

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**Efecto de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por
cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) en polvo sobre las
características fisicoquímicas y sensoriales en muffins**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

LILA ROSA SALINAS TUANAMA

**TRUJILLO, PERÚ
2018**

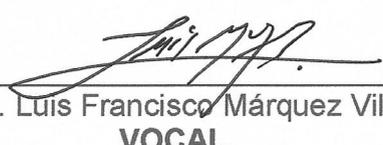
La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



Ing. Dr. Fernando Rodríguez Avalos
PRESIDENTE



Ing. Dr. Freddy Romel Perez Azahuanche
SECRETARIO



Ing. Ms. Luis Francisco Márquez Villacorta
VOCAL



Ing. Ms. Carla Consuelo Pretell Vázquez
ASESOR

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mi familia en general, quienes estuvieron conmigo apoyándome en mi transcurso por mi desarrollo profesional. A mis padres Deyanira Tuanama Valera y Segundo Salinas Avalos, y a mis queridos hermanos Roy, Celeste y Gabriela.

A mis maestros quienes con sus enseñanzas y ejemplo me impartieron una gran información para mi carrera y vida profesional.

Finalmente, a mis queridos amigos en general quienes me brindaron su apoyo y animo durante todo este tiempo.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento va hacia todas esas personas que estuvieron conmigo brindando su apoyo durante el transcurso del desarrollo de esta investigación. A mis padres por brindarme educación, pero más importante por brindarme su más puro amor. A mis hermanos quienes me enseñaron que hay que luchar y perseverar por las cosas que uno desea.

También quiero agradecer de manera especial a Ms. Carla Pretell Vásquez por su apoyo y motivación fue posible el desarrollo de esta investigación.

INDICE GENERAL

	Pág.
CARATULA.....	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	xiii
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFIA.....	4
2.1. Cacao.....	4
2.1.1. Generalidades.....	4
2.1.2. Utilización del cacao.....	5
2.1.3. Cascarilla de cacao.....	6
2.2. Muffins.....	7
2.2.1. Descripción y características.....	7
2.2.2. Valor nutricional.....	8
2.2.3. Técnicas de preparación.....	8
2.2.4. Partes del muffin.....	9

2.2.5.	Control de calidad	9
2.2.6.	Ingredientes	10
2.2.6.1.	Harina de trigo	10
2.2.6.2.	Huevo	11
2.2.6.3.	Azúcar	12
2.2.6.4.	Mantequilla	12
2.2.6.5.	Sal	13
2.2.6.6.	Leudante.....	13
2.2.6.7.	Emulsionante.....	13
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1.	Lugar de ejecución	15
3.2.	Material, insumos y reactivos	15
3.2.1.	Materia prima	15
3.2.2.	Insumos	15
3.2.3.	Reactivos	16
3.3.	Instrumentos y equipos.....	16
3.3.1.	Instrumentos	16
3.3.2.	Equipos	16
3.3.3.	Otros	17
3.4.	Método experimental	17
3.4.1.	Esquema experimental	17
3.4.2.	Procedimiento experimental para la obtención de harina de cascarilla de cacao.....	19
3.4.3.	Procedimiento experimental para la elaboración de muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	20
3.4.4.	Formulación base.....	22
3.4.5.	Métodos análisis	22

3.4.5.1.Fibra cruda.....	22
3.4.5.2.Compuestos fenólicos	24
3.4.5.3.Firmeza.....	24
3.4.5.4.Aceptabilidad general	24
3.4.5.5.Análisis estadístico	25
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1. Efecto de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo sobre la firmeza en muffins.....	27
4.2. Efecto de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo sobre el contenido de fibra cruda en muffins.....	30
4.3. Efecto de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo sobre el contenido de compuestos fenólicos en muffins....	33
4.4. Efecto de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo sobre la aceptabilidad general en muffins.....	37
V. CONCLUSIONES.....	40
VI.RECOMENDACIONES	41
VII.BIBLIOGRAFÍA	42
VIII.ANEXOS	46

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valores típicos de la composición de cascarilla de cacao.....	7
Cuadro 2. Composición nutricional de muffins regulares.....	8
Cuadro 3. Composición química de la harina de trigo.....	11
Cuadro 4. Formulación base para la elaboración de muffins.....	23
Cuadro 5. Prueba de Levene para la firmeza en muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	29
Cuadro 6. Análisis de varianza de la firmeza en muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	29
Cuadro 7. Prueba de Duncan para la firmeza en muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	30
Cuadro 8. Prueba de Levene para el contenido de fibra cruda en muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	32
Cuadro 9. Análisis de varianza del contenido de fibra cruda en muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	32
Cuadro 10. Prueba de Duncan para el contenido de fibra cruda en muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	33
Cuadro 11. Prueba de Levene para el contenido de compuestos fenólicos en muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	35
Cuadro 12. Análisis de varianza para el contenido de compuestos fenólicos en muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	36
Cuadro 13. Prueba de Duncan para el contenido de compuestos fenólicos en muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	37
Cuadro 14. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general en muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema experimental para la elaboración de muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	18
Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de cascarilla de cacao en Polvo.....	19
Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	21
Figura 4. Cartilla para la evaluación de la aceptabilidad general de muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	25
Figura 5. Firmeza en función de la sustitución de harina de trigo por cascarillas de cacao en polvo en muffins.....	27
Figura 6. Fibra cruda en función de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo en muffins.....	31
Figura 7. Fenoles totales en función de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo en muffins.....	34
Figura 8. Aceptabilidad general en función de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo en muffins.....	38

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados de las evaluaciones de firmeza, fibra cruda y compuestos fenólicos en muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	45
Anexo 2. Calificaciones de las pruebas sensoriales para la aceptabilidad general en muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	46
Anexo 3. Vistas fotográficas de la elaboración de muffins con cascarilla de cacao en polvo.....	47

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao (0, 5, 10 y 15%) en polvo sobre la firmeza, fibra cruda, compuestos fenólicos y aceptabilidad general en muffins. El análisis de varianza determinó efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la firmeza, fibra cruda y compuestos fenólicos. La prueba de Duncan determinó que la sustitución parcial de 15% presentó una mejor firmeza (2.86 N), un mayor contenido de fibra cruda (8.61%) y compuestos fenólicos (65.18 mg AG/100 g). Con la prueba de Friedman se determinó que no existió diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos en la aceptabilidad general. La sustitución del 15% de cascarilla de cacao en polvo tubo mayor aceptabilidad con rango promedio de 2.48 y una moda de 8 puntos, correspondiente a la percepción de me gusta mucho. Se consideró a la sustitución del 15% como mejor tratamiento al presentar los mejores resultados en firmeza, fibra cruda, compuestos fenólicos y aceptabilidad general.

ABSTRACT

The effect of the substitution of wheat flour for cacao husk in powder (0, 5, 10 and 15%) was evaluated in terms of firmness, raw fiber, phenolic compounds and a general acceptability in muffins. The variance analysis determined a significant effect ($p < 0.05$) of firmness, raw fiber and phenolic compounds. The Duncan test stated that the partial substitution of 15% showed a better firmness (2.86 N), a higher amount of raw fiber (8.61%) and phenolic compounds (65.18 mg AG/100 g). Through the test of Friedman, we showed that there did not exist a significant difference ($p < 0.05$) among the treatments of general acceptability. The substitution cocoa husk at 15% had more acceptability with average range of 2.48 respectively with a mode of eight points corresponding to a perception of I like it very much. The substitution of 15% was considered as the best treatment at showed the best results in firmness, raw fiber, phenolic compounds and general acceptability.

I. INTRODUCCIÓN

Los productos horneados son los alimentos más consumidos en el mundo; sin embargo, la mayoría poseen muchos carbohidratos, grasas y calorías, y poco contenido de fibra. Estas características los hicieron como opciones poco saludables para consumos diarios; por lo que los subproductos con una rica fuente de fibra pueden ser utilizadas en su elaboración, ya que son agentes de carga menos costosa y no calórica que mejora la retención de aceite y agua, así como la estabilidad oxidativa y de emulsión (Bilal y otros, 2015).

Existe poco interés en la producción de muffins saludables, ya que en la industria de la pastelería hay mayor demanda en el mercado de muffins hechos con aditivos como conservantes siendo estos dañinos para la salud de las personas (Mendoza, 2017).

Por esa razón, buscar otra fuente local de ingrediente alternativo para sustituir parcialmente la harina de trigo en productos de panadería también proporcionaría muchas ventajas en cuanto a reducir la dependencia del trigo (Jauharah, 2014).

La industria alimentaria genera muchos millones de toneladas por año de subproductos de plantas procesadoras, particularmente de frutas y de cereales, estos subproductos se están volviendo populares entre los productores y consumidores de alimentos ya que los ingredientes alimenticios sintéticos pueden inducir toxicidad (Bilal y otros, 2015).

Alimentos como el brócoli, tomate, arándano, canela, entre otros que contienen importantes cantidades de fitoquímicos están asociados con un riesgo reducido de enfermedades como el cáncer, aterosclerosis, enfermedad cardíaca, osteoporosis y obesidad. Su función protectora se atribuye a los componentes tales como compuestos fenólicos, tococromanoles y fibra dietética (Bajerska y otros, 2016).

El Perú es el segundo país productor de cacao orgánico en el mundo, siendo San Martín el mayor productor. La mitad de las exportaciones consiste en cacao en grano. Estas aumentaron desde el 2015 reportando un crecimiento de 15-20% por año, esto se debe al aumento de hectáreas de cultivo en los principales departamentos productores (Lineeo, 2016).

En la industria del cacao se desperdician toneladas de materias que pueden servir de base para la elaboración de productos novedosos; entre ellas se encuentra la cascarilla de cacao, la cual contiene 504 g de fibra dietaria/ kg cáscara de cacao, lo que indica que esta puede ser utilizada como fuente de fibra dietaría en alimento (Cañas y otros, 2011).

Cañas y otros (2011) estudió la cáscara del cacao reportó un contenido de 10.09% (bs) como fibra dietaria soluble y un 50.42% como fibra dietaria insoluble, además de que la capacidad antioxidante de esta fibra dietaria y sus propiedades fisicoquímicas, hacen que este subproducto sea adecuado para su uso en la preparación de alimentos bajos en calorías, tales como: galletas de chocolate, tortas de chocolate, suplementos de chocolate dietéticos, entre otros, donde el color y el sabor de la fibra dietaria de cacao son aspectos ventajosos.

El problema planteado fue:

¿Cuál será el efecto de tres sustituciones de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) en polvo (5, 10 y 15%) sobre la firmeza, fibra cruda, contenido de fenoles totales y aceptabilidad general en muffins?

Los objetivos fueron:

Evaluar el efecto de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo sobre la firmeza, fibra cruda, contenido de fenoles totales y aceptabilidad general en muffins.

Determinar el porcentaje de sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo para obtener la mejor firmeza, el mayor contenido de fibra cruda, mayor contenido de fenoles totales y la mayor aceptabilidad general en muffins.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFIA

2.1. Cacao

2.1.1. Generalidades

El cacao, base del chocolate, es un árbol nativo del trópico americano, especialmente de Mesoamérica. Es muy probable que fueran los Olmecas los responsables de su domesticación, hace tres mil años, pero se atribuye a los Mayas la difusión de su uso, pues constituyó una parte importante de sus actividades culturales, como alimento, medicina e incluso como parte de su sistema económico, como moneda (Ogata, 2007).

Botánicamente, al cacao se le ha asignado la siguiente clasificación (Batista, 2009):

- División: Espermatofita
- Clase: Angiosperma
- Sub-clase: Dicotiledónea
- Orden: Malvales
- Sub-orden: Malvinas
- Familia: Esterculiáceas
- Tribu: Bitneria
- Género: *Theobroma*
- Especie: *Cacao*

El árbol del cacao se cultiva en las regiones tropicales. Necesita humedad relativa anual promedio de 70-80% (Lineeo, 2016).

El cacao presenta baja tolerancia al déficit de agua y requiere estar libre de vientos fuertes persistentes a lo largo del ciclo productivo. De acuerdo a sus propiedades físicas, se establece bien en suelos de profundidad: de 0.60 – 1.50 m. El árbol del cacao puede crecer hasta 10 metros de altura cuando está a la sombra de altos árboles forestales. El fruto (mazorca) mide 15-25 cm de largo y contiene 30-40 semillas que se convierten en el grano del cacao después de ser fermentadas y secadas. Las mazorcas brotan del tronco principal y de las ramas de la copa. El cacaotal comienza a producir en cuatro o cinco años de haberse plantado y puede seguir produciendo durante varios decenios (Lineeo, 2016).

Los productores más importantes son Costa de Marfil, Ghana e Indonesia. La ocurrencia de *Theobroma cacao* en Perú se ha documentado para ocho departamentos (Cajamarca, Cuzco, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, Piura y San Martín) entre los 0—500 msnm, aunque es posible que haya más departamentos implicados que tengan el hábitat adecuado, como Ayacucho, Pasco y Ucayali (Dostert y otros, 211).

2.1.2. Utilización del cacao

La siguiente descripción sobre la utilización del cacao es coherente con lo manifestado por Lineeo (2016).

El chocolate es el alimento que se obtiene mezclando azúcar con dos productos derivados de la manipulación de las semillas del cacao: la pasta de cacao (sólido) y la manteca de cacao (graso).

La trituración de la pasta de cacao permite obtener el cacao en polvo o también conocido como cocoa, la cual se utiliza para la producción de materiales de recubrimiento, helados, galletas, relleno, bebidas, etc.

Entre las propiedades que ofrecen el consumo de cacao y sus derivados tenemos:

- Es estimulante del sistema nervioso
- Mejora el estado de ánimo
- Es estimulante del sistema digestivo
- Bueno contra el estreñimiento
- Permite mantener una buena salud cardiovascular
- Bueno para la piel y contra la celulitis

2.1.3. Cascarilla de cacao

Luego del descascarillado de la semilla de cacao se obtiene la cascarilla, la cual representa 12% en peso de la semilla. Esta cascarilla tiene características de un material fibroso, seco, crujiente, de color marrón y con un olor similar al del chocolate. Cuando es removida, la cascarilla puede contener de 2-3% del grano que no pudo separarse. Los valores típicos de la composición de la cascarilla se presentan en el cuadro 1 (Soto, 2012).

Además, la cascarilla de cacao (tegumento) contiene 23.3 ± 0.4 mg GAE/g, bajo la metodología estándar de extracción de polifenoles totales (Botero y otros, 2016).

Cuadro 1. Valores típicos de composición de cascarilla de cacao

Composición	Valores (%)
Humedad	5.4 – 15.3
Proteína cruda*	6.3 – 10.4
Fibra cruda*	23.4 – 36.2
Componentes del extracto éter*	0.5 – 2.4
Extracto de nitrógeno libre*	31.8 – 61.4
Cenizas*	6.0 – 10.8

*Valores expresados en base seca

Fuente: Soto (2012)

2.2. Muffins

2.2.1. Descripción y características

El muffin tiene una textura esponjosa, suele ser rellenado con diferentes cremas, mermeladas, frutas o chocolates, aunque el originario es solo de vainilla. Este pequeño pastelito es del Reino Unido, pero su consumo lo puso de moda Estados Unidos que lo empezó a ofrecer en las cafeterías, en los desayunos. En el mercado existe dos tipos de muffin; el salado y el dulce; el primero se suele consumir como un entrante o un aperitivo mientras que el segundo se lo consume en el desayuno, para tomar el té en Reino Unido y de merienda. Se lo empezó a comercializar en Inglaterra y Estados Unidos a partir de 1950. Los ingredientes básicos en el muffin son la harina, polvo de hornear y el azúcar; por otro lado, la leche los huevos son opcionales, es decir no es necesario que se incluyan en todas las recetas (Alay y Vásquez, 2017).

La forma de un muffin debe tener una parte superior uniforme y bien redondeada, libre de picos, sin grietas y ser grande en proporción al

peso. El color exterior debe ser pardo dorado, y ser suave, con una superficie ligeramente áspera y brillante. La textura interna debe ser húmeda, suave y liviana con un grano uniforme de agujeros redondos. El color interior es blanco cremoso o ligeramente amarillo y sin rayas (Wheat Foods, 2005).

2.2.2. Valor nutricional

Los muffins son ricos en carbohidratos complejos y vitamina B y, a menudo, son una buena fuente de fibra si contienen salvado, frutas y verduras, están elaborados con harina de trigo integral. Muchas recetas comerciales son ricas en grasa, a menudo contienen de 5-8 g por muffin.

Cuadro 2. Composición nutricional de muffins regulares

Componente	Contenido (de 100 g)
Energía (kJ)	1107.28
Proteína (g)	9.57
Lípidos (g)	10.49
Grasa saturada (g)	3.56
Carbohidratos (g)	36.22
Azúcares (g)	6.35
Fibra dietética (g)	0.11

Fuente: Romero y Bautista (2014)

2.2.3. Técnicas de preparación

Alay y Vásquez (2017) mencionan que las técnicas de preparación de muffins son las siguientes:

- a. **Aireado:** es importante para que la masa tenga mucho aire y se eleve al momento del horneado
- b. **Batir:** se realiza con un batidor, es la forma de ingresar aire en algunas preparaciones
- c. **Mezclar:** para poder lograr esta acción se necesita un batidor o una espátula, esto da como resultado la unión de diversos ingredientes
- d. **Enmantequillado:** el molde debe estar bien engrasado para que el muffin no se pegue en el molde
- e. **Cremado:** al mezclar el azúcar con la mantequilla las partículas de azúcar hacen que se foren pequeñas burbujas de aire en la crema, que produce mayor volumen en la mezcla

2.2.4. Partes del muffin

Mendoza (2017) menciona que las partes del muffin son las siguientes:

- a. **Base:** Es la masa para la torta horneada en recipientes pequeños; para esto, se usa varias alternativas con respecto a los sabores; también existe la ventaja de inventar o crear alguna receta para masa, que depende de los requerimientos y los gustos variados
- b. **Relleno:** No todos lo llevan, queda a gusto del que lo elabora y la preferencia del consumidor. Se pueden usar frutas secas, mermelada u otros.

2.2.5. Control de calidad

Los cuatro ingredientes básicos (harina, grasa, azúcar y huevos) son los que determinan su valor energético y nutricional. Son alimentos que

aportan hidratos de carbono complejos, fibra, vitaminas y minerales y otros nutrientes de gran valor, además de ser una buena fuente de energía. En general, y en comparación con el pan común, todos estos productos (bollería y pastelería industrial) son mucho más calóricos, contienen menos fibra dietética (salvo si se elaboran con harina integral, con preparados prebióticos o con frutos secos); más proteínas, debido a la adicción de huevo o leche; más grasa y generalmente de peor calidad (grasas saturadas y trans); menos almidón y más azúcares. La cantidad de vitaminas y minerales es muy variable de unos productos a otros y depende de los ingredientes empleados en su elaboración (Mendoza 2017).

2.2.6. Ingrediente

La descripción de los dos primeros ingredientes es coherente con lo manifestado por Mendoza (2017)

2.2.6.1. Harina de trigo

Es el producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta un grado adecuado de finura.

Es importante el contenido en proteínas, lípidos, vitaminas, tales como tiamina, riboflavina y niacina, y minerales. Entre las proteínas, la más representativa es el gluten, que confiere la elasticidad a la harina durante la panificación, para obtener un producto final poroso y esponjoso.

En el Cuadro 3, se presenta la composición química de la harina de trigo.

Cuadro 3. Composición química de la harina de trigo

Componente	Contenido (%)
Humedad	13-15
Proteínas	13.8
Cenizas	0.4-0.64
Glúcidos	74-76
Lípidos	1-2
pH	6.0
Acidez	Máximo 0.1

Fuente: Mendoza (2017)

2.2.6.2. Huevo

Es un ingrediente habitual en la alimentación del hombre desde su origen. Se caracteriza por su densidad nutritiva, una excelente relación calidad-precio y ser ingrediente básico y versátil a nivel culinario. Un huevo está formado, básicamente, por una yema central (31%) rodeada por el albumen o clara (58%) y todo ello envuelto por una cáscara externa (11%). El huevo tiene contenido moderado en calorías y ácidos grasos (AG) saturados. Ofrece proteínas con perfil en aminoácidos ideal para las necesidades del organismo, una alta proporción de AG insaturados, todas las vitaminas excepto la vitamina C y minerales en forma concentrada. Estos macro y micronutrientes están conservados y protegidos por la cáscara.

2.2.6.3. Azúcar

Es un producto endulzante de origen natural, sólido, formado por cristales de sacarosa, extraído de la caña de azúcar y de la remolacha azucarera, disacárido que está compuesta de glucosa y fructuosa. El azúcar es consumido en todo el mundo, existen varios tipos como: la azúcar morena, pulverizada y blanco. El azúcar, en la pastelería y repostería, además de ser un edulcorante, da sabor a la masa; También da consistencia a las claras de huevos batidos; cuando se funde y se enfría contribuye a la consistencia de la masa y a la conservación de la misma. El consumo excesivo de azúcar es perjudicial para la salud, ya que produce diabetes por su elevado poder edulcorante, ayuda a que la obesidad crezca por las calorías que contienen, no es recomendada por dentistas por que ayudan a la aparición de caries, no solo en niños sino también en adultos (Alay y Vásquez, 2017).

2.2.6.4. Mantequilla

La mantequilla es un derivado lácteo que tiene importancia como alimento por la grasa que contiene, la que es importante porque proporciona vitaminas liposolubles de la leche; A, D y E. Por el contrario, La margarina está compuesta de grasa, agua y saborizantes, y se emplea para sustituir la mantequilla debido a que permite cremar mejor; las margarinas con al menos 80% de contenido de grasas son las mejores (Velásquez, 2013).

2.2.6.5. Sal

Es el producto cristalino constituido fundamentalmente por cloruro sódico, en condiciones que lo hacen apto para uso alimentario y que se conoce con el nombre de sal comestible o simplemente sal (Novo y otros, 2012).

2.2.6.6. Leudante

Los agentes leudantes químicos actúan en presencia de líquidos y temperaturas. Algunos reaccionan por la sola hidratación (agua, jugos de fruta o leche); en estos casos, las masas deben hornearse en cuanto se terminan de confeccionar. Otros en cambio, comienzan a desarrollar su poder leudante cuando entran en el horno, pues poseen componentes que se activan con el calor. Los más conocidos son el polvo de hornear y el bicarbonato de sodio (Fernández, 2015).

El polvo de hornear tiene una composición química variable. Para una mejor distribución se tamiza junto con la harina. La dosis promedio es del 3% del peso de harina, es decir que para 500 g de harina se utilizan 15 g de polvo leudante. Esta proporción puede variar de acuerdo a la masa del producto que se quiere elaborar (Mendoza, 2017).

2.2.6.7. Emulsionante

Es una sustancia que favorece la formación y estabilización de las emulsiones, gracias a la estructura particular de sus moléculas compuestas de una parte hidrófila y otra lipófila; forma una

película resistente en la superficie de las gotitas dispersadas y evitan así su combinación; de esta forma, el emulsionante sirve de ligazón entre dos fases de la emulsión (Mendoza, 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos y Planta Piloto, de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.2. Material, insumos y reactivos

3.2.1. Materia prima

Harina especial de trigo marca Alicorp, se adquirió del mercado Mayorista de Trujillo.

La cascarilla de cacao, proveniente de Tocache, San Martín. Se adquirió del mercado mayorista de Trujillo.

3.2.2. Insumos

- Azúcar refinada. Marca Cartavio
- Agua potable
- Huevos
- Leche evaporada entera. Marca Gloria
- Mantequilla. Marca Gloria
- Polvo de hornear. Marca Royal
- Sal yodada. Marca Emsa

3.2.3. Reactivos

- Ácido sulfúrico, H₂SO₄ (1.25%)
- Hidróxido de sodio, NaOH (1.25%)
- Ácido clorhídrico. HCl
- Reactivo de Folin-Ciocalteu. Marca Merck
- Ácido gálico. Marca Merck
- Methanol-100%

3.3. Instrumentos y equipos

3.3.1. Instrumentos

- Balanza analítica. Marca Mettler Toledo. Modelo AB204. Capacidad 210 g, aprox. 0.0001 g
- Balanza comercial marca Moba. Modelo Map22. Capacidad 120 kg
- Texturómetro Instron modelo 3342: Capacidad de carga de 0.5 kN (112 lbf). Espacio de ensayo vertical de 651 mm (25.6 pulgadas)

3.3.2. Equipos

- Horno a convección rotativo. Marca Nova. Modelo Max 750
- Estufa de convección de aire. Marca Imaco
- Amasadora – Sobadora. Marca Nova. Modelo K25. Capacidad 40 kg

- Tamiz N.º 150. Marca Tyler
- Mufla. Marca Barnstead. Modelo 1400 Furnace. Rango 100 a 1100 °C.

3.3.3. Otros

- Moldes de papel para muffins (Pirotines)
- Balones de aforo
- Vasos de precipitación
- Cucharas de acero inoxidable
- Bureta
- Pipeta

3.4. Método experimental

3.4.1. Esquema experimental

La Figura 1 muestra el esquema experimental para la evaluación de los muffins elaborados con cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) en polvo, donde la variable independiente es el porcentaje de sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo; y las variables dependientes: fibra cruda, compuestos fenólicos, firmeza y aceptabilidad general.

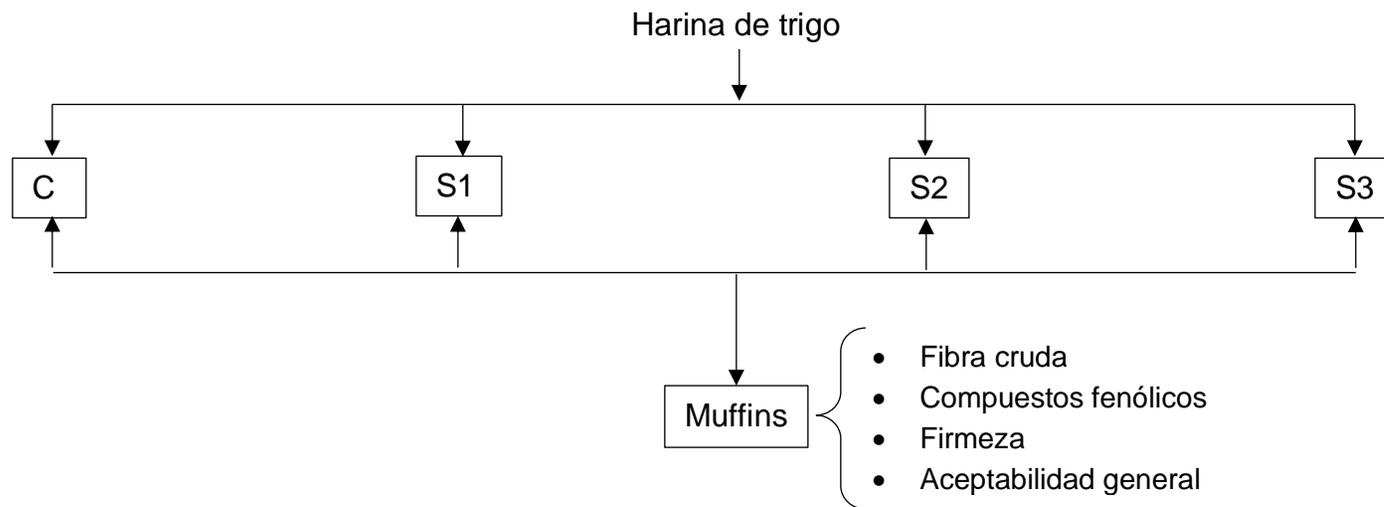


Figura 1. Esquema experimental para la elaboración de muffins con cascarilla de cacao en polvo

Donde:

C: Sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo, 0%.

S₁: Sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo, 5%.

S₂: Sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo, 10%.

S₃: Sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo, 15%.

3.4.2. Procedimiento experimental para la obtención de harina de cascarilla de cacao

En la Figura 2, se muestra el diagrama de flujo para la obtención de cascarilla de cacao en polvo.

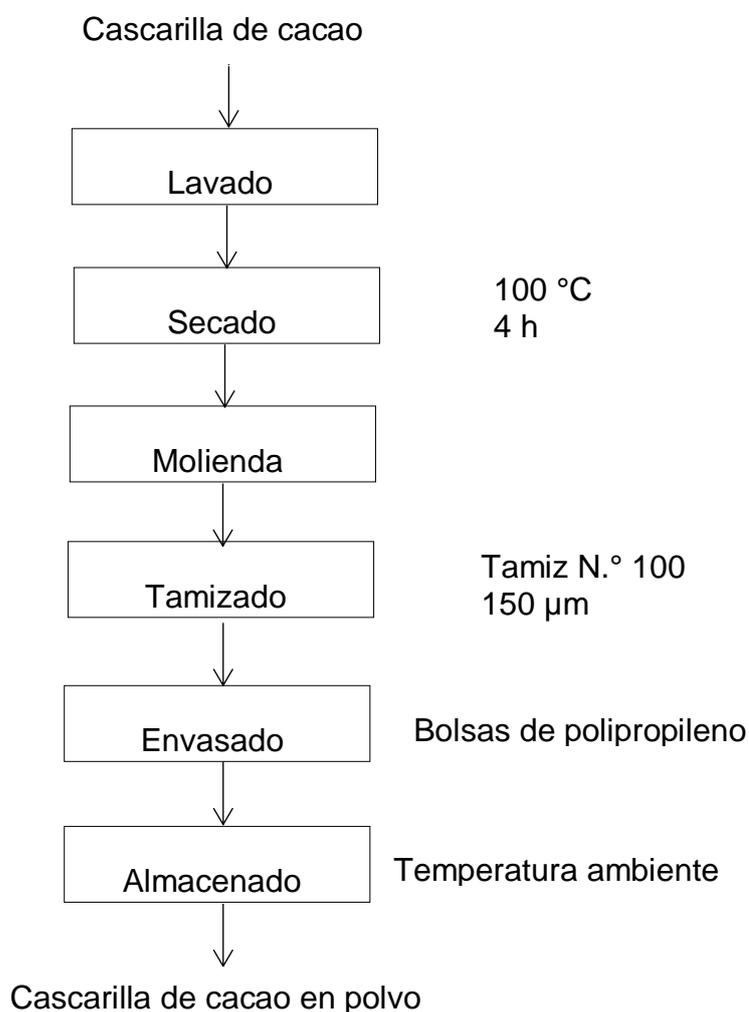


Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de cascarilla de cacao en polvo

A continuación, se describe cada operación de la Figura 2 para la obtención de la cascarilla de cacao en polvo basado en Ramírez y otros (2015).

Lavado. La cascarilla de cacao se lavó con agua potable para retirar el polvillo adherido.

Secado. Se realizó en un horno a 100°C por 4 h hasta obtener un contenido de humedad de 10-12%.

Molienda. La cascarilla de cacao se redujo en tamaño en una licuadora.

Tamizado. El material resultante se tamizó en una malla tyler N.º 100 (150 µm) para homogeneizar el tamaño de partícula.

Envasado. Se envasó en una bolsa de polipropileno

Almacenado. Se almacenó a temperatura ambiente durante 48 h para luego usarlo en la elaboración de muffins.

3.4.3. Procedimiento experimental para la elaboración de muffins con cascarilla de cacao en polvo.

En la Figura 3, se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de muffins con cascarilla de cacao en polvo basado en Ramírez y otros (2015).

La descripción del diagrama de flujo se presenta a continuación:

Recepción. Los ingredientes fueron recibidos, y se verificó su frescura y fecha de vencimiento.

Pesado. Se pesaron los ingredientes de acuerdo con la formulación y se tuvo en cuenta los niveles de sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao (0, 5, 10 y 15%) en polvo, cada grupo de ingredientes fue pesado en una balanza analítica.

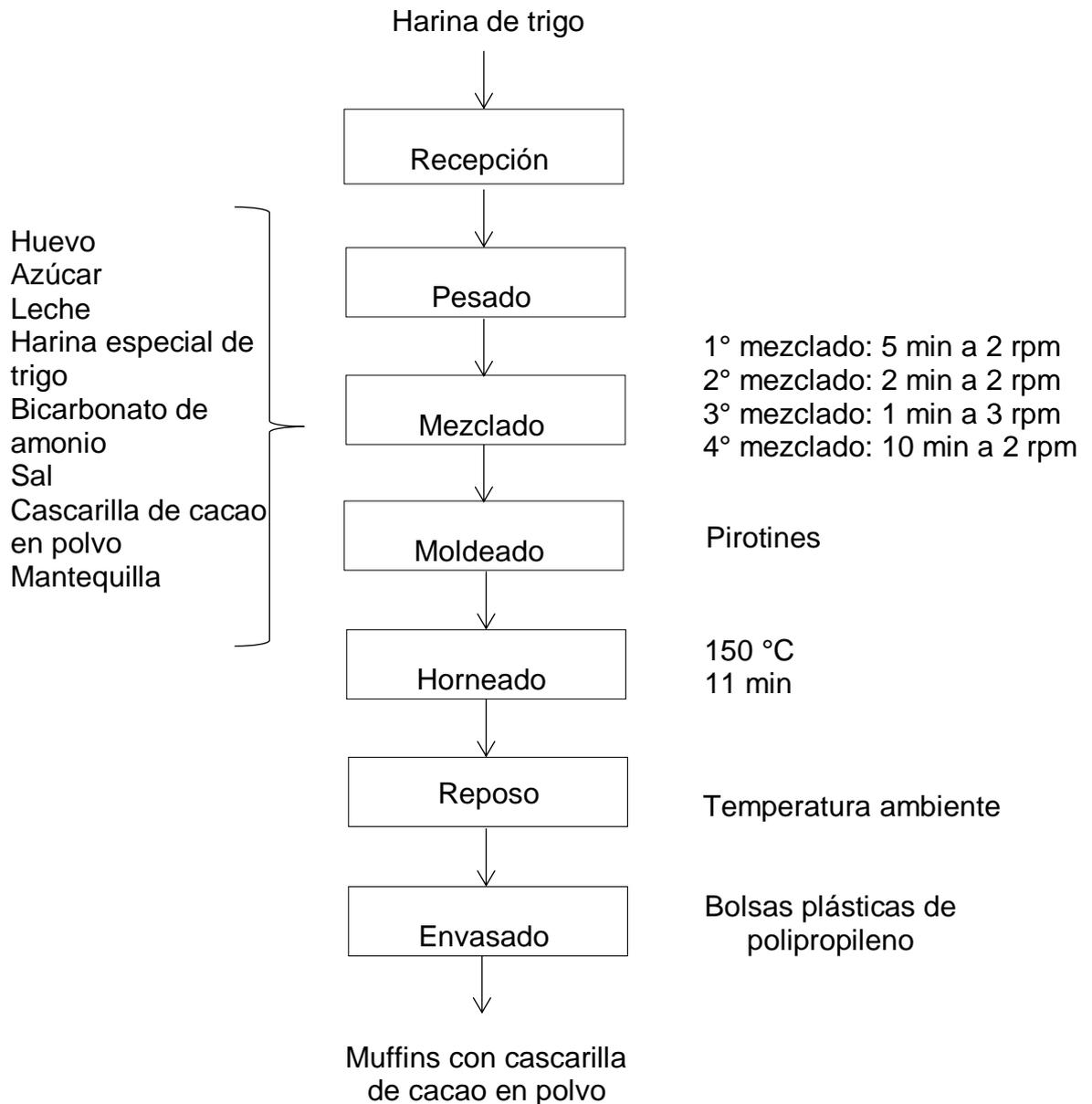


Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de muffins con cascarilla de cacao en polvo.

Mezclado. Primero, se mezcló las claras de huevo y el azúcar durante 5 min a 115 rpm. Luego, se añadió la yema de huevo y la leche para continuar la operación durante 2 min a la misma velocidad. A continuación se adicionó la harina especial de trigo, cascarilla de cacao en polvo y el

bicarbonato de amonio para ser mezclados a 308 rpm durante 1 min. Finalmente se añadió la mantequilla y se mezcló por 10 min.

Moldeado. Se colocó 36 g en moldes de papel manteca (40 mm de diámetro y 35 mm de altura).

Horneado. Los moldes se colocaron en un horno convencional rotativo durante 11 min a 150 °C.

Reposo. Una vez horneados se dejaron reposar hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Envasado. Los muffins se envasaron de manera individual en bolsas de polipropileno para su posterior análisis.

3.4.4. Formulación base

En el Cuadro 4, se aprecia la formulación base para la elaboración de muffins, a partir de la cual se realizó las sustituciones con cascarilla de cacao en polvo.

3.4.5. Métodos análisis

3.4.5.1. Fibra cruda

Se empleó el método por hidrolisis ácida y alcalina (AOAC, 1997), se siguió el siguiente procedimiento:

Se pesó 2 g de muestra y se colocó en un vaso de precipitado, luego se añadió 200 mL de H₂SO₄ (1.25%) y se calentó a ebullición durante 30 min. El material resultante se filtró y se lavó con agua destilada caliente, la filtración se realizó en menos de 10 min. Posteriormente se transfirió a un vaso de precipitación con 200 mL de NaOH (1.25%), para ser llevado a ebullición por 30 min.

Cuadro 4. Formulación base para la elaboración de muffins

Ingrediente	Formulación (%)			
	C	S ₁	S ₂	S ₃
Harina especial de trigo	26	24.7	23.4	22.1
Cascarilla de cacao en polvo	0	1.3	2.6	3.9
Azúcar	26	26	26	26
Bicarbonato de amonio	2	2	2	2
Mantequilla	10	10	10	10
Leche	12.5	12.5	12.5	12.5
Yema de huevo	7.5	7.5	7.5	7.5
Clara de huevo	15	15	15	15
Sal	1	1	1	1
Total	100	100	100	100

Fuente: Ramírez y otros (2015)

C: Formulación de la muestra control

El material obtenido se filtró y lavó con agua destilada caliente. Los residuos fueron colocados en la estufa a 130 °C por 2 h; después de lo cual, se enfrió y pesó; para luego, incinerarlos a 600 °C por 3 h. Se dejó enfriar y se pesó. La determinación de la cantidad de fibra cruda se realizó por diferencia de pesos, como muestra la siguiente fórmula.

$$\% \text{ fibra cruda} = \frac{(Ps - Pp) - (Pc - Pcp)}{M} \times 100$$

En donde:

Ps: masa en (g) del residuo seco a 130 °C

Pp: masa en (g) de papel filtro

Pcp: masa en (g) de las cenizas del papel

M: masa de la muestra en (g)

Pc: masa en (g) de las cenizas

3.4.5.2. Compuestos fenólicos

Se utilizó 5 g de muestra que fue homogenizado en 20 mL de etanol acuoso al 80% durante 2 h a temperatura ambiente y, luego, centrifugados a 4200 rpm por 15 min; el sobrenadante fue evaporado en una estufa a 60 °C. El residuo fue disuelto en 5 mL de agua destilada; 100 µL del cual fue diluido con 3 mL de agua destilada y, luego, se le adicionó 0.5 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu. Después de 3 min, se adicionó 2 mL de solución de carbonato de sodio al 20% (p/v) y el material resultante fue mezclado vigorosamente. La absorbancia del color desarrollado después de 1 h fue medida en un espectrofotómetro a 650 nm, usando ácido gálico como estándar, los resultados fueron expresados como mg ácido gálico/100 g de peso fresco (Vasantha y otros, 2008).

3.4.5.3. Firmeza

La firmeza se determinó de manera instrumental, utilizando un texturómetro Instron, con el software Bluehill Lite, se midió la resistencia a la penetración (N). Los muffins fueron cortados horizontalmente a la altura de la copa, desechándose esta y se evaluó hasta 1.5 cm de la parte inferior. La prueba se realizó con una cruceta de 79 mm de diámetro de extremo plano cilíndrico y la compresión a 50% de la altura inicial a una velocidad de 1 mm/s (Matos, 2013).

3.4.5.4. Aceptabilidad general

Para la evaluación sensorial de los muffins se empleó un panel no entrenado de 30 consumidores. Se usó la ficha de la figura 4, que está estructurada en una escala hedónica de 9 puntos, donde 9: me

gusta muchísimo, 8: me gusta mucho, 7: me gusta moderadamente, 6: me gusta un poco, 5: me es indiferente, 4: me desagrada un poco, 3: me desagrada moderadamente, 2: me desagrada mucho y 1: me desagrada muchísimo (Padrón y otros, 2009).

Género: _____ M _____ F	Edad: _____			
Nombre del producto: Muffins con cascarilla de cacao				
INSTRUCCIONES:				
Observe y deguste el muffin que se le presenta y califíquela según la escala, marque con una (X) en el casillero que corresponda de acuerdo con el nivel de agrado o desagrado que le produzca.				
Escala	217	312	456	567
Me desagrada muchísimo				
Me desagrada mucho				
Me desagrada moderadamente				
Me desagrada un poco				
Me es indiferente				
Me gusta un poco				
Me gusta moderadamente				
Me gusta mucho				
Me gusta muchísimo				
Comentarios:.....				
Gracias!!				

Fuente: Padrón y otros (2009)

Figura 4. Cartilla para la evaluación de la aceptabilidad general de muffins con cascarilla de cacao en polvo

3.4.5.5. Análisis estadístico

El método estadístico correspondió a un diseño unifactorial con cuatro repeticiones. Para la firmeza, fibra cruda y compuestos fenólicos, se empleó la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de varianzas; posteriormente, se realizó un análisis de

varianza (ANVA), y al existir diferencias significativas ($p < 0.05$) se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan la cual comparo los resultados mediante la formación de subgrupos para determinar el mejor tratamiento. La aceptabilidad general fue evaluada mediante las pruebas de Friedman y Wilcoxon.

Todos los análisis estadísticos se realizaron a un nivel de confianza del 95%. Para procesar los datos se utilizó el software especializado Statistical Package for the Social Science (SPSS) versión 20.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo sobre la firmeza en muffins

En la Figura 5, se muestra la firmeza (N) en función de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo en muffins. A medida que incrementa el porcentaje de sustitución aumenta la firmeza. Los resultados oscilaron entre 1.96 a 2.86 N. La muestra control obtuvo la menor firmeza con 1.96 N. En el Anexo 1 se muestra los resultados de esta variable.

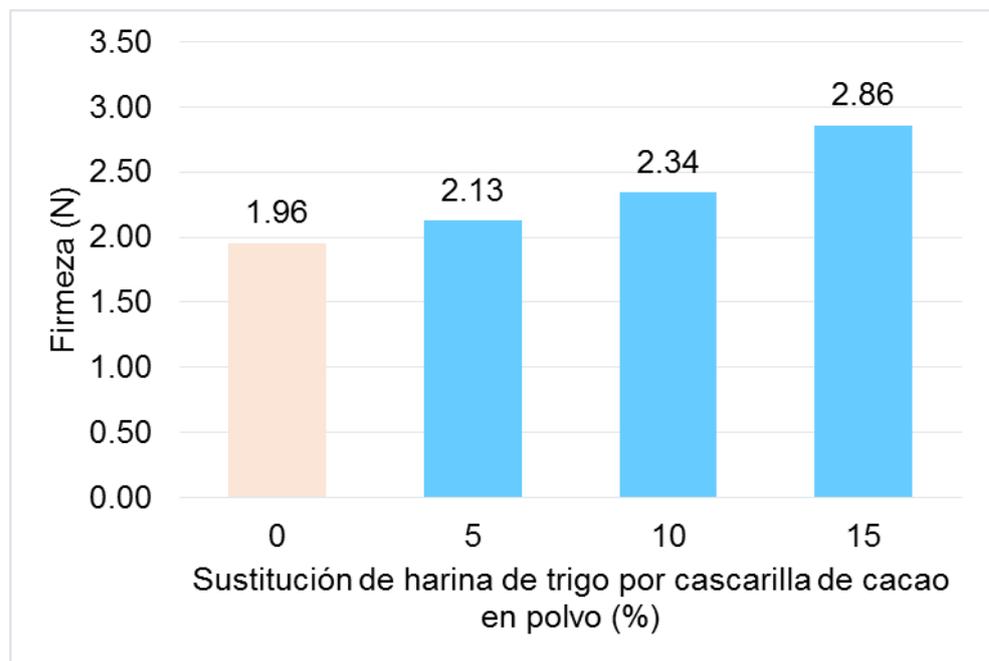


Figura 5. Firmeza en función de la sustitución de harina de trigo por cascarillas de cacao en polvo en muffins

Jauharah y otros (2014) utilizaron harina de maíz joven seco para sustituir la harina de trigo con concentraciones de 0, 10, 20 y 30%.

Reportaron valores de firmeza de 1.2 a 1.45 N, los cuales fueron menores a los obtenidos en la presente investigación, pero guardando relación en el incremento de la firmeza respecto al aumento de la sustitución.

La misma tendencia aunque con valores menores a los expuestos lo reportó Pereyra (2017), quien sustituyó harina de trigo por residuos de limón en polvo a 0, 5, 10 y 15% y obtuvo valores de firmeza de 0.94, 1.22, 1.34 y 1.59 N respectivamente.

Los muffins tienen una textura esponjosa y húmeda en su interior, la harina da consistencia, absorber los líquidos, los sabores y aporta valor nutricional. Además, se caracterizan por tener un desarrollo de los alvéolos producido por el aire incorporado durante el batido y su expansión durante la cocción. La calidad de la harina juega un papel fundamental en la calidad final del producto (Alay y Vásquez, 2017).

La adición de cualquier tipo de fibra a los ingredientes de un producto de panadería provoca una reducción del volumen y la altura del producto final, debido a la disminución de la elasticidad de la masa y, por ende, a la menor formación de alveolos en los muffins (Martínez y otros, 2011).

En el Cuadro 5, se presenta la prueba de Levene aplicada a la firmeza de los muffins con cascarilla de cacao en polvo, con la cual determinó la existencia de homogeneidad de varianza ($p > 0.05$). Posteriormente, se procedió a realizar el análisis de varianza para determinar el efecto significativo y la prueba de Duncan para determinar el mejor tratamiento.

Cuadro 5. Prueba de Levene para la firmeza en muffins con cascarilla de cacao en polvo

Variable	Levene	p
Firmeza (N)	2.796	0.086

A continuación se muestra el Cuadro 6 donde se presenta el análisis de varianza para la firmeza en muffins con cascarilla de cacao en polvo.

Cuadro 6. Análisis de varianza de la firmeza en muffins con cascarilla de cacao en polvo

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Firmeza (N)	Entre grupos	1.524	3	0.508	148.647	0.000
	Dentro de los grupos	0.027	8	0.003		
	Total	1.551	11			

El análisis de varianza indica que la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo en muffins tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la firmeza.

Jauharah y otros (2014) reportaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de la harina de trigo por harina de maíz joven seco sobre la firmeza en muffins.

Pereyra (2017) reportó efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo sobre la firmeza en muffins.

En el Cuadro 7, se presenta la prueba Duncan para la firmeza en muffins con cascarilla de cacao en polvo, la que indicó que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 4 se observa a los muffins con sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo al 15%, considerándose el mejor tratamiento por presentar el valor más cercano, al compararse con 5.26 N, que fue el valor determinado de un muffin comercial de zanahoria con frutas secas.

Cuadro 7. Prueba de Duncan para la firmeza en muffins con cascarilla de cacao en polvo

Cascarilla de cacao en polvo (%)	Subgrupo			
	1	2	3	4
0	1.96			
5		2.13		
10			2.34	
15				2.86

4.2. Efecto de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo sobre el contenido de fibra cruda en muffins

En la Figura 6, se muestran los resultados del contenido de fibra cruda en función de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo en muffins. La fibra cruda aumentó significativamente con el incremento de la sustitución, reportándose valores desde 1.39 hasta 8.61%. En el Anexo 1, se reportan los resultados de esta variable.

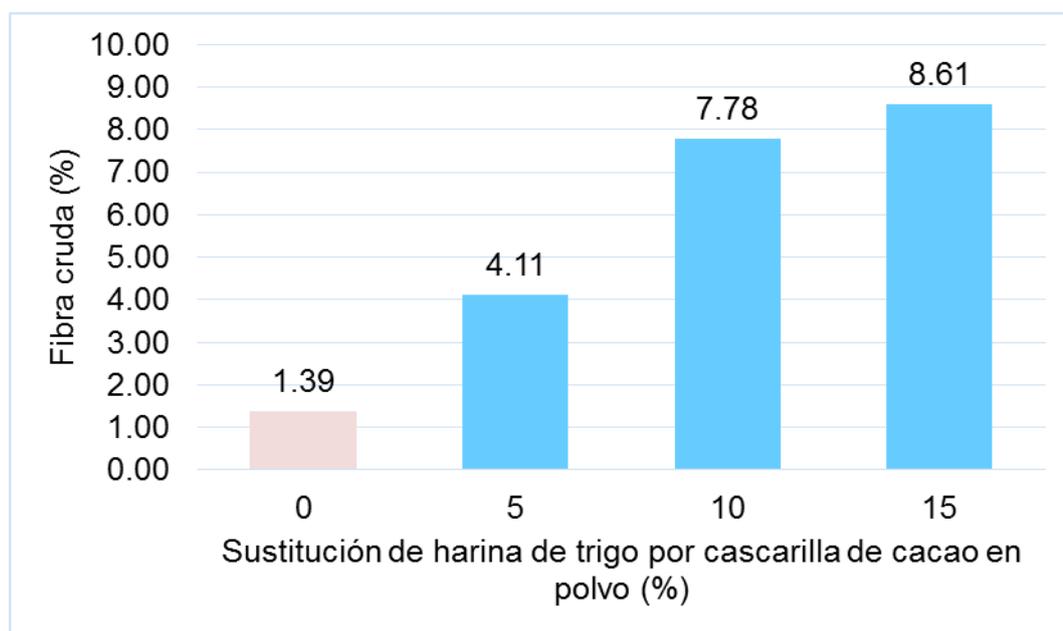


Figura 6. Fibra cruda en función de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo en muffins

Pereyra (2017) elaboró muffins con sustitución de residuos de limón en polvo; a 0, 5, 10 y 15 %. Obtuvieron valores de 0.9, 1.42, 2.68 y 3.45 % de fibra cruda; respectivamente.

Padrón y otros (2009) evaluaron la influencia de la sustitución parcial de harina de trigo por harinas de cladodios de cactus integral e hidrolizadas enzimáticamente a 10, 15 y 20%, donde el contenido de fibra cruda se incrementó de 0.65 a 0.81% en la sustitución con harina integral y de 0.36 a 0.47% en la sustitución con harina hidrolizada enzimáticamente. Ambos estudios reportaron valores menores al presente trabajo pero mostraron la misma tendencia.

La cascarilla de cacao contiene de 23.4 a 36.2% de fibra cruda, la cual la hace un ingrediente importante en la fabricación de muffins y otros productos de panadería. Sobre todo considerando que la ingesta diaria recomendada de fibra dietaria es de 25 g para una dieta balanceada. Por lo

que todos los postres formulados con cascarilla de cacao en polvo por el incremento en contenido de fibra, ofrecen beneficios nutricionales (Soto, 2012).

En el Cuadro 8, se presenta la prueba de Levene para el contenido de fibra cruda en muffins con cascarilla de cacao, la cual mostró la existencia de homogeneidad de varianza ($p > 0.05$). Posteriormente, se procedió a realizar el análisis de varianza para determinar el efecto significativo y la prueba de Duncan para determinar el mejor tratamiento.

Cuadro 8. Prueba de Levene para el contenido de fibra cruda en muffins con cascarilla de cacao en polvo

Variable	Levene	p
Fibra cruda (%)	0.32	0.811

En el Cuadro 9, se presenta el análisis de varianza para el contenido de fibra cruda en muffins con cascarilla de cacao en polvo, el cual indica efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao.

Cuadro 9. Análisis de varianza del contenido de fibra cruda en muffins con cascarilla de cacao en polvo

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Fibra cruda (%)	Sustitución	134.903	3	44.968	4167.689	0.000
	Error	0.129	12	0.011		
	Total	135.032	15			

Pereyra (2017) reportaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de la harina de trigo por residuos de limón en polvo sobre el contenido de fibra cruda en muffins.

Padrón y otros (2009) reportaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de la harina de trigo por harina de cladodios de cactus integral e hidrolizada enzimáticamente sobre el contenido de fibra cruda en muffins.

En el Cuadro 10, se presenta la prueba Duncan aplicada al contenido de fibra cruda en muffins con cascarilla de cacao. Esta prueba indicó que existió diferencia significativa entre los tratamientos por la formación de subgrupos. En el subgrupo 4, se observa al tratamiento con sustitución al 15% que presentó el mayor contenido con 8.61%, siendo escogido como el mejor tratamiento.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para el contenido de fibra cruda en muffins con cascarilla de cacao en polvo

Cascarilla de cacao en polvo (%)	Subgrupo			
	1	2	3	4
0	1.39			
5		4.11		
10			7.78	
15				8.61

4.3. Efecto de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo sobre el contenido de compuestos fenólicos en muffins

En la Figura 7, se presenta los resultados del contenido de compuestos fenólicos en función de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo en muffins. Se observa un incremento en el contenido de fenoles totales conforme aumenta la sustitución, con valores

de 38.95 a 65.18 mg AG/100 g de producto. En el Anexo 1, se reportan los resultados completos de la variable.

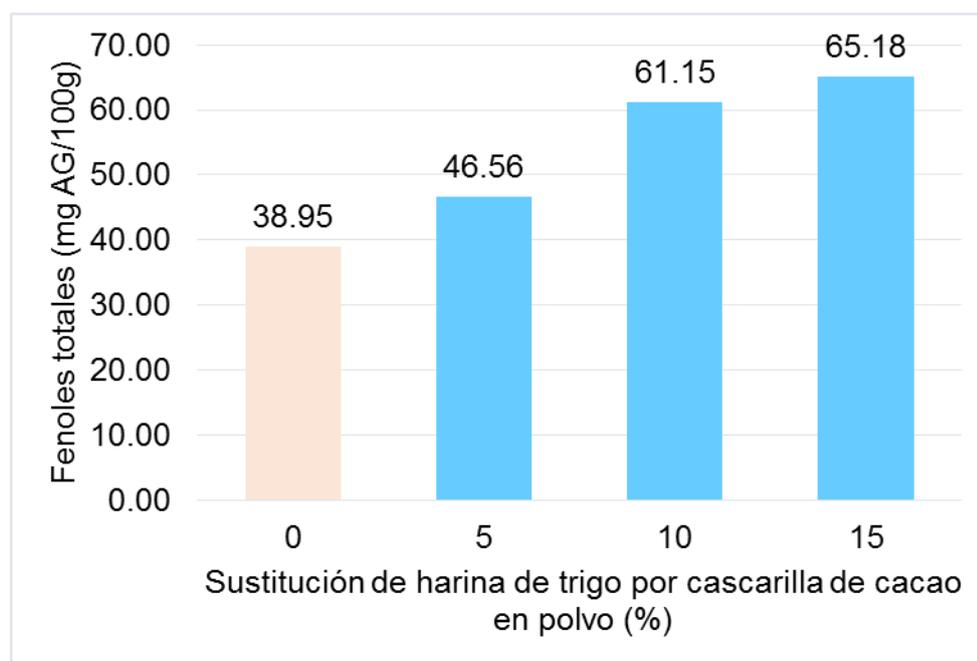


Figura 7. Fenoles totales en función de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo en muffins

Bilal y otros (2015) elaboraron muffins sustituyendo la harina de trigo por afrecho de dos variedades de manzana (Kala Kullu y Golden) en polvo a 0, 5, 10 y 15%. Encontraron valores de 276 - 301 mg AG/100 g, en tanto que, Pereyra (2017) reportó valores de 18.65, 21.38, 28.51 mg AG/100 g al sustituir harina de trigo por residuos de limón en polvo a 5, 10 y 15% en muffins.

Los resultados de este estudio son mayores al igual que los valores reportados por Bilal y otros (2015). La cascarilla de cacao es una importante fuente de compuestos fenólicos, lo cual lo convierte en un alimento protector contra diversas enfermedades como el cáncer, osteoporosis, obesidad, entre otros.

El proceso de horneado afecta todos los compuestos fenólicos, sin embargo, las antocianinas son las más afectadas, ya que no son estables y tienden a ser decolorados o degradados en el proceso. Estas pérdidas se pueden dar por efecto combinado de oxidación, isomerización y degradación. Además la pérdida de fenoles también puede ser resultado de la interacción con proteínas de trigo a través de enlaces de hidrogeno durante la preparación de la masa, como es el caso de las proantocianidinas como lo menciona Zapata y otros (2013). Del mismo modo también pueden ser afectados por varios otros ingredientes de la mezcla para muffins (Vasanth y otros, 2007).

Los fenoles presentes en la cascarilla de cacao se clasifican en tres grupos: proantocianidinas (58%), catequinas (37%) y antocianinas (4%). El valor inicial de fenoles totales en la cascarilla de cacao fue de 2330 mg AG/100g y los fenoles encontrados en los muffins con 15% de sustitución fue de 65.18 mg AG/100 g, lo que representa una pérdida del 62% de fenoles de acuerdo a lo ya mencionado.

En el Cuadro 11, se presenta la prueba de Levene para el contenido de compuestos fenólicos en muffins con cascarilla de cacao en polvo.

Cuadro 11. Prueba de Levene para el contenido de compuestos fenólicos en muffins con cascarilla de cacao en polvo

Variable	Levene	p
Fenoles totales (mg AG/100g)	2.884	0.08

La prueba de Levene determinó homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$) en el contenido de compuestos fenólicos. A continuación, se

realizó el análisis de varianza para determinar el efecto significativo y la prueba Duncan para determinar el mejor tratamiento.

En el Cuadro 12, se presenta el análisis de varianza para el contenido de fenoles totales en muffins con cascarilla de cacao en polvo, el cual indica efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el contenido de compuestos fenólicos en muffins con cascarilla de cacao en polvo

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Fenoles totales (mg AG/100g)	Entre grupos	1441.898	3	480.633	163.250	0.000
	Dentro de los grupos	23.553	8	2.944		
	Total	1465.452	11			

Bilal y otros (2015) reportaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de la harina de trigo por afrecho de dos variedades de manzana (Kala Kullu y Golden) en polvo sobre el contenido de fenoles totales en muffins.

Mildner y otros (2014) reportaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de la harina de trigo por subproductos de uva en polvo sobre el contenido de fenoles totales en muffins.

En el Cuadro 13, se muestra la prueba Duncan aplicada al contenido de compuestos fenólicos en muffins con cascarilla de cacao en polvo. Esta prueba indicó diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 4, se encuentra

la sustitución del 15% que presentó el mayor valor con 65.18 mg AG/100 g, por lo que se consideró como el mejor tratamiento.

Cuadro 13. Prueba de Duncan para el contenido de compuestos fenólicos en muffins con cascarilla de cacao en polvo

Cascarilla de cacao en polvo (%)	Subgrupo			
	1	2	3	4
0	38.95			
5		46.56		
10			61.14	
15				65.18

4.4. Efecto de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo sobre la aceptabilidad general en muffins

En la Figura 8, se presenta los resultados de la aceptabilidad general en función de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo en muffins. Se observa que la muestra control tuvo mayor aceptabilidad con 7.37 puntos, seguido por los tratamientos con 5 y 15 %, los cuales obtuvieron 7.07 puntos. En el Anexo 1, se reportan los resultados completos de la variable.

Bilal y otros (2015) elaboraron muffins sustituyendo la harina de trigo por afrecho de dos variedades de manzana (Kala Kullu y Golden) en polvo, a 0, 5, 10 y 15%. La mayor aceptabilidad fue con sustitución del 10% de afrecho de manzana Kalu Kallu.

Jauharah y otros (2014) utilizaron harina de maíz joven seco para sustituir la harina de trigo en la formulación de muffins con concentraciones

de 0, 10, 20 y 30%. La mayor aceptabilidad fue obtenida con 10% de sustitución.

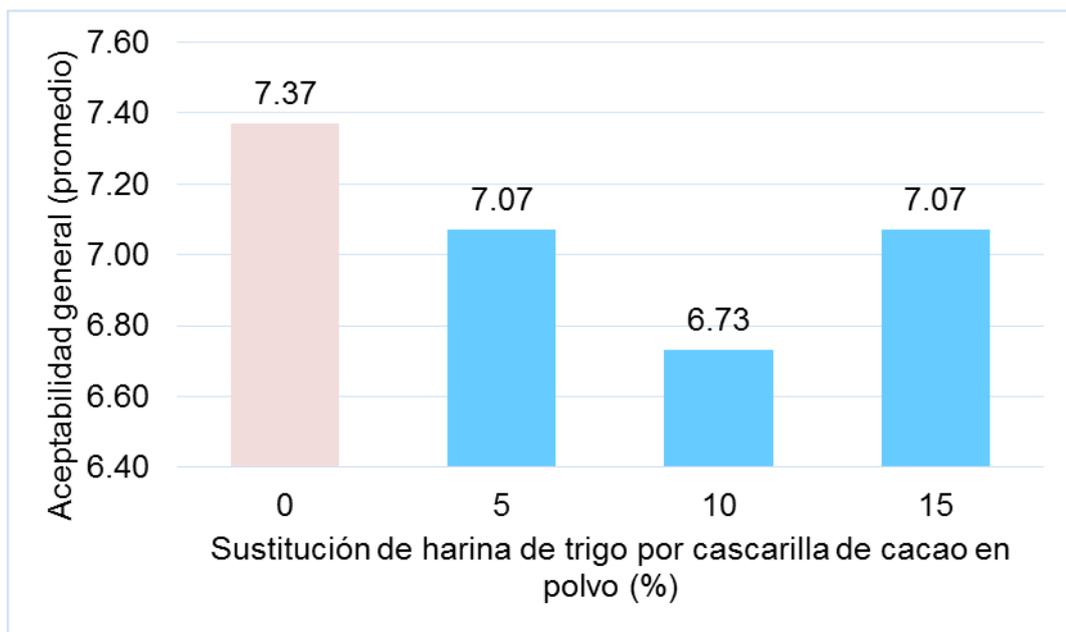


Figura 8. Aceptabilidad general en función de la sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo en muffins

Mildner y otros (2014) obtuvieron mayor aceptabilidad con 20% de sustitución de harina de trigo por subproductos de uva en polvo en la elaboración de muffins.

Moraes y otros (2010) obtuvieron mayor aceptabilidad con una sustitución al 30% de harina de trigo por harina de linaza en muffins.

En el Cuadro 14, se presenta la prueba de Friedman que determinó que no existió diferencia significativa ($p > 0.05$) entre las muestras evaluadas; sin embargo, los muffins control y de sustitución 15% obtuvieron los mayores rangos promedio con moda de 8, perteneciendo a la percepción de me gusta mucho.

Cuadro 14. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general en muffins con cascarilla de cacao en polvo

Cascarilla de cacao (%)	Rango promedio	Promedio	Moda
0	2.83	7.37	8
5	2.48	7.07	7
10	2.20	6.73	6
15	2.48	7.07	8
Chi-cuadrado			4556
p			0.207

Jauharah y otros (2014) reportaron que no existió efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de la harina de trigo por harina de maíz joven seco sobre la aceptabilidad general de muffins.

Padrón y otros (2009) reportaron que no existió efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de harina de trigo por harina de cladodio de cactus sobre la aceptabilidad general de muffins.

V. CONCLUSIONES

La sustitución de harina de trigo por cascarilla de cacao en polvo presentó efecto significativo sobre la firmeza, fibra cruda y compuestos fenólicos; pero no en la aceptabilidad general.

Se consideró a la sustitución de cacao en polvo al 15% como el mejor tratamiento ya que permitió obtener la mejor firmeza, el mayor contenido de fibra cruda, contenido de fenoles totales y aceptabilidad general en muffins.

VI. RECOMENDACIONES

Evaluar la elaboración de muffins con sustitución de harina de trigo por otros subproductos agroindustriales en polvo como cascara de plátano, mango, arándano, naranja y espárrago.

Evaluar la sustitución de azúcar por stevia, miel de abeja, isomaltosa de granos de cebada germinada, entre otros en la elaboración de muffins.

Evaluar el efecto del tiempo de cocción sobre las características fisicoquímicas en muffins.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Alay, E. y Vásquez, B. 2017. Sustitución del azúcar común (sacarosa) en el producto pastelero muffin. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Químico, Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

A.O.A.C. (1997). Official Methods of Analysis of AOAC International. 17ava Edición. Arlington. Virginia, USA.

Arteaga, P. 2016. Ecto de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por cáscaras de uva (*Vitis vinífera*) en polvo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en muffins. Tesis para obtener el Título de Ingeniera en Industrias Alimentarias, Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Bajerska, J., Mildner, S., Górnas, P., Seglina, D., Pilarska, A. y Jesionowski, T. 2016. Physical and bioactive properties of muffins enriched with raspberry and cranberry pomace powder: a promising application of fruit by-products rich in biocompounds. *Plant Foods Human Nutrition*; 71:165–173

Batista, L. 2009. Guía técnica el cultivo de cacao. CEDAF. Santo Domingo, República dominicana.

Bilal, M., Rakha, A., Sohail, M., Rashid, S. e Ishtiaq, H. 2015. Physicochemical and sensory assessment of apple pomace enriched muffins. *Food Science and Technology*; 25(4): 224-234

Botero, N., Londoño, L. y Rojas, L. 2016. Extracción de polifenoles totales asistida por enzimas, a partir de residuos de la industria del cacao. *Agronomía Colombiana*; 34(1): 622-625

Cañas, A., Restrepo, D. y Cortés, M. 2011. Productos Vegetales como fuente de fibra dietaria en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(1): 6023-6035

Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M. y Weigend, M. 2011. Hoja botánica: Cacao. *Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C.* Lima, Perú

Fernández, K. 2015. Manual para la pastelería fina. Universidad Nacional de Educación. Enrique Guzmán y Valle. Facultad de Agropecuaria y Nutrición. Primera edición. Editorial Imprenta Sánchez S.R.L.

Jauharah, M., Wan, W. y Robert, D. 2014. Physicochemical and sensorial evaluation of biscuit and muffin Incorporated with young corn powder. *Sains Malaysiana*; 43(1): 45–52

Lineo, C. 2016. Estudio del cacao en el Perú y en el mundo. MINAGRI. Lima, Perú.

Martínez, S., Salvador, A., Muguera, B., Moulay, L y Fiszman, S. 2011. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. *Food Science and Technology*; 44: 729-736

Matos, M. 2013. Formulación y desarrollo de productos horneados libres de gluten a base de harina de arroz enriquecidos con proteínas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

Mendoza, K. 2017. Muffins de chocolate con relleno de mermelada de kiwi enriquecida con spirulina (*Arthrospira platensis*). Tesis para obtener el Título de Ingeniero Pesquero, Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú.

Mildner, S., Siger, A., Szwengiel, A. y Bajerska, J. 2014. Natural compounds from grape by-products enhance nutritive value and reduce formation of CML in model muffins. *Food Science and Technology*; 172: 78-85

Moraes, E., Dantas, M., Morais, D., Silva, C., Castro, F., Martino, H. y Ribeiro, S. 2010. Sensory evaluation and nutritional value of cakes prepared with whole flaxseed flour. *Food Science and Technology*, 30(4): 974-979

Novo, D., Urdiroz, A., Gruat, A., Costa, A., Ortiz, A., Quilez, J., López, E., Marcet, B., Martínez, E., García, E., Martín, S., López, M., Hurtado, A., Alonso, I. y Fernández, V. 2012. Manual de Calidad de Panadería, Bollería y Pastelería. Asociación Española de la Industria de Panadería, Bollería y Pastelería. Editorial Agrícola Española S.A.

Ogata, N. 2007. El cacao. *Biodiversitas*; 72: 1-5

Padrón, C., Aguirre, C. y Moreno, M. 2009. Influencia de la sustitución parcial de harina de trigo con harinas de cladodios de cactus (*Opuntia boldinghii* Britton & Rose) integral e hidrolizada enzimáticamente como fuente de fibra en postres tipo muffins. *Revista Tecnológica ESPOL*; 22(1): 63-71

Pereyra, M. 2017. Efecto de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por residuos de limón (*Citrus aurantifolia*) en polvo sobre las

características fisicoquímicas y aceptabilidad general en muffins de vainilla. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias, Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Ramírez, J., Blancas, F., Zamora, V., García, M., Bello, L., Tovar, J. y Sáyago, S. 2015 Nutritional properties and phenolic content of a bakery product substituted with a mango (*Mangifera indica*) Ataulfo processing by-product. *Food Research International*; 73:117 - 123.

Romero, I. y Batista, M. 2014. Caracterización fisicoquímica de la semilla de chicayota (*Cucurbita argyrosperma sororia*) y su empleo en panificación. *Jovenes en la Ciencia*; 1(1): 83-90

Soto, M. 2012. Desarrollo del proceso de producción de cascarilla de semilla de cacao en polvo destinada al consumo humano. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico, Universidad Simón Bolívar. Sartenejas, Venezuela.

Vasanth, H., Wang, L., Huber, G. y Pitts, N. 2008. Effect of baking on dietary fibre and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. *Food Chemistry*; 107:1217–1224.

Velásquez, A. 2013. Nutrición proteico-energética. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*. Universidad de la Habana, Cuba.

Wheat Foods. 2005. Grains of truth about muffins. Colorado, Estados Unidos.

Zapata, S., Tamayo, A. y Rojano, B. 2013. Efecto de la fermentación sobre la actividad antioxidante de diferentes clones de cacao colombiano. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*; 18(3):391-404

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Resultados de las evaluaciones de firmeza, fibra cruda y compuestos Fenólicos en muffins con cascarilla de cacao en polvo

Cascarilla de cacao en polvo (%)	Repeticiones	Firmeza	Fibra cruda	Fenoles totales (mg AG/100g)
0	1	1.97	1.29	39.34
	2	2.02	1.39	38.96
	3	1.89	1.37	38.58
	4	1.94	1.49	38.93
	Promedio	1.96	1.39	38.95
5	1	2.18	4.27	47.26
	2	2.07	4.01	43.35
	3	2.11	4.07	45.83
	4	2.14	4.10	49.81
	Promedio	2.13	4.11	46.56
10	1	2.51	7.66	58.74
	2	2.24	7.85	61.79
	3	2.38	7.79	62.92
	4	2.24	7.82	61.14
	Promedio	2.34	7.78	61.15
15	1	2.77	8.69	64.36
	2	2.85	8.62	66.08
	3	2.89	8.72	65.22
	4	2.93	8.43	65.07
	Promedio	2.86	8.61	65.18

Anexo 2. Calificaciones de las pruebas sensoriales para la aceptabilidad general en muffins con cascarilla de cacao en polvo

Panelistas	Cascarilla de cacao en polvo (%)			
	0	5	10	15
1	2	4	7	8
2	6	7	2	8
3	9	8	9	8
4	8	6	7	8
5	2	6	6	5
6	7	7	6	6
7	7	7	6	5
8	8	6	9	7
9	8	8	8	8
10	8	5	7	9
11	7	7	6	8
12	7	7	7	8
13	6	7	6	5
14	8	9	8	4
15	8	9	8	6
16	9	8	8	8
17	8	6	4	7
18	9	8	6	6
19	7	7	7	8
20	5	5	7	7
21	7	7	7	8
22	8	5	4	8
23	6	8	3	5
24	9	7	8	7
25	9	7	6	7
26	8	6	8	6
27	8	9	9	9
28	9	9	9	9
29	9	9	6	7
30	9	8	8	7
Promedio	7.37	7.07	6.73	7.07

Anexo 3. Vistas fotográficas de la elaboración de muffins con cascarilla de cacao en polvo



Figura A. Cascarilla de cacao en polvo



Figura B. Ingredientes para la elaboración del muffins



Figura C. Mezclado de ingredientes



Figura D. Pesado y moldeado de muffins



Figura E. Proceso de horneado de muffins



Figura F. Muffins con sustitución de cascarilla de cacao en polvo



Figura G. Evaluación de firmeza en muffins



Figura H. Evaluación de fibra en muffins



Figura H. Evaluación de compuestos fenólicos en muffin