15.481 ± 3.7172 ^a	51.116 ± 4.3968 ^b	2.776 ± 1.0406 ^a	19.041 ± 1.5887 ^b
T2SINTAMZ	0.3±0.0000007 ^a	17.988±0.753433 ^b	39.479 ± 5.05 ^b	10.01 ± 1.4809 ^{bc}	21.881 ± 1.4111 ^{bc}	50.536 ± 5.1165 ^b	2.713 ± 1.5195 ^a	18.476 ± 1.7601 ^{ab}
T2TAMZ	0.31±.0316228 ^a	20.420±0.656099 ^c	23.201 ± 5.07 ^a	9.414 ± 1.3107 ^b	14.896 ± 2.7945 ^a	36.342 ± 4.3752 ^b	5.611 ± 2.1705 ^b	18.693 ± 1.5324 ^{ab}
T3SINTAMZ	0.39±.0210819 ^b	20.130±0.898430 ^c	48.03 ± 2.83 ^c	9.866 ± 3.0263 ^b	23.284 ± 0.7892 ^c	52.778 ± 6.7106 ^b	1.993 ± 0.5826 ^a	17.078 ± 0.9306 ^a
T3TAMZ	0.315±.0474342 ^a	21.705±0.986601 ^d	42.361 ± 6.05 ^{bc}	10.825 ± 2.9718 ^{bc}	22.223 ± 0.9579 ^{bc}	52.781 ± 4.3822 ^b	2.208 ± 0.5895 ^a	17.517 ± 1.0739 ^{ab}

Los valores representan el promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar.

Las medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (p <0.05).

10.4 Análisis sensorial de los muffins adicionados con harina de malanga como sustituto de grasa

De acuerdo a los resultados de la tabla 9 no hay diferencias significativas entre los tratamientos y el control por lo que es un resultado positivo para esta investigación, esto tiene un resultado similar para muffins libres de gluten elaborados con un (80% de harina de arroz y un 20% de harina de soya) la aceptabilidad general se determinó en función de los puntajes de calidad obtenidos de la evaluación del color, el sabor y la textura (Man *et al.*, 2014). Por otro lado, de acuerdo con lo reportado por Huerta *et al.*, (2019) en panes con harina de chía no hubo diferencias significativas respecto a los atributos de sabor y textura, estos panes no contenían grasa, el tratamiento con un 2.5 % de harina de chía mostró ser una excelente alternativa y comparando los resultados de la tabla 9 el sustituir grasa con un 3% no afecta en la aceptación del producto final.

Tabla 9. Análisis sensorial

Respuesta (%)	TESTIGO	MUFFIN T3SINTAMZ	MUFFIN T3TAMZ
Me gusta muchísimo	6.56 ± 1.416 ^a	6.47 ± 1.259 ^a	6.71 ± 1.225 ^a
Me gusta mucho	6.56 ± 1.416 ^a	6.47 ± 1.259 ^a	6.71 ± 1.225 ^a
Me gusta bastante	6.56 ± 1.416 ^a	6.47 ± 1.259 ^a	6.71 ± 1.225 ^a
Me gusta ligeramente	6.56 ± 1.416 ^a	6.47 ± 1.259 ^a	6.71 ± 1.225 ^a
Ni me gusta ni me disgusta	6.56 ± 1.416 ^a	6.47 ± 1.259 ^a	6.71 ± 1.225 ^a
Me disgusta ligeramente	6.56 ± 1.416 ^a	6.47 ± 1.259 ^a	6.71 ± 1.225 ^a

Los valores representan el promedio de 100 determinaciones ± desviación estándar.
Las medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (p <0.05).

10.5 Estructura de la miga

Para el análisis de imagen, los resultados de la tabla 10 no muestran diferencias significativas entre los tratamientos. De acuerdo con Espino-Manzano *et al.*, (2018) la fase dispersa indica la cantidad de aire que forma la estructura de la miga, por ejemplo para un pan danés el porcentaje de fase dispersa es de 40.8% sin embargo con 25.29% representa una estructura compacta y está relacionado con la dureza del pan y es lo que se puede observar en la tabla 10, la relación entre el área promedio de los alveolos, el alveolo por cm² y la fase dispersa, definen la estructura del producto y esto depende de las materias primas y el procesamiento. En la figura 4 se describe correctamente la estructura de la miga de los diferentes tratamientos así como sus diferencias.

Tabla 10. Estructura de la miga de los muffins adicionados con harina de malanga como sustituto de grasa

Parámetros	TESTIGO	T3SINTAMZ	T3TAMZ
ÁREA ALVEOLAR mm ²	14.6796±3.727 ^a	15.5329 ±2.553 ^a	16.856 ±3.409 ^a
% FASE DISPERSA	24.4632±6.057 ^a	25.8692±4.268 ^a	28.2795±5.797 ^a
ÁREA PROMEDIO mm ²	7.2166±5.040 ^a	7.4280±2.585 ^a	7.5460±2.064 ^a
DENSIDAD	0.0693±0.070 ^a	0.0612±0.053 ^a	0.0508± 0.0098 ^a

Los valores representan el promedio de 10 determinaciones ± desviación estándar.

Las medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes (p <0.05).

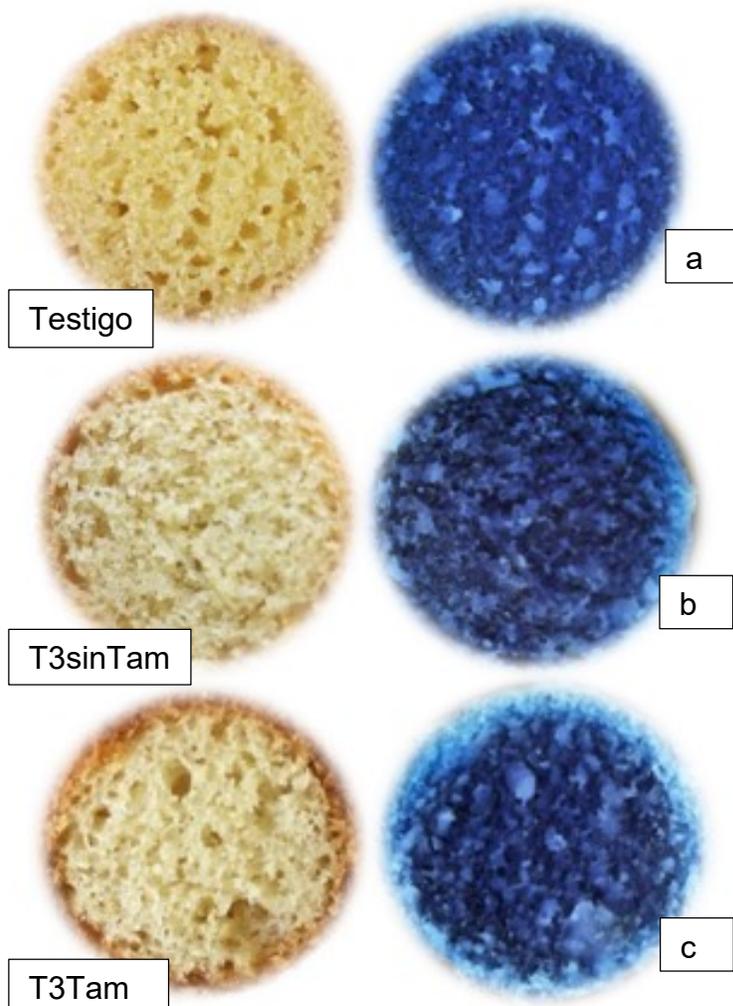


Figura 4. Imágenes de la miga a color y con el programa Digimizer.

a) Testigo muestra un mayor número de alveolos. b) Tratamiento 3 sin tamizar muestra una textura más compacta así como menor área en los alveolos. c) Tratamiento 3 tamizado muestra una miga con mayor consistencia sin embargo los alveolos no son uniformes.

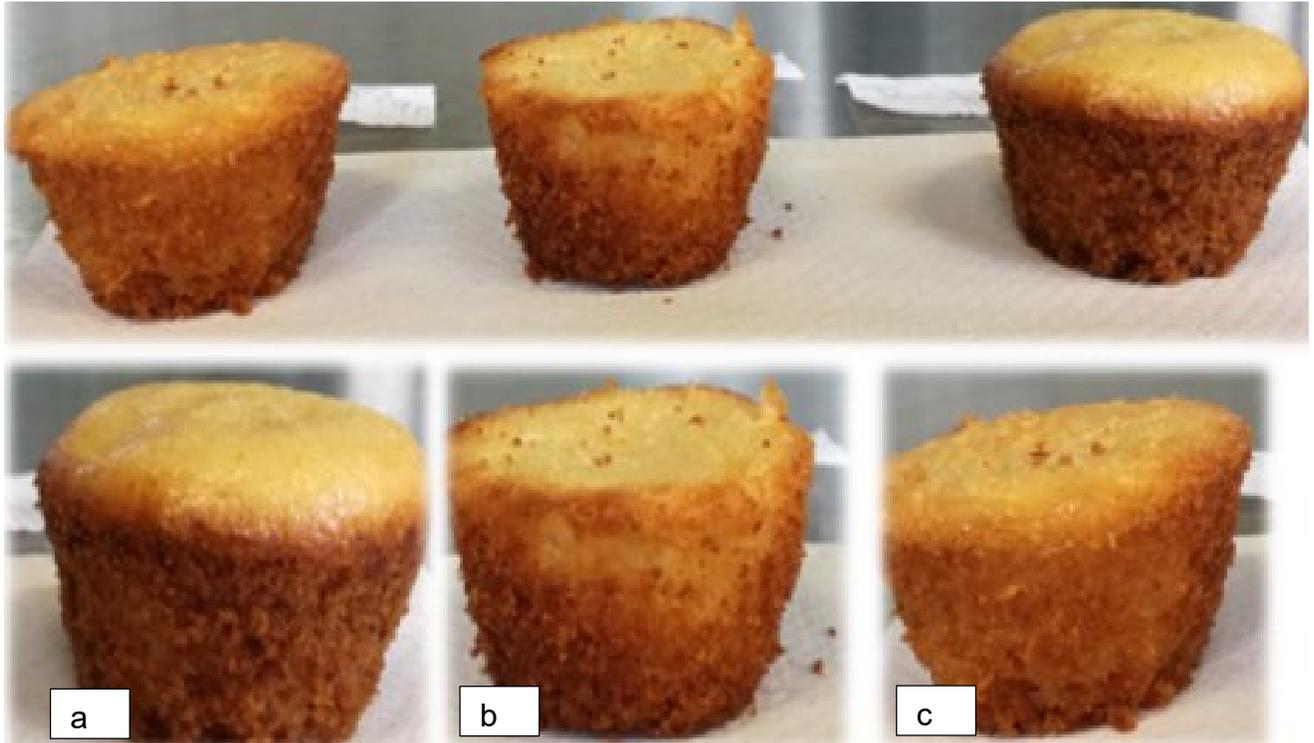


Figura 5. Muffins libres de gluten adicionados con harina de malanga como sustituto de grasa.

a) Tratamiento Testigo b) Tratamiento 3 tamizado c) Tratamiento 3 sin tamizar

Conclusiones

- El análisis reológico demuestra que los tratamientos con tamaño de partícula modificado tienden a presentar menor dureza, también afecta la viscosidad y la retrogradación, sin embargo esto del mismo modo se relaciona con la proporción de amilosa amilopectina. En el perfil de textura en muffins los resultados demuestran que el parámetro de dureza se ve afectado y la baja cohesividad indica que el producto es susceptible a fracturarse o desmoronarse.
- Para el análisis fisicoquímico se puede comprobar que la harina de malanga tiene un alto valor nutricional, también se logra reducir numéricamente el porcentaje de grasa en el muffin y hay un aumento significativo en cuanto a la proteína. El color tanto en corteza como miga se ve afectado por la incorporación de la harina de malanga ya que acelera la reacción de Maillard esto debido al incremento de proteína. De acuerdo con la pérdida de horneado, volumen específico y análisis de imagen se obtendrá un pan compacto de bajo volumen y menor rendimiento.
- La aceptación del muffin no se vio afectada por la reducción del porcentaje de grasa.

Referencias

AACC. (2000). Approved methods of the AACC.10th ed. American Association of cereal Chemist. St. Paul MN, USA.

Adeboye, A. S., Fayemi, O. E., Bamgbose, A., Adewunmi, A., & Sobowale, S. S. (2018). Towards the development of peanut–wheat flour composite dough: Influence of reduced-fat peanut flour on bread quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13385>

Ahmed, J., Thomas, L., & Arfat, Y. A. (2019). Functional, rheological, microstructural and antioxidant properties of quinoa flour in dispersions as influenced by particle size. *Food Research International*, 116(August 2018), 302–311. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.039>

Alvarez, M. D., Herranz, B., Jiménez, M. J., & Canet, W. (2017). End-product quality characteristics and consumer response of chickpea flour-based gluten-free muffins containing corn starch and egg white. *Journal of Texture Studies*, 48(6), 550–561. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12263>

Balic, R., Miljkovic, T., Ozsisli, B., & Simsek, S. (2017). Utilization of Modified Wheat and Tapioca Starches as Fat Replacements in Bread Formulation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1). <https://doi.org/10.1111/jfpp.12888>

Calle, J., Benavent-gil, Y., & Rosell, C. M. (2020). Food Hydrocolloids Development of gluten free breads from Colocasia esculenta flour blended with hydrocolloids and enzymes. *Food Hydrocolloids*, 98(June 2019), 105243. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105243>

CANAINPA. (2017). Cámara Nacional de la Industria Panificadora. México.

Clareto, S. S., Nelson, D. L., Júlia, A., & Pereira, G. (2006). BRAZILIAN ARCHIVES

OF BIOLOGY AND TECHNOLOGY Influence of a Protein Concentrate Used as a Fat Substitute on the Quality of Cheese Bread. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49, 1019–1025. <http://www.scielo.br/pdf/babt/v49n6/a20v49n6.pdf>

Coelho, M. S., & Salas-Mellado, M. de las M. (2015). Effects of substituting chia (*Salvia hispanica* L.) flour or seeds for wheat flour on the quality of the bread. *LWT - Food Science and Technology*, 60(2), 729–736. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.033>

CODEX STAN 118-1979 (2008). Standard for foods for special dietary use for persons intolerant to gluten. Revision 1. Codex Alimentarius Commission.

De La Hera, E., Rosell, C. M., & Gomez, M. (2014). Effect of water content and flour particle size on gluten-free bread quality and digestibility. *Food Chemistry*, 151, 526–531. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.115>

Drabińska, N., Zieliński, H., & Krupa-Kozak, U. (2016). Technological benefits of inulin-type fructans application in gluten-free products – A review. *Trends in Food Science and Technology*, 56, 149–157. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.08.015>

Eslava-Zomeño, C., Quiles, A., & Hernando, I. (2016). Designing a Clean Label Sponge Cake with Reduced Fat Content. *Journal of Food Science*, 81(10), C2352–C2359. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13446>

Espino-Manzano, S., Güemes-Vera, N., Chanona-Pérez, J. J., Bernardino-Nicanor, A., Hernández-Urbe, J. P., Castañeda-Ovando, A., Piloni-Martini, J., & Alanís-García, E. (2018). Quality Evaluation of Gluten-free Danish Bread Employing Different Flours and Starches. *Food Science and Technology Research*, 24(5), 785–794. <https://doi.org/10.3136/fstr.24.785>

Esteller, M. S., Amaral, R. L., & Da Silva Lannes, S. C. (2004). Effect of sugar and FAT replacers on the texture of baked goods. *Journal of Texture Studies*, 35(4), 383–393. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2004.tb00602.x>

- Fernandes, S. S., & Salas-Mellado, M. de las M. (2017). Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. *Food Chemistry*, 227, 237–244. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.075>
- Food and Drug Administration (2013). Food labeling: Gluten-free labeling of foods. Final rule. *Federal Register*, 78(150), 47154–47179.
- Fox, G., Visser, J., Skov, T., Meijering, I., & Manley, M. (2014). Effect of different analysis conditions on Rapid Visco Analyser malt viscograms in relation to malt of varying fermentability. *Journal of the Institute of Brewing*, 120(3), 183–192. <https://doi.org/10.1002/jib.137>
- Gao, J., Wang, Y., Dong, Z., & Zhou, W. (2018). Structural and mechanical characteristics of bread and their impact on oral processing: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 53(4), 858–872. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13671>
- Gujral, H. S., & Sodhi, N. S. (2002). *Back extrusion properties of wheat porridge* *Ď Dalia P. 52*, 53–56.
- Gull, A., Prasad, K., & Kumar, P. (2015). Effect of millet flours and carrot pomace on cooking qualities, color and texture of developed pasta. *LWT - Food Science and Technology*, 63(1), 470–474. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.008>
- Hernández-Uribe, J. P., Meza-Nieto, M., Palma-Rodríguez, H. M., Navarro-Cortez, R. O., Guzmán-Ortiz, F. A., Bello-Pérez, L. A., Vargas-Torres, A., Physicochemical, Morphological, and Molecular Properties of Starch Isolated from Dioscorea and Oxalis Tubers from Hidalgo State, Mexico. *Starch - Stärke* 2020, 2000074. <https://doi.org/10.1002/star.202000074>
- Huerta, K. da M., Alves, J. dos S., da Silva, A. F. C., Kubota, E. H., & da Rosa, C. S. (2016). Sensory response and physical characteristics of gluten-free and gum-free bread with chia flour. *Food Science and Technology*, 36, 15–18. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.0032>

- Huerta, K. da M., Boeira, C. P., Soquetta, M. B., Alves, J. dos S., Kubota, E. H., & da Rosa, C. S. (2018). The effect of chia (*Salvia hispanica* L.) flour as a substitute for fat in gluten-free bread. *Nutrition and Food Science*. <https://doi.org/10.1108/NFS-08-2018-0240>
- Huerta, K. da M., Boeira, C. P., Soquetta, M. B., Alves, J. dos S., Kubota, E. H., & da Rosa, C. S. (2019). The effect of chia (*Salvia hispanica* L.) flour as a substitute for fat in gluten-free bread. *Nutrition and Food Science*, 49(4), 517–527. <https://doi.org/10.1108/NFS-08-2018-0240>
- James, E. O., Peter, I. A., Charles, N. I., & Joel, N. (2015). Chemical Composition and Effect of Processing and Flour Particle Size on Physicochemical and Organoleptic Properties of Cocoyam (*Colocasia esculenta* var. *esculenta*) Flour. *Nigerian Food Journal*, 31(2), 113–122. [https://doi.org/10.1016/s0189-7241\(15\)30084-9](https://doi.org/10.1016/s0189-7241(15)30084-9)
- Joseph, E., & Ru, Y. (2013). Low Fat Corn Bread. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 113(9), A44. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2013.06.149>
- Juhász, A., Colgrave, M. L., & Howitt, C. A. (2020). Developing gluten-free cereals and the role of proteomics in product safety. *Journal of Cereal Science*, 93, 102932. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102932>
- Jung, H., Cho, S., Pan, C., & Yoon, W. B. (2018). Rheological and microstructural properties of noodle dough with purple-fleshed potato (*Solanum tuberosum* L.) flours : grinding kinetics and effects of particle size. *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 165–171. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1366950>
- Kahraman, G., Harsa, S., Lucisano, M., & Cappa, C. (2018). LWT - Food Science and Technology Physicochemical and rheological properties of rice-based gluten-free blends containing differently treated chickpea flours. *LWT - Food Science and Technology*, 98(May), 276–282. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.040>
- Keenan, D. F., Resconi, V. C., Kerry, J. P., & Hamill, R. M. (2014). Modelling the

influence of inulin as a fat substitute in comminuted meat products on their physico-chemical characteristics and eating quality using a mixture design approach. *Meat Science*, 96(3), 1384–1394. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.025>

Kittisuban, P., Ritthiruangdej, P., & Supphantharika, M. (2014). Optimization of hydroxypropylmethylcellulose, yeast β -glucan, and whey protein levels based on physical properties of gluten-free rice bread using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 57(2), 738–748. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.045>

Kovrlija, R., & Rondeau-Mouro, C. (2017). Multi-scale NMR and MRI approaches to characterize starchy products. *Food Chemistry*, 236, 2–14. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.056>

Kumoro, A. C., Putri, R. D. A., Budiyati, C. S., Retnowati, D. S., & Ratnawati. (2014). Kinetics of Calcium Oxalate Reduction in Taro (*Colocasia Esculenta*) Corm Chips during Treatments Using Baking Soda Solution. *Procedia Chemistry*, 9, 102–112. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2014.05.013>

Levent, H., & Bilgiçli, N. (2011). Effect of gluten-free flours on physical properties of cakes. *Journal of Food Science and Engineering* 1, 1, 354–360.

Lin, J., Teo, L. M., Leong, L. P., & Zhou, W. (2019). In vitro bioaccessibility and bioavailability of quercetin from the quercetin-fortified bread products with reduced glycemic potential. *Food Chemistry*, 286(January), 629–635. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.199>

Liu, S., Yuan, T. Z., Wang, X., Reimer, M., Isaak, C., & Ai, Y. (2019a). Behaviors of starches evaluated at high heating temperatures using a new model of Rapid Visco Analyzer – RVA 4800. *Food Hydrocolloids*, 94(March), 217–228. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.015>

Liu, S., Yuan, T. Z., Wang, X., Reimer, M., Isaak, C., & Ai, Y. (2019b). Graphical abstract SC. *Food Hydrocolloids*. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.015>

- López-Tenorio, J. A., Rodríguez-Sandoval, E., & Sepúlveda-Valencia, J. U. (2015). The Influence of Different Emulsifiers on the Physical and Textural Characteristics of Gluten-Free Cheese Bread. *Journal of Texture Studies*, 46(4), 227–239. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12121>
- Luo, X., Arcot, J., Gill, T., Louie, J. C. Y., & Rangan, A. (2019). A review of food reformulation of baked products to reduce added sugar intake. *Trends in Food Science and Technology*, 86(August 2018), 412–425. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.051>
- M. A. Gualarte & Esther de la Hera. (2012). *Effect of different fibers on the enrichment of gluten-free layer cake*. 1–26. <https://doi.org/DOI: 10.1016/j.lwt.2012.03.015>
- Mabhaudhi, T., Modi, A. T., & Beletse, Y. G. (2014). Parameterisation and evaluation of the FAO-AquaCrop model for a South African taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) landrace. *Agricultural and Forest Meteorology*, 192–193, 132–139. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.03.013>
- MacRitchie, F. (2016). Seventy years of research into breadmaking quality. *Journal of Cereal Science*, 70, 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.020>
- Majzoobi, M., Poor, Z. V., Jamalain, J., & Farahnaky, A. (2016). Improvement of the quality of gluten-free sponge cake using different levels and particle sizes of carrot pomace powder. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(6), 1369–1377. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13104>
- Malanga, D., & Actopan, D. (2018). *Caracterización física y nutricional de harina del tubérculo de “Malanga” (Colocasia esculenta L. Schott) de Actopan, Veracruz, México*. 68, 175–183.
- Man, S., Păucean, A., Muste, S., & Pop, A. (2014). Studies on the formulation and quality characteristics of gluten free muffins. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 20(2), 122–127.
- Manhivi, V. E., Amonsou, E. O., & Kudanga, T. (2018). Laccase-mediated

crosslinking of gluten-free amadumbe flour improves rheological properties. *Food Chemistry*, 264, 157–163. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.017>

Morris, C., & Morris, G. A. (2012). The effect of inulin and fructo-oligosaccharide supplementation on the textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: A review. *Food Chemistry*, 133(2), 237–248. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.027>

Mouliney, M., Lavery, B., Sharma, R., & Jenner, C. (2011). Waxy durum and fat differ in their actions as improvers of bread quality. *Journal of Cereal Science*, 54(3), 317–323. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.06.009>

Ng, S. H., Robert, S. D., Wan Ahmad, W. A. N., & Wan Ishak, W. R. (2017). Incorporation of dietary fibre-rich oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) powder improves postprandial glycaemic response by interfering with starch granule structure and starch digestibility of biscuit. *Food Chemistry*, 227, 358–368. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.108>

Oyeyinka, S. A., Olatunbosun, S., Oyeyinka, A. T., Balogun, M. A., Dauda, A. A., Obalowu, M. A., Badmos, A. H. A., & Joseph, J. K. (2019). Potentials of indigenous chicken eggs in the preparation of cake and chin chin. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(4), 367–371. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.12.003>

Parenti, O., Guerrini, L., & Zanoni, B. (2020). Techniques and technologies for the breadmaking process with unrefined wheat flours. *Trends in Food Science and Technology*, 99, 152–166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.034>

Patil, S. P., & Arya, S. S. (2017). Nutritional, functional, phytochemical and structural characterization of gluten-free flours. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(3), 1284–1294. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9506-5>

Pereira, P. R., Silva, J. T., Verícimo, M. A., Paschoalin, V. M. F., & Teixeira, G. A. P.

- B. (2015). Crude extract from taro (*Colocasia esculenta*) as a natural source of bioactive proteins able to stimulate haematopoietic cells in two murine models. *Journal of Functional Foods*, 18, 333–343. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.07.014>
- Phimolsiripol, Y., Mukprasirt, A., & Schoenlechner, R. (2012). Quality improvement of rice-based gluten-free bread using different dietary fibre fractions of rice bran. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 389–395. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.06.001>
- Pico, J., Bernal, J., & Gómez, M. (2015). Wheat bread aroma compounds in crumb and crust: A review. *Food Research International*, 75, 200–215. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.05.051>
- Profeco (2018), Boletín de prensa 067/2018.- Reporte seminal comparativo de precios de los productos de la canasta básica.
- Rai, S., Kaur, A., & Singh, B. (2014). Quality characteristics of gluten free cookies prepared from different flour combinations. *Journal of Food Science and Technology*, 51(4), 785–789. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0547-1>
- Rodríguez-García, J., Puig, A., Salvador, A., & Hernando, I. (2012). Optimization of a Sponge Cake Formulation with Inulin as Fat Replacer: Structure, Physicochemical, and Sensory Properties. *Journal of Food Science*, 77(2). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02546.x>
- Rodríguez-Miranda, J., Ruiz-López, I. I., Herman-Lara, E., Martínez-Sánchez, C. E., Delgado-Licon, E., & Vivar-Vera, M. A. (2011). Development of extruded snacks using taro (*Colocasia esculenta*) and nixtamalized maize (*Zea mays*) flour blends. *LWT - Food Science and Technology*, 44(3), 673–680. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.06.036>
- Rodríguez-Sandoval, E., Cortes-Rodríguez, M., & Manjarres-Pinzon, K. (2015). Effect of Hydrocolloids on the Pasting Profiles of Tapioca Starch Mixtures and the Baking Properties of Gluten-Free Cheese Bread. *Journal of Food*

Processing and Preservation, 39(6), 1672–1681.
<https://doi.org/10.1111/jfpp.12398>

Rodríguez, J., Rivadeneyra, J. M., Ramírez, E., Juárez, J. M., Herrera, E., Navarro, R., & Hernández, B. (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 15(43), 37–47.

Rubio-tapia, A. (2018). *Clinical guidelines on the diagnosis and treatment of celiac disease in Mexico*. 83(4), 434–450.
<https://doi.org/10.1016/j.rgm xen.2018.09.007>

Sánchez-Pardo, M. E., Ortiz-Moreno, A., García-Zaragoza, F. J., Necoechea-Mondragón, H., & Chanona-Pérez, J. J. (2012). Comparison of pound cake baked in a two cycle microwave-toaster oven and in conventional oven. *LWT - Food Science and Technology*, 46(1), 356–362.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.08.013>

Santipanichwong, R., & Suphantharika, M. (2007). Carotenoids as colorants in reduced-fat mayonnaise containing spent brewer's yeast β -glucan as a fat replacer. *Food Hydrocolloids*, 21(4), 565–574.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.07.003>

Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., León, A. E., & Pérez, G. T. (2012). Incorporation of several additives into gluten free breads: Effect on dough properties and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 111(4), 590–597.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.011>

Secretaría de Economía (2017) Conoce más sobre la industria panificadora en México

Shevkani, K., & Singh, N. (2014). Influence of kidney bean, field pea and amaranth protein isolates on the characteristics of starch-based gluten-free muffins. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(10), 2237–2244.

<https://doi.org/10.1111/ijfs.12537>

Shih, F. F., Truong, V. D., & Daigle, K. W. (2006). Physicochemical properties of Gluten-free pancakes from rice and sweet potato flours. *Journal of Food Quality*, 29(1), 97–107. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2005.00059.x>

Shin, W. K., Wicker, L., & Kim, Y. (2017). HPMC (hydroxypropyl methylcellulose) as a fat replacer improves the physical properties of low-fat tofu. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(11), 3720–3726. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8233>

Simsek, S., & El, S. N. (2012). Production of resistant starch from taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) corm and determination of its effects on health by in vitro methods. *Carbohydrate Polymers*, 90(3), 1204–1209. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.06.039>

Singh, J. P., Kaur, A., Shevkani, K., & Singh, N. (2015). Influence of jambolan (*Syzygium cumini*) and xanthan gum incorporation on the physicochemical, antioxidant and sensory properties of gluten-free eggless rice muffins. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(5), 1190–1197. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12764>

Song, K. Y., O, H., Joung, K. Y., Shin, S. Y., & Kim, Y. S. (2017). Effects of basil (*Ocimum Basilicum* L.) seed mucilage substituted for fat source in sponge cake: Physicochemical, structural, and retrogradation properties. *Italian Journal of Food Science*, 29(4), 681–696.

Tomaschunas, M., Zörb, R., Fischer, J., Köhn, E., Hinrichs, J., & Busch-Stockfisch, M. (2013). Changes in sensory properties and consumer acceptance of reduced fat pork Lyon-style and liver sausages containing inulin and citrus fiber as fat replacers. *Meat Science*, 95(3), 629–640. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.002>

Torres, A., Durán, M., & Montero, P. (2013). *Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (Colocasia esculenta) El*

almidón constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos . Su funcionalidad depende del peso mole. 8(2), 29–38.

Valenzuela B, A., & Sanhueza C, J. (2008). Estructuración de lípidos y sustitutos de grasas, ¿lípidos del futuro? *Revista Chilena de Nutrición*, 35(4), 394–405. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182008000500001>

Xu, J., Wang, W., & Li, Y. (2019). Dough properties, bread quality, and associated interactions with added phenolic compounds: A review. *Journal of Functional Foods*, 52(September 2018), 629–639. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.052>

Yano, H., Fukui, A., Kajiwara, K., Kobayashi, I., & Yoza, K. (2017). LWT - Food Science and Technology Development of gluten-free rice bread: Pickering stabilization as a possible batter-swelling mechanism. *LWT - Food Science and Technology*, 79, 632–639. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.086>

Yano, H., Fukui, A., Kajiwara, K., Kobayashi, I., Yoza, K. ichi, Satake, A., & Villeneuve, M. (2017). Development of gluten-free rice bread: Pickering stabilization as a possible batter-swelling mechanism. *LWT - Food Science and Technology*, 79, 632–639. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.086>

Yousif, A., Nhepera, D., & Johnson, S. (2012). Influence of sorghum flour addition on flat bread in vitro starch digestibility, antioxidant capacity and consumer acceptability. *Food Chemistry*, 134(2), 880–887. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.199>

ANEXOS

La Red de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico
en Alimentos Funcionales y Nutraceuticos
otorga el presente

RECONOCIMIENTO

a:

**Rodríguez Flores RV, Quintero Lira A, Hernández Uribe JP,
Piloni Martini J, Ramos Olvera JA, Güemes Vera N**

Por su valiosa participación en la modalidad de **presentación de cartel** dentro de la categoría
"Lípidos, Péptidos y Carbohidratos Funcionales", con el tema
Panes libres de gluten reducidos en grasa con harina de malanga evaluación del análisis proximal
en el marco del 4º Congreso Internacional Digital en Alimentos Funcionales y Nutraceuticos:
2020 Rumbo al 2021, realizado del 10 al 12 de junio del 2020

Comité técnico/científico



Abraham Wall Medrano



Liliana Santos Zea



Adrián Hernández Mendoza

Extienden la Presente

Constancia

SOMEICCA

Raúl Vidal Rodríguez Flores, Norma Güemes Vera, Aurora Quintero Lira, Joan Andony Ramos Olvera; Sergio Soto Simental; y Javier Píloni Martini.

Por su destacada participación con el Trabajo de Investigación titulado:

“Evaluación de análisis de perfil de textura en masas adicionadas con harina de malanga para panes libres de gluten”

XII Congreso Internacional "Sobre Inocuidad, Calidad y Funcionalidad de los Alimentos en la Industria y Servicios de Alimentación

27 y 28 de septiembre del 2019, Palacio de la Autonomía, CDMX,
Con una duración de 20 h.



Q.A. Esmeralda Paz Lemus
Presidente Nacional
SOMEICCA A.C.



Dra. Ma. Armida Patricia Porras Loatza
Coordinación Comité Científico
SOMEICCA A.C.



IUFoST

