



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**CARRERA INGENIERÍA EN ALIMENTOS**



---

**Tema: Aprovechamiento de cultivos andinos tradicionales infrautilizados para el desarrollo de un producto de pastelería tipo muffin**

---

Trabajo de Titulación, modalidad de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Este trabajo forma parte del proyecto de investigación: Desarrollo de un prototipo de mezcla farinácea libre de gluten para pastelería, utilizando cultivos andinos tradicionales infrautilizados. Aprobado por el H. Consejo Universitario con resolución 0193-CU-P-2018 y coordinado por Diego Salazar, MSc.

**AUTOR:** Diego Roberto Silva Idrovo

**TUTOR:** MSc. Diego Manolo Salazar Garcés

**AMBATO – ECUADOR**

**Enero-2019**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

**Msc. Diego Manolo Salazar Garcés**

**CERTIFICA:**

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto autorizo la presentación de este trabajo de titulación modalidad Proyecto de investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 5 de diciembre del 2018



Diego Manolo Salazar Garcés, MSc.

CI: 1803124294

TUTOR

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Diego Roberto Silva Idrovo, manifiesto que los resultados obtenidos en el proyecto de investigación, previo la obtención del título de Ingeniería en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Diego Roberto Silva Idrovo

CI: 1804236949

AUTOR

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

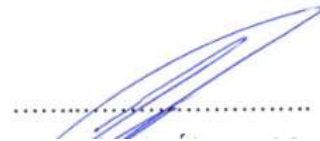


Presidente del Tribunal



Mirari Arancibia, PhD

CI: 180214246-1



Fernando Álvarez, MSc.

CI: 180104502-0

Ambato, 3 de enero del 2019

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que considere el presente proyecto de investigación o parte de él, como un documento libre para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en líneas patrimoniales de mi Trabajo de Graduación, con fines de difusión pública, además apruebo su reproducción parcial o total dentro de las regulaciones de la Universidad Ecuatoriana, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Diego Roberto Silva Idrovo

CI: 1804236949

AUTOR

## DEDICATORIA

A Dios y la Virgen María quien en su infinito amor me enseñaron que cada uno de sus hijos tienen un camino, el cual debes andar y aunque a veces pierdas el rumbo ellos están ahí para ti, enviándote a sus ángeles o convirtiéndote en uno de ellos, es extraño como muchas cosas sucedieron, y sea cual sea la situación siempre tuve a alguien ahí.

A mis padres Julio e Isabel, por el amor incondicional, por la fe en alguien que alguna vez perdió el rumbo, por el esmero para llevarme a un lugar seguro y permitir demostrarme a mí mismo lo que el ser humano con un objetivo fijo puede hacer para elevar su espíritu y forjarse un camino.

A mis abuelitos Julio y Ester, que aunque ya no estén físicamente, su recuerdo fue, es y será una de mis más grandes fortalezas, su bendición y su guía la sentí en cada momento oscuro por los cuales cruce antes y después de este proceso.

## AGRADECIMIENTO

Al grupo de investigación G+ Biofood and Engineering, en especial a mis maestros y amigos Ingeniero Msc. Diego Salazar, Dra. Mirari Arancibia y al Ingeniero Fernando Álvarez, por la paciencia, constancia y guía tanto técnica como personal durante el desarrollo de este proyecto.

A mis amigos de aventuras y travesuras Karen, Jorge e Ivan con los cuales formamos un equipo de trabajo excepcional, por el cariño, apoyo, consuelo y empuje cuando lo necesitaba.

A una persona que mientras caminamos de la mano, fuimos un apoyo incondicional durante la odisea de convertirnos en profesionales, Andrea.

A Don Pan y sus colaboradores que siempre estuvieron prestos a apoyarme en todos los proyectos que emprendí.

A la FCIAL, la que se convirtió en mi segundo hogar, ya que este fue el lugar de tantas aventuras, logros, decepciones y ascensos, en el cual conocí personas tan valiosas que me permitieron descubrirme y retarme como el recordado Ingeniero Lenin Garcés.

A LACONAL, en especial a las Ingenieras Gaby, Paty que siempre estuvieron prestas al consejo y asesoría técnica durante la fase experimental de este proyecto.

A todas las personas que de una u otra forma estuvieron ahí conmigo, con su mano amiga y el consejo oportuno.

A todos ustedes con cariño muchas gracias

Diego Silva

## ÍNDICE GENERAL

PAGINAS PRELIMINARES	
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	iv
DERECHOS DE AUTOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ABREVIATURAS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I.....	3
1.1    TEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.2    JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
CAPITULO II .....	5
2.1    ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	5
2.2    HIPÓTESIS .....	8
2.2.1    Hipótesis nula (Ho) .....	8
2.2.2    Hipótesis alternativa (Hi) .....	8
2.3    Señalamientos de las variables .....	8
Variable independiente.....	8
Variable dependiente .....	9
3.1    MATERIALES Y MÉTODOS .....	10
3.1.1    Obtención de la materia prima y producción de harina .....	10



3.1.2	Formulación .....	10
3.1.1	Ec Análisis Físicoquímicos .....	11
	pH y acidez titulable .....	11
3.1.2	Análisis proximal .....	11
	Proteína.....	11
	Fibra .....	12
	Humedad .....	13
	Actividad de agua .....	14
3.1.3	Propiedades panificables .....	14
	Humedad de la masa cruda.....	14
	Reología .....	14
	Colorimetría .....	15
	Volumen.....	15
	Tamaño de alveolo .....	15
	Textura .....	15
3.1.4	Vida de anaquel.....	16
	Análisis Microbiológicos .....	16
	Análisis sensorial.....	16
3.1.5	Diseño experimental y análisis estadístico.....	17
Capitulo IV	.....	18
4.1	Análisis y discusión de los resultados .....	18
4.1.1	Análisis Físicoquímicos .....	18
4.1.2	Análisis Proximal .....	19
4.1.3	Propiedades panificables .....	22
4.1.4	Perfil de Textura .....	25
4.1.5	Color .....	26
4.1.6	Análisis de Viscosidad .....	27
4.1.7	Análisis microbiológico .....	28
4.1.8	Análisis sensorial.....	29
4.2	Verificación de la hipótesis .....	30
	Hipótesis nula (Ho) .....	30
	Hipótesis alternativa (Hi) .....	31

CAPITULO V .....	32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	32
5.1    Conclusiones .....	32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Estandarización de solidos totales .....	10
Ecuación 2. Determinación de blanco (FIBRA) .....	12
Ecuación 3. Contenido de fibra dietética total .....	13
Ecuación 4. Determinación de humedad (primera etapa) .....	13
Ecuación 5. Determinación de humedad (Segunda etapa) .....	13
Ecuación 6. Porcentaje de humedad total.....	14
Ecuación 7. Volumen específico .....	15
Ecuación 8. Pérdida de humedad durante horneado .....	15

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulación de “muffins” elaborados con RTAs .....	11
Tabla 2. Cambios de pH y acidez de “muffins” elaborados, almacenados a 25°C y 30% HR. ....	19
Tabla 3. Datos obtenidos del análisis proximal de “muffins” elaborados, almacenados a 25°C y 30% HR .....	21
Tabla 4. Porcentaje de humedad de la masa cruda, humedad perdida durante el horneado y humedad perdida en el tiempo de “muffins” elaborados, almacenados a 25°C y 30% HR.....	23
Tabla 5. Resultados del volumen específico y actividad de agua de “muffins” elaborados, almacenados a 25°C y 30% HR. ....	25
Tabla 6. Resultado del perfil de textura de “muffins” elaborados, almacenados a 25°C y 30% HR.....	26
Tabla 7. Resultado del perfil de textura de “muffins” elaborados, almacenados a 25°C y 30% HR.....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Camote variedad ( <i>Ipomea Batatas</i> ) .....	6
Figura 2. Oca ( <i>Oxalis tuberosa</i> ) .....	7
Figura 3. Achira ( <i>Canna indica</i> ) .....	7
Figura 4. Mashua ( <i>Tropaeolum tuberosum</i> ) .....	8

Figura 5. pH-metro Mettler Toledo T50 .....	11
Figura 6. Reómetro Anton Paar MCR 302 utilizado .....	14
Figura 7. Texturómetro BROOKFIELD Pro CT3 .....	16
Figura 8. Tamaño y percepción del tamaño del alvéolo de “muffins” formulados con harinas de RTAS .....	24
Figura 9. Tonalidad y color de los muffins elaborados con harina de RTAs .....	26
Figura 10. (a) Módulo de almacenamiento $G'$ , (b) módulo de pérdida $G''$ , y (c) $\tan \gamma$ , en función de la frecuencia angular .....	28
Figura 11. Recuentos microbiológicos de las muestras de muffin. A) Aerobios mesófilos, B) Mohos y levaduras. ....	29
Figura 12. Perfil sensorial de los muffins elaborados con harinas de RTAs .....	30

## ABREVIATURAS

**RTAs:** Raíces y tubérculos andinos

**C:** muestra Control

**CAMa:** muestra Camote, Achira, Mashua, azúcar.

**OAMa:** muestra Oca, Achira, Mashua, azúcar.

**CAMe:** muestra Camote, Achira, Mashua, edulcorante.

**OAMe:** muestra Camote, Achira, Mashua, edulcorante.

**CRAC:** Capacidad de retención de aceite.

**CRA:** Capacidad de retención de agua.

## RESUMEN

El trabajo de investigación se desarrolló con la finalidad de proporcionar una alternativa eficaz para el aprovechamiento de cultivos andinos infrautilizados, el estudio permitió desarrollar un producto de pastelería tipo muffin utilizando harina de camote (*Ipomea Batatas*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), y achira (*Canna indica*). Los sólidos totales de las harinas de camote y oca medidos fueron 8.7 y 7.8°Brix respectivamente, valores que permitieron estandarizar las formulaciones a 30° Brix con la adición de sacarosa o sucralosa según la formulación. Se diseñaron 4 tipos de mezclas que incluyeron: harinas de cultivos andinos, yogurt, huevos, azúcar o sucralosa y aceite vegetal; los resultados permitieron establecer que los componentes de las formulaciones incidieron sobre las características fisicoquímicas sensoriales, nutricionales, reológicas y vida útil de los muffins. La harina de oca presentó valores de humedad superiores en la masa cruda, a la vez que incidió en la pérdida de humedad durante el horneado y pérdida de humedad durante el tiempo de almacenamiento. La sucralosa como agente edulcorante mostró incidencia sobre el contenido de proteína y fibra que se podría atribuir a la capacidad de acoplarse los derivados cloro-desoxi con los residuos de aminoácidos presentes en las muestras, además, que se observó un efecto significativo sobre los módulos de almacenamiento y pérdida de la viscosidad. La evaluación sensorial permitió establecer que la formulación que contenía harina de oca y sucralosa fue la que mayor aceptabilidad recibió por parte de los evaluadores.

**Palabras clave.** Tubérculos andinos, oca, camote, mashua, muffins, edulcorante, sacarosa

## ABSTRACT

The research work was developed in order to provide an effective alternative for the use of underutilized Andean crops, the study allowed to develop a muffin pastry product using sweet potato flour (*Ipomea Batatas*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), and achira (*Canna indica*). The total solids of the sweet potato and oca flour measured were 8.7 and 7.8 °Brix respectively, values that allowed to standardize the formulations at 30 °Brix with the addition of sucrose or sucralose according to the formulation. Four types of mixtures were designed that included: Andean crop flours, yogurt, eggs, sugar or sucralose and vegetable oil; the results allowed to establish that the components of the formulations affected the sensory, nutritional, rheological and muffin useful physicochemical characteristics. The oca flour presented higher moisture values in the raw dough, while also affecting the loss of moisture during baking and loss of moisture during the storage time. Sucralose as a sweetening agent showed an incidence on the protein and fiber content that could be attributed to the ability of the chloro-deoxy derivatives to be coupled with the amino acid residues present in the samples, in addition, a significant effect was observed on the storage and loss of viscosity. The sensory evaluation allowed to establish that the formulation containing oca flour and sucralose was the one that received the highest acceptability from the evaluators.

**Keywords.** Andean tubers, oca, sweet potato, mashua, muffins, sweetener, sucrose

## INTRODUCCIÓN

Los cultivos andinos históricamente han constituido una fuente primordial de alimento de la población principalmente indígena de países ubicados en toda la cordillera de los Andes, su relevancia reside no solo en su alto potencial nutricional y funcional sino también en el desarrollo socioeconómico de las comunidades indígenas que se dedican a su cultivo. En el Ecuador actualmente el consumo de cultivos andinos (camote, oca, achira, mashua, papa) oscila entre los 22-24 kilos/persona-año, siendo el país con menor consumo en relación con países como Perú con 90kg/persona-año, Colombia 55kg/persona-año y Bolivia 60kg/persona-año (CIP, 2017).

El Ecuador posee una extensa variedad de cultivos andinos tanto en raíces, como legumbres y vegetales, sin embargo, la mayoría de estos han sido relegados en el tiempo ya sea por cultivos más rentables o a su vez debido al escaso conocimiento de sus componentes nutricionales, propiedades funcionales y fisicoquímicas, que permitan generar posibles usos y aplicaciones principalmente en la industria alimentaria (Barrera, Tapia, y Monteros, 2004). Entre las raíces y tubérculos andinos (RTAs) infrautilizados están el camote (*Ipomea Batatas*), la Oca (*Oxalis tuberosa*), la Achira (*Canna indica*), la Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) que a pesar de su escaso consumo se han estudiado por sus propiedades funcionales, es así que en la oca y camote se pueden encontrar antocianinas calificadas como agentes anticancerígenos (Hagiwara et al., 2002), o antiprostáticas y anafrodisiacas atribuidas a los isotiocianatos existentes en la Mashua (Izurieta, 2013). Además, en la oca y la mashua se observa un efecto de endulzamiento natural cuando se las expone al sol, situación ocasionada por la conversión de almidones en azúcares, llegándose a obtener hasta 17°Brix, valores que permitirían obtener productos dulces con una reducida carga de sacarosa añadida e incluso por su contenido podría llegar a sustituir por completo la adición de azúcares (Cajamarca, 2010). A esto se puede adicionar los atributos fisicoquímicos de la achira como agente gelificante, estabilizante, conservante, además de su elevada temperatura de gelatinización, con lo cual se lograrían productos altamente funcionales, de características fisicoquímicas similares a un producto elaborado a partir de harina de trigo y dirigidos a personas alérgicas o intolerantes a proteínas presentes en el trigo (gluten)

(Lineback y DeVries, 1995). Por todo esto, las RTAs actualmente podrían convertirse en una interesante alternativa como materia prima en la industria alimenticia, principalmente en panificación y pastelería donde la harina de trigo es la más utilizada debido al gluten, su principal proteína, la cual posee capacidades panificables que hasta el momento son difíciles de igualar o mejorar como elasticidad, extensibilidad, plasticidad, esponjosidad, capacidad de retención de agua, entre otras (González et al., 2016).



# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 TEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

Aprovechamiento de cultivos andinos tradicionales infrautilizados para el desarrollo de un producto de pastelería tipo muffin

### **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Durante siglos, los productos de panificación, especialmente el pan, han sido considerados como uno de los productos alimenticios básicos de la sociedad (Estrella, 1988). Sin embargo, en los últimos años, el consumo de pan ha disminuido considerablemente debido a cambios en los hábitos alimenticios y a la creciente preferencia por sustitutos como extruidos de cereales para el desayuno, comidas rápidas y otros alimentos con valores nutricionales mejorados (Del Castillo, Lescano, y Armada, 2009). La tendencia de los consumidores se enfoca en la búsqueda de alimentos que proporcionen dietas más saludables, nutricionales y funcionales, estos requisitos han permitido un crecimiento continuo en las ventas de alimentos diferentes a los convencionales y que eran consumidos cotidianamente (Reimundo, 2017). En este sentido, los productos de pastelería como los muffins (magdalenas), cupcakes (tortas con forma de taza), tortas, chifones, entre otros, se han posicionado como alimentos de consumo masivo y han pasado a formar parte de la canasta familiar con su infinidad de presentaciones, sabores, colores, tamaños, entre otros atributos (Blanco, Montero, y Piedra, 2000; Ponce, 2018; Villarroel, Uquiche, Brito, y Cancino, 2000). A pesar del crecimiento que ha tenido lugar el consumo de productos de pastelería, el componente principal de esta línea alimenticia habitualmente es harina de trigo, sin embargo, gran parte de la población presenta grados de intolerancia y/o alérgenicidad a la proteína denominada gluten (Ecuador 2 de cada 265 personas) que se encuentra en este cereal y que ocasiona trastornos digestivos al provocar inflamación en la zona intestinal (Parada y Araya, 2010; Reimundo, 2017; Shan et al., 2002). Es por ello que el desarrollo tecnológico busca generar alternativas a través de la utilización de cultivos andinos que además de presentar ausencia de gluten, poseen alto contenido nutricional en componentes

como, carotenoides (Alfa, Betacarotenos), fibras, minerales (Ca, Fe, Mg, P, Na, Zn), ácidos grasos esenciales (lisina, Treonina, Leucina, Valina, entre otras), vitaminas del grupo B, azúcares, almidones y proteínas (Decheco, 2013). El valor nutricional y tecnológico de los cultivos andinos, así como, sus características fisicoquímicas, aglutinantes y estabilizantes, podrían suplir el uso de la harina de trigo en la industria pastelera (Arellano y Rojas, 2017; Chara y David, 2016). Por lo expuesto, el objetivo del trabajo de investigación fue desarrollar un producto de pastelería tipo muffin en base a harinas de cultivos andinos infrautilizados

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Desarrollar un producto de pastelería tipo muffin utilizando cultivos andinos infrautilizados como el camote (*Ipomea Batatas*), la mashua (*Tropaeolum tuberosum*), la oca (*Oxalis tuberosa*), y achira (*Canna indica*).

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la proporción óptima de harinas de cultivos andinos para la elaboración de un producto de pastelería tipo muffins.
- Determinar las propiedades tecnofuncionales, fisicoquímicas, reológicas, de textura y estabilidad del muffin elaborado.
- Evaluar la calidad microbiológica, sensorial y vida útil del producto.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

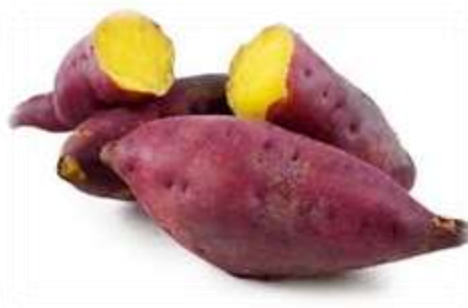
#### 2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la última década la industria alimentaria se ha visto avocada a desarrollar productos con requerimientos especiales para mercados específicos donde la alimentación va más allá de una necesidad biológica, y que buscan satisfacer necesidades nutricionales en personas que no asimilan o sufren de intolerancia a componentes habituales de los alimentos como lactosa en productos lácteos o el gluten en productos de panificación (Del Castillo et al., 2009). La celiaquía es una patología provocada por la ingestión del gluten, proteína presente en cereales como el trigo, avena, centeno y cebada, que provoca sintomatología a nivel digestivo, como cuadros de inflamación del intestino delgado de forma crónica (Del Castillo et al., 2009; Parada y Araya, 2010). En Ecuador no existen datos estadísticos sobre la población celiaca, sin embargo, agrupaciones como Celiacos del Ecuador afirman que hasta el 2011 en el país existía 1 celiaco por cada 266 habitantes, es decir alrededor de 125000 personas tendrían esta condición (Comercio, 2011; Reimundo, 2017). Debido a esto el trigo como componente principal de productos farináceos de panadería, pastelería y pastificios se ha visto reemplazado por harinas que no contienen gluten y que les permitan suplir necesidades nutricionales y palatables (Cerezal, Urtuvia, Ramírez, y Arcos, 2011).

El consumo de productos de pastelería como galletas, tortas, hojaldres, bizcochuelos, entre otros, está cimentada en factores endémicos, culturales, regionales, entre otros, por lo cual la harina con que se producen podría provenir no solo del trigo que es el cereal elegido por excelencia para pastelería, sino también de otros cereales, pseudocereales, tubérculos, o leguminosas, de hecho la norma NTE INEN 3084:2015 menciona que este tipo de mezclas podrían incluir tubérculos como el camote, la achira, oca, entre otros para la elaboración de premezclas para panadería, pastelería, galletería y repostería. De los productos de pastelería, el bizcochuelo destaca por su preferencia en el consumo, así como su versatilidad, adaptabilidad y facilidad de preparación (Terríquez, 2006). La masa de bizcochuelo es esencialmente una esponja dulce elaborada con harina, huevos y

azúcar. La versatilidad del bizcochuelo permite que se deriven productos como cupcakes, muffins, cakes, chifones, entre otros, cuyo fundamento se centra en la cantidad o tipo de grasa y su forma de elaboración, ya sea batido, mezclado o a su vez por el molde en el cual se lo hornea, como en el caso del cupcake, sin embargo, la composición base es la misma (Ponce, 2018). En este sentido, el aprovechamiento de las harinas de cultivos andinos como el camote, achira, mashua y oca representan una importante fuente de materia prima para el desarrollo de productos de pastelería con características similares a sus homólogos elaborados con harina de trigo y que podrían ser aceptados por los consumidores por sus características nutricionales, componentes fisicoquímicos, bioactivos y funcionales (Decheco, 2013).

El camote (*Ipomea Batatas*), (fig. 1) variedad dulce es una raíz abombada en su periferia y puntiaguda en sus extremos, cuya parte comestible puede ser de color anaranjada, morada o blanca, siendo el camote de pulpa morada el de mayor dulzor en comparación con el camote de pulpa amarilla (Benavides, 2013); a esta raíz se le atribuye actividad anticancerígena debido a antocianinas, específicamente cianidinas y peonidinas presentes sobre todo en el camote morado; además de propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y reducción de riesgo en enfermedades cardiacas atribuidas a componentes como el betacaroteno (Camote amarillo), ácidos clorogénicos y polifenoles (Chang, Hu, Huang, Yeh, y Liu, 2010; Hagiwara et al., 2002). Además, el camote contiene un 70% de humedad y un 30% de materia seca, con un contenido de sólidos solubles de entre 7 y 12°brix, dependiendo de la variedad, con lo cual este tubérculo se ha convertido en una opción alimenticia muy atractiva, sobre todo en alimentos dirigidos a personas diabéticas hasta del tipo 2 (Rodríguez, 2009).



**Figura 1.** Camote variedad (*Ipomea Batatas*)

La Oca (*Oxalis tuberosa*), (fig. 2) contiene componentes como vitamina C, antocianinas, carotenoides, retinol (vitamina A), y compuestos fenólicos que le otorgan actividad funcional, destacando que la cantidad de estos depende de la variedad (Decheco, 2013). Además, este tubérculo tiene la particularidad de que se endulza cuando es expuesto al sol en un proceso llamado “Kcaya”, donde se produce la transformación de almidones en azúcares y la oca pasa de 36.4% a 61.8% de azúcares totales y alrededor de 12 a 16°Brix. De igual forma se disminuye el ácido oxálico en un 47% y de esto al deshidratarla desciende hasta 60%, tomando en cuenta que la cantidad de ácido oxálico en la raíz fresca es relativamente baja como para considerarse toxica (Cajamarca, 2010). Las características dulces de esta raíz al igual que las del camote podrían ser aprovechadas para reducir la cantidad de azúcar en productos alimenticios (Torrice, 2002).



**Figura 2.** Oca (*Oxalis tuberosa*)

La harina y/o el almidón la Achira (*Canna indica*), (fig. 3) tiene propiedades fisicoquímicas de calidad superior para la industria, principalmente la alimenticia; uno de las más deseables es la que su temperatura de gelatinización es mucho mayor que la del maíz o trigo, y por tanto resiste mejor a procesos estresantes (falta de hidratación) que normalmente se da en la industria; además, se atribuye propiedades tonificantes, conservantes, gelificantes, estabilizantes, entre otras (Andrade, Tapia, y Menegalli, 2012; Lineback y DeVries, 1995; Navarrete, 2015).



**Figura 3.** Achira (*Canna indica*)

La Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) (fig. 4), es uno de los tubérculos con gran cantidad de propiedades medicinales, entre las que destacan: anticancerígenas (debido a los glucosinatos e isotiocianatos presentes), anafrodisiácas y antiprostáticas (Izurieta, 2013). Además, componentes como ácidos fenólicos, tocoferoles, ácido ascórbico, antocianinas, carotenoides entre otros, le dan una alta capacidad antioxidante a este tubérculo. (Paucar, 2014). Así mismo, esta raíz tiene cierta similitud con la oca, ya que de igual forma se “endulza” al ser expuesta al sol, sin embargo, la literatura científica es escasa en relación con este proceso en este tubérculo.



**Figura 4.** Mashua (*Tropaeolum tuberosum*)

## **2.2 HIPÓTESIS**

### **2.2.1 Hipótesis nula (H<sub>0</sub>)**

Las harinas de cultivos andinos infrautilizados no inciden en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas y funcionales de un producto de pastelería tipo muffin.

### **2.2.2 Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>)**

Las harinas de cultivos andinos infrautilizados inciden en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas y funcionales de un producto de pastelería tipo muffin.

## **2.3 Señalamientos de las variables**

### **Variable independiente**

- Harinas de cultivos andinos (camote, oca, achira, y mashua).

### **Variable dependiente**

- Propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas y funcionales de un producto de pastelería tipo muffin

## CAPITULO III

### 3.1 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1.1 Obtención de la materia prima y producción de harina

Los tubérculos fueron adquiridos en el mercado central de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua. Posteriormente, fueron lavados con una solución de hipoclorito al 1%, escurridos y rebanados en forma de hojuelas de 2mm de espesor, para luego ser secados a 60°C por 24 horas hasta humedad constante. Con las hojuelas ya secas se trituró y se las molturó en un molino eléctrico (HOBART, USA).

Determinación de sólidos solubles en la premezcla

La cantidad de sólidos solubles de las harinas de camote y oca dulce fueron establecidas a través del método del refractómetro descrito por Meza, Magali, Mallma, y Lesli (2017), para lo cual se pesaron 10 g de la mezcla de harinas para disolverlas en 90 ml de agua destilada a 30 °C, luego se filtró y se determinó los °Brix con un refractómetro (Atago, AT-PAL ALPHA, USA). La Estandarización de los grados brix en la premezcla fue realizada a 30° Brix aplicando la ecuación 1 (Álvarez, 2015).

$$\text{Peso del azúcar} = \frac{\text{Peso harina} * \text{°Brix de harina}}{\text{°Brix de azúcar}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

#### 3.1.2 Formulación

El porcentaje de las harinas fue aplicado evaluando las características de cada componente es así que: para CAMa y CAME la harina de camote fue adicionada en un 45%, para OAMa y OAME la harina de oca adicionadas en un 45%, estas harinas aportaron la característica de dulzor; la harina de achira así mismo en un 45% aportó proteína por lo que se la considera responsable de generar tenacidad y agregación en el producto (Espín, 2004) y finalmente la harina de mashua adicionada en un 10% concedió funcionalidad al producto. La muestra control fue preparada con harina de trigo. El azúcar para los tratamientos fue estandarizada a 30°Brix según la ecuación 1, al igual que la sucralosa tomando en cuenta su poder edulcorante (1g sucralosa-600g de azúcar) (Alonso, 2010). Todos los componentes (Tabla 1) fueron



mezclados en un procesador de alimentos (Thermomix TM, Alemania), a 1rpm durante 45seg. La masa fue dividida en porciones de 20 g y colocadas en los moldes de muffin o cupcake. Finalmente, la cocción se realizó durante 14 minutos a 140°C en un horno (INOX, Ecuador). Después de la cocción los muffins se enfriaron durante 1 hora a temperatura ambiente.

La formulación para la elaboración del producto fue:

**Tabla 1.** Formulación de “muffins” elaborados con RTAs

Muestras	Harinas					Azúcar (%)	Sucralosa (%)
	Trigo (%)	Camote (%)	Oca (%)	Achira (%)	Mashua (%)		
Control	35	-	-	-	-	11	-
CAMa	-	15,75	-	15,75	3,5	6,39	-
OAMa	-	-	15,75	15,75	3,5	-	0,035
CAMe	-	15,75	-	15,75	3,5	6,67	-
OAMe	-	-	15,75	15,75	3,5	-	0,036

### 3.1.1 Análisis Físicoquímicos

#### pH y acidez titulable

En la determinación de pH y acidez se empleó equipo Titulador automático METTLER TOLEDO T50, para lo cual se pesó 10g de muestra y se mezcló con 200 ml de agua destilada, se filtró y se tomó 10ml del filtrado para aforarlo a 100ml con agua destilada. La determinación de este parámetro se la realizó tomando 40ml del líquido aforado, cada determinación de la ejecutó por triplicado.



**Figura 5.** pH-metro Mettler Toledo T50

### 3.1.2 Análisis proximal

#### Proteína

El contenido de proteína fue analizado por combustión siguiendo el método DUMAS 968.06 propuesto en la norma (AOAC, 2005b) para lo cual se empleó un

analizador de nitrógeno Dumas (Modelo NDA 702, VELP® Scientifica, Usmate, Italia), (Factor N=6.25).

### **Fibra**

La fibra dietética fue evaluada siguiendo la metodología 985.29, descrita en la norma AOAC (1995). Se pesó por duplicado 1g de muestra en vasos de precipitación de 500ml y se adicionó 50ml de buffer tampón fosfato de pH 6. Posterior a esto se adicionó 0,5 ml de la solución  $\alpha$ -amilasa y se cubrió con papel aluminio para someterlo a un baño de agua a 85°C por 30 minutos agitando en intervalos de 5min. Posteriormente se enfrió a temperatura ambiente para ajustar el pH a 7,5 con alrededor de 10 ml de NaOH 0,275 N, se agregó 0,1ml de proteína y se lo temperó a 60°C por 30 minutos con agitación constante. A continuación, se ajustó el pH a 4,5 con HCl 0,325N, se adicioneo 0,2ml de proteasa y se incubó a 60 °C por 30 minutos con agitación continua.

Finalizado el tiempo de incubación se agregó 280ml de etanol al 95% previamente calentado a 60°C y se precipito por 1 hora. Para la filtración el crisol que contiene cèlite fue pesado y humedecido con etanol al 78%, para redistribuir el cèlite. Posterior a esto se transfirió el precipitado al crisol aplicando y manteniendo succión. El residuo fue lavado de forma sucesiva con 20ml de etanol al 78%, 10 ml de etanol al 95% y 10ml de acetona colocada de forma consecutiva.

El residuo del filtrado fue secado durante 12 horas a 70°C, se enfrió en un desecador y se registró su peso. A continuación, se evaluó el contenido de proteínas de uno de los residuos, utilizando 6,25 como factor de conversión. El otro residuo de los duplicados se lo calcino a 550°C durante 5 horas. y se obtuvo el peso. De forma similar se realizó el proceso anterior en un blanco. La determinación del blanco se determinó a través de la ecuación 2.

$$B = \text{blanco, mg} = \text{masa del residuo} - P_b - C_b \quad (\text{Ecuación 2})$$

*Donde:*

Masa del residuo =1 promedio de masa del residuo (mg) para la determinación blanco.

PB y CB = masa(mg) de proteína y cenizas, en los residuos de los blancos.

El contenido de fibra dietética total se obtuvo mediante la ecuación 3.

$$\% FDT = \frac{m1 - P - C - B}{m} * 100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

*Donde:*

M: masa de la muestra, promedio de la masa de 2 muestras en mg.

m1: masa del residuo, promedio de las masas de las muestras determinadas por duplicado.

P y C: masa en mg de proteína y cenizas, respectivamente en los residuos de las muestras.

B: Blanco

### **Humedad**

La humedad fue determinada por secado en dos etapas y diferencia de peso, siguiendo el método 44-15 de la AOAC (2000). En la primera etapa las muestras de muffin luego de pesarlas se las desmigajaron y se las secó a peso constante por 24 horas a temperatura ambiente. Para la segunda parte se pulverizó la muestra seca y se tomó 2g de esta para colocarla en una capsula a peso constante. La capsula con la muestra fue llevada a una estufa a 105°C por 24 horas. Luego de esto la capsula fue enfriada en un desecador por 40 min y se valoró su peso. La prueba se realizó por triplicado y la humedad fue calculada utilizando las ecuaciones (4) y (5):

#### *Primera etapa*

$$\text{Humedad } a = \frac{P1 - P2}{P1 - P0} * 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

H<sub>a</sub>: humedad primera etapa

P<sub>0</sub>: peso bandeja vacía

P<sub>1</sub>: peso de la bandeja con muestra húmeda

P<sub>2</sub>: Peso de la bandeja con muestra seca

#### *Segunda etapa*

$$\text{Humedad } b = \frac{P1 - P2}{P1 - P0} * 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

H<sub>b</sub>: humedad segunda etapa

P<sub>0</sub>: peso crisol vacío

P<sub>1</sub>: peso del crisol con muestra húmeda

P<sub>2</sub>: Peso del crisol con muestra seca

*Porcentaje de humedad total*

$$\text{Humedad} = Ha - Hbx \left( \frac{100 - Ha}{100} \right) \quad (\text{Ecuación 6})$$

### **Actividad de agua**

La actividad del agua fue determinada empleando un medidor de actividad acuosa (Aqualab serie 3te, Decagon devices inc., Pullman, EE. UU), por el método del punto de rocío.

### **3.1.3 Propiedades panificables**

#### **Humedad de la masa cruda**

La humedad de los batidos se analizó utilizando el método gravimétrico descrito en la AOAC (2005a). Para evaluar la humedad de la masa, se pesaron 3 g de muestra y se mezclaron con arena para aumentar el área de secado. Las masas se secaron en una estufa de aire forzado a 98-100 °C a peso constante y se calculó el porcentaje de humedad por diferencia.

#### **Reología**

Las determinaciones reológicas se realizaron mediante el empleo de un Reómetro (Anton Parr MCR 302. Australia). La geometría utilizada fue plato-plato (40 mm de diámetro y espacio de 2 mm). La muestra de masa se colocó en medio de las placas, cuidando que la muestra no desborde y eliminando el exceso de masa si fuere el caso. Debido a la consistencia pastosa de la masa se realizó una prueba de barrido de frecuencia en un rango de 0.1 a 10 Hz a una tensión de 3,3Pa (Singh, Kaur, Shevkani, y Singh, 2015). Todos los experimentos reológicos fueron realizados por triplicado.



**Figura 6.** Reómetro Anton Paar MCR 302 utilizado

## Colorimetría

Los parámetros de color, L\* (luminosidad), a\* (rojo/verde) y b\* (amarillo/azul), Índice de amarillez (IA) y brillo (B), fueron evaluados en un colorímetro (LOVIBOND, LC100, EE. UU), con un iluminador D65 (luz natural) y observador estándar D10, y los resultados fueron directamente procesados por el equipo con el programa SpectrMagic NX (KONICA MINOLTA, Japón, 2011).

## Volumen

El volumen del muffin fue determinado por el método de desplazamiento (Chopin, villeneuve-la-garenne cedex, Francia). el volumen específico se calculó usando la ecuación (7):

$$\text{Volumen específico } \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{g}}\right) = \frac{\text{Volumen (cm}^3\text{)}}{\text{Peso (g)}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

La pérdida de humedad durante horneado fue calculada usando la ecuación (8):

$$\text{Pérdida de horneado} = \frac{(\text{peso inicial masa} - \text{peso muffin frío})}{\text{Peso inicial masa}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 8})$$

## Tamaño de alveolo

Para evaluar el tamaño de alveolo se usó un escáner plano (Epson Scan L355, Epson) y su software de respaldo para capturar imágenes del muffin con una resolución de 300 puntos por pulgada (ppp). De cada lote se procesaron únicamente rebanadas y se evaluó un campo cuadrado de 3 x 3 cm de cada corte, buscando capturar la mayoría del área de miga de una rebanada de muffin, de esta forma las imágenes permitieron contabilizar el número y tamaño de alveolos.

## Textura

El análisis de perfil de textura permitió establecer parámetros de dureza, deformación recuperable, trabajo de dureza, trabajo total y masticabilidad del producto final de cada uno de los tratamientos. Se empleó un Texturómetro (PRO CT3 BROOKFIELD, EE. UU), con la sonda TA4/1000, a una velocidad de 1 mm/s, con una ubicación base de 73mm, para una deformación del 80%. La evaluación se realizó en intervalos de 1, 3 y 5 días en manteniendo las muestras en condiciones constantes de almacenamiento (25°C, 30% humedad relativa).



**Figura 7.** Texturómetro BROOKFIELD Pro CT3

### **3.1.4 Vida de anaquel**

#### **Análisis Microbiológicos**

Para los ensayos microbiológicos se pesó 10 g de cada muestra y se las colocó en bolsas estériles (Sterilin, Stone, Staffordshire, Reino Unido) junto con 90 ml de agua de peptona estéril (Difco, Le Pont de Claix, France). A continuación se las llevó a un homogeneizador Stomacher (400C, Seward, Londres, Reino Unido) durante 1 minuto para equilibrar la muestra. Los microorganismos fueron evaluados por duplicado durante 5 días determinando (I) mohos y levaduras en placas de agar PDA (Difco, Le Pont de Claix, France), incubadas a 25 °C; (II) mesófilos aerobios viables en placas agar para recuento en placa, PCA (Difco, Le Pont de Claix, France) incubadas a 30 °C durante 72 h, (III) *Enterobacteriaceae* en doble capa de agar VRBG (Acumedia, Michigan, EE.UU) que se incubaron a 30 °C durante 48 h, (IV) *Staphylococcus aureus* en placas de agar Baird Parker (BP) (Difco, Le Pont de Claix, France) incubadas a 30 °C durante 48 h. Los recuentos fueron enunciados como el logaritmo de las unidades formadoras de colonias por gramo de muestra (log UFC/g) (Núñez, 2017).

#### **Análisis sensorial**

El análisis sensorial de los muffins fue realizado por 20 estudiantes (hombres y mujeres) atletas de alta y media competición de la Universidad Técnica de Ambato, con edades que oscilaron los 18 y 25 años. Las características sensoriales evaluadas en las diferentes muestras fueron aceptabilidad, aroma, sabor, textura con una escala hedónica de cinco puntos donde 1 significa “Muy desagradable” y 5 “Muy agradable”. Al final de la prueba, se les solicitó a los catadores que seleccionen el muffin más agradable y el menos agradable (los resultados de la prueba de preferencia se expresaron en % de preferencia).

### **3.1.5 Diseño experimental y análisis estadístico.**

Se aplicó un diseño experimental de un solo factor completamente aleatorizado. El análisis estadístico se realizó con el programa GraphPad Prism 5.0 (GraphPad Software, San Diego, California, EE. UU) para el análisis de varianza ANOVA de una vía. Para el análisis de los datos obtenidos se utilizó el programa informático EXCEL® (Microsoft Office, EE. UU.). La comparación por pares se llevó a cabo mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significación de  $P \leq 0,05$ .

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Análisis y discusión de los resultados

##### 4.1.1 Análisis Físicoquímicos

En la tabla 2 se presentan los valores de pH y acidez. Los valores de pH de las muestras mostraron valores mayores a 7, se observa que existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos CAME, OAMa y C, además, C presento el valor más alto de pH (7,96). Los muffins preparados con harinas de RTAs se considerarían como alimentos alcalinos, característica representativa de productos pasteleros de este tipo como lo reportan Khalifa, Barakat, El-Mansy, y Soliman (2015). La alcalinidad se atribuye principalmente a los componentes de las formulaciones, en su mayoría harinas (35% w/w) que presentaron valores de pH de 5.88, 5.48, 6.35, así mismo el huevo con un pH de 8, valores que en conjunto aportan esta propiedad a los muffins (Silva, Ramos, Lucas, Lázaro, y Mano, 2008; Techeira, Sívoli, Perdomo, Ramírez, y Sosa, 2014). El valor observado de pH se asemeja al expuesto por Torres (2015) en cupcakes elaborados con harina de achira cuyo valor de pH fue 7.2, donde menciona además que el pH presenta un comportamiento ascendente con relación al incremento del porcentaje de sustitución de harina de achira (pH 5.7 a 75%, 5.6 a 50% y 5.9 a 25% de sustitución).

En relación con el tiempo de almacenamiento no se observó diferencia significativa entre los días 1 y 5, no obstante el día 3 se observó un ligero aumento de pH en los tratamientos excepto el control. Este ascenso y declive del pH según Cabrera y Carrillo (2018), podría estar relacionado con la generación de  $\text{CO}_2$  durante la respiración del camote, ya que este se aglomera en forma de  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , para luego hidrolizarse a  $\text{CO}_2$  lo que provocaría la fermentación de azúcares del producto final.

Los valores de acidez expresados en % de ácido láctico mostraron diferencia significativa ( $P < 0,05$ ). Los tratamientos presentaron porcentajes de ácido láctico que oscilaron entre 0.05 y 0.07%, siendo las muestras que contienen harina de camote más ácidas en relación con las muestras que contienen oca o harina de trigo.



La harina de camote posee acidez de 0,096%, resaltando que este tubérculo posee componentes como ácido fólico, ascórbico, entre otros, los cuales le confieren la característica ácida a este tubérculo (Bastidas y De la Cruz, 2011; Benavides, 2013). Así mismo, Cajamarca (2010), menciona que la acidez en la oca guarda relación con el grado de madurez del tubérculo, además de que, para “endulzarla”, esta se la expone al sol con lo cual, a más de transformar los almidones en azúcares, el ácido oxálico presente disminuye en 47%.

**Tabla 2.** Cambios de pH y acidez de “muffins” elaborados, almacenados a 25°C y 30% HR.

Tratamiento	pH	acidez (% ácido láctico)
C	7,960±0,2892 <sup>c</sup>	0.05633±0,01172 <sup>a</sup>
CAMa	7,437±0,1403 <sup>a,b</sup>	0.08011±0,00833 <sup>c</sup>
OAMa	7,592±0,2261 <sup>b</sup>	0.06944±0,01044 <sup>b,c</sup>
Chame	7,313±0,0267 <sup>a</sup>	0.07967±0,0320 <sup>c</sup>
OAMe	7,647±0,0783 <sup>b</sup>	0.06689±0,00346 <sup>a,b</sup>

C (muffin control con harina de trigo y sacarosa), CAMa (muffin con harina de camote, achira, mashua y sacarosa), OAMa (muffin con harina de oca, achira, mashua y sacarosa), CAME (muffin con harina de camote, achira, mashua y sucralosa), OAMa (muffin con harina de oca, achira, mashua y sucralosa). Diferentes letras a, b, c indican diferencias significativas entre filas en cada composición, evaluada con prueba Tukey al 95% de confianza.

#### 4.1.2 Análisis Proximal

En la tabla 3 se presentan la composición proximal de los muffins. Los valores de humedad no presentaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre muestras. Los valores de humedad superan el 35%, sobresalen las muestras que contienen harina de oca con una humedad superior al resto de tratamientos (OAMa 38,48%, OAMe 39,48%), debido posiblemente a que la oca presenta una mayor capacidad de hinchamiento y de retención de agua que el camote (Espín, 2004; Hernández, Torruco, Chel, y Betancur, 2008). Los valores de humedad obtenidos se asemejan a los reportados por Núñez (2017), con 31,87% en cupcakes elaborados con zanahoria blanca, considerando la masa como débil en estructura y capacidad de hinchamiento ocasionada por la harina del tubérculo. Así mismo Torres (2015), reporta 31,64% de humedad en “muffins” con harina de achira, que se atribuyen principalmente a la capacidad de retención de agua del almidón de achira, mientras que El-Refai, Domah, Kassem, y Askar (2008), reportan una humedad superior a 50% en cupcakes elaborados con harina de trigo pero bajos en grasa, utilizando 12,75% de lípidos, valores de humedad que se podrían atribuir al porcentaje bajo

de grasa, ya que al tener reducida capacidad hidrofóbica esta altera su capacidad de retención de agua.

El contenido de proteína de las muestras presentó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), debido a que la proporción de proteína en las harinas de las RTAs es diferente a pesar de que el porcentaje empleado es el mismo en cada tratamiento. Así mismo, la cantidad de proteína de las muestras en las que se adicionó edulcorante, CAME y OAME presentan valores de 2,095% y 2,34% respectivamente, valores superiores a las muestras en las que se adiciono sucralosa CAMa, OAMa y C, este efecto podría atribuirse al acoplamiento de los derivados cloro-desoxi de la sucralosa con diferentes cadenas laterales de residuos de aminoácidos en proteínas receptoras (Suami, Hough, Tsuboi, Machinami, y Watanabe, 1994). Resultados similares reporta Akesowan (2009), en una torta baja en grasa y con sustitución de sacarosa por sucralosa, pues esta supera en la cantidad de proteína a la torta control.

En el contenido de grasa existieron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ), esta diferencia podría ser atribuida directamente al contenido de grasa de las harinas en la formulación ya que las harinas de camote, oca, achira y mashua presentan valores de 0.39, 1.26, 0.66 y 0.72% respectivamente. Además, Jitngarmkusol, Hongsuwankul, y Tananuwong (2008), mencionan que las proteínas también podrían influir en el contenido de grasa ya que una proteína se compone de partes hidrófilas e hidrófobas y las cadenas laterales de aminoácidos no polares pueden formar una interacción hidrófoba con las cadenas hidrocarbonadas de los lípidos. La muestra control presentó mayor contenido de grasa con 4,44% lo que concuerda con lo expuesto por Nguyen, Mounir, y Allaf (2015), en galletas de harinas compuestas, donde la muestra control con un 100% de harina de trigo tiene mayor contenido de grasa con relación a las elaboradas con harina de papa y banano. Cabe destacar que el porcentaje bajo de grasa puede representar reducciones significativas en el valor calórico, poca aireación, estructura frágil, pérdida de humedad y poca transferencia de calor (Zambrano, Hikage, Ormenese, Montenegro, y Rauen, 2005).

En el contenido de cenizas los tratamientos presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ), mostrando valores que oscilan entre 1,108 y 2,829%. Las muestras que contienen oca (OAMa y OAMe) mostraron mayor cantidad de cenizas en comparación con los demás tratamientos, estas diferencias podrían ser atribuidas a la cantidad de sales minerales como calcio, potasio, hierro, fósforo, entre otros, que se encuentran en las harinas de los cultivos andinos estudiados (3,3% en harina de oca y 1.32% en harina de camote) (Aina, Falade, Akingbala, y Titus, 2009; Meza et al., 2017).

El contenido de fibra mostró diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre todas las muestras, la muestra control presentó valores superiores al 1,79%. El contenido de fibra depende directamente de la composición y concentración de polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas que forman parte de la constitución proximal de las harinas utilizadas (Escudero y González, 2006). Así mismo, las muestras que contienen sucralosa poseen valores más altos de fibra; un efecto similar menciona Barboza et al. (2012), en panqueques de nopal donde las muestras edulcoradas superan de 3 a 6 unidades al testigo elaborado con sacarosa, estos resultados probablemente debido a que los derivados cloro-desoxi a más de enlazarse con los residuos de aminoácidos, también se ligan a los diferentes polisacáridos y oligosacáridos, por tanto aumentando la cantidad de fibra como sucedió con la cantidad de proteína (Suami et al., 1994).

**Tabla 3.** Datos obtenidos del análisis proximal de “muffins” elaborados, almacenados a 25°C y 30% HR

Tratamiento	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Ceniza (%)
C	35,568±3,822 <sup>a</sup>	3,995±0,048 <sup>e</sup>	4,434±0,045 <sup>d</sup>	1.789±0,071 <sup>a</sup>	1,108±0,069 <sup>a</sup>
CAMa	37,692±0,345 <sup>a</sup>	1,170±0,035 <sup>a</sup>	2,156±0,029 <sup>a</sup>	8.381±0,021 <sup>c</sup>	2,439±0,043 <sup>b</sup>
OAMa	38,482±2,736 <sup>a</sup>	1,822±0,002 <sup>b</sup>	3,336±0,028 <sup>b</sup>	5.890±0,283 <sup>b</sup>	2,720±0,088 <sup>c</sup>
CAMe	38,272±0,209 <sup>a</sup>	2,340±0,043 <sup>d</sup>	4,024±0,051 <sup>c</sup>	13.683±0,085 <sup>d</sup>	2,701±0,034 <sup>c</sup>
OAMe	39,487±2,141 <sup>a</sup>	2,095±0,051 <sup>c</sup>	3,450±0,063 <sup>b</sup>	14.699±0,035 <sup>e</sup>	2,829±0,049 <sup>c</sup>

C (muffin control con harina de trigo y sacarosa), CAMa (muffin con harina de camote, achira, mashua y sacarosa), OAMa (muffin con harina de oca, achira, mashua y sacarosa), CAMe (muffin con harina de camote, achira, mashua y sucralosa), OAMe (muffin con harina de oca, achira, mashua y sucralosa). Diferentes letras a, b, c, d y e indican diferencias significativas entre filas en cada composición, evaluada con prueba Tukey al 95% de confianza.

### 4.1.3 Propiedades panificables

En la tabla 4 se muestran los resultados de la determinación de humedad en la masa cruda, pérdida de humedad durante el horneado y pérdida de humedad durante el tiempo de almacenamiento. El contenido de humedad de las masas mostró valores superiores al 49%, además, no presentó diferencia significativa ( $P>0,05$ ). Los muffins, cupcakes, bizcochos, entre otros, provienen de masas esponjosas, líquidas y cremosas por lo que son bastante húmedas y pastosas al tacto debido a la cantidad de líquidos y grasas que se incorporan a las harinas (Sarmiento, 2018).

La pérdida de humedad durante el horneado osciló entre 12,08 y 15,03%. Durante el horneado el contenido de azúcares reductores, sacarosa y proteínas que poseen las masas dan lugar a reacciones como la caramelización y reacción de Maillard lo que podría provocar la formación de una corteza externa que evita la pérdida de humedad durante este proceso (Gao, Brennan, Mason, y Brennan, 2017). Los valores de pérdida de humedad durante el horneado superan en 3% a los reportados por García (2009), pues en el horneado de un cupcake con almidón modificado pierde 9,8% de humedad, a una temperatura de 180°C por 35 minutos, sin embargo, al comparar la cantidad de azúcares en relación con sacarosa el porcentaje es inferior al utilizado en los “muffins” de RTAs.

Los valores de pérdida de humedad durante el tiempo de almacenamiento (5 días) superaron el 23,8% (muestra Control), donde OAME sufre mayor pérdida de humedad (36,32%) en relación con las otras muestras, situación probablemente dada por el contenido de sucralosa la cual merma la capacidad de retención de humedad ya que al no ligarse químicamente con el agua, permite que migre de la miga a la corteza y se evapore de la superficie del muffin (Piazza y Masi, 1995). Otro factor que podría influir en la pérdida de humedad durante el tiempo de almacenamiento es el tamaño de los gránulos y poder de hinchamiento del almidón en la harina de oca (30micras, 8,36% respectivamente), ya que tiene un poder de hinchamiento alto de manera que sus gránulos se sobresaturan de agua y su capacidad de retención se debilita durante la cocción a diferencia del almidón de harina de camote puesto que sus gránulos no se hinchan excesivamente como para alcanzar la fragilidad (Barrera et al., 2004; Surco, 2004). Los datos no presentaron diferencias significativas ( $P>0,05$ ), observando que las muestras se mantuvieron en

condiciones de almacenamiento similares y constantes (25°C y 30% humedad relativa).

**Tabla 4.** Porcentaje de humedad de la masa cruda, humedad perdida durante el horneado y humedad perdida en el tiempo de “muffins” elaborados, almacenados a 25°C y 30% HR

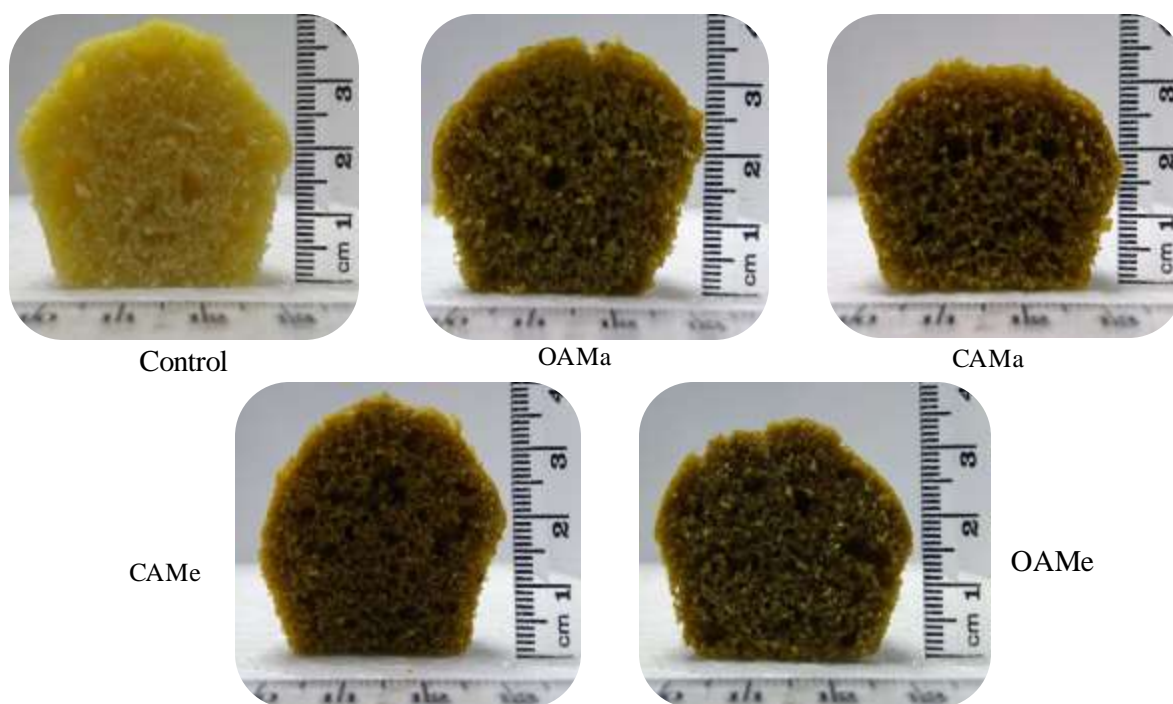
Tratamiento	Humedad de la masa cruda (%)	Humedad perdida durante el horneado (%)	Humedad perdida en el tiempo (%)
C	49,430±2,1323 <sup>a</sup>	12,0858±0,9753 <sup>a</sup>	23,814±1,333 <sup>a</sup>
CAMa	49,713±0,888 <sup>a</sup>	11,9111±0,9346 <sup>a</sup>	29,926±3,587 <sup>a</sup>
OAMa	51,988±2,909 <sup>a</sup>	13,3962±0,3598 <sup>ab</sup>	30,594±1,032 <sup>a</sup>
CAMe	51,686±1,154 <sup>a</sup>	13,3038±0,9466 <sup>ab</sup>	26,615±2,173 <sup>a</sup>
OAMe	54,630±2,404 <sup>a</sup>	15,0326±0,2635 <sup>b</sup>	36,325±1,545 <sup>a</sup>

C (muffin control con harina de trigo y sacarosa), CAMa (muffin con harina de camote, achira, mashua y sacarosa) OAMa (muffin con harina de oca, achira, mashua y sacarosa), CAME (muffin con harina de camote, achira, mashua y sucralosa), OAMa (muffin con harina de oca, achira, mashua y sucralosa). Diferentes letras a, b indican diferencias significativas entre filas en cada composición, evaluada con prueba Tukey al 95% de confianza.

Los resultados de la evaluación del volumen específico se muestran en la Tabla 5. Los valores del volumen específico oscilaron entre 0,022 y 0,386m<sup>3</sup>/kg y presentaron diferencia significativa (p<0,05). Según Arellano Acuña y Rojas Zavaleta (2017), probablemente se debe a que el volumen específico depende de la cantidad de CO<sub>2</sub> que se produce durante la fermentación de levaduras o el accionar del polvo de hornear en el horneado para productos de pastelería, además de la capacidad de absorción de agua y de los gases por parte de la masa. Clarke, Schober, Angst, y Arendt (2003), mencionan que la estructura del gluten se forma en el cremado y mezclado, la cual es la encargada de retener los gases producidos en la fermentación y así obtener un volumen adecuado. El mayor volumen específico corresponde a la muestra control realizada con 100% harina de trigo, a diferencia de las muestras con harinas de RTAs que al no tener gluten afectó negativamente al volumen específico, obteniéndose cupcakes bajos en volumen y altura.

Los valores de actividad de agua evaluada durante los 5 días de tratamiento se detallan en la tabla 5. Los datos mostraron diferencia significativa (P<0,05), y superan el 0,92 de a<sub>w</sub>. Respecto a esto Chisamore (2010), reporta valores de 0.95 para cupcakes con un 50% de sustitución de edulcorante y 0,92 en el control con sacarosa, los valores elevados de a<sub>w</sub> podrían atribuirse a la baja capacidad de la sacarosa a unirse al agua, lo cual aumenta la a<sub>w</sub> en el producto. Observando esto, los grados Brix medidos en las harinas de camote y oca fueron 8.7 y 7.8

respectivamente, por tanto las muestras elaboradas con harina de Oca al contener menor cantidad de azúcares disponibles para enlazarse con el agua mostraron mayor  $a_w$  (OAMa: 0,957 y OAMe: 0,957) en relación con las muestras que contenían sacarosa. Así mismo Badui y Cejudo (2006), estiman valores de 0,94 para pan y tortas, por tanto los valores observados altos, se dan en productos de este tipo.



**Figura 8.** Tamaño y percepción del tamaño del alvéolo de “muffins” formulados con harinas de RTAS

El diámetro de los alveolos osciló entre 0,152 y 0,190cm y no mostraron diferencia significativa ( $p>0,05$ ) entre muestras, sin embargo, las formulaciones que contienen harina de oca presentaron un mayor tamaño de alveolo en relación con las elaboradas con harina de camote y el control. Los resultados se atribuyen a una baja fracción proteica de las harinas de RTAs, en especial en gliadinas  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  que provocan una consistencia más seca, reducción del tamaño de red que forman los compuestos volátiles producidos durante el accionar del polvo de hornear o la fermentación de la levadura, lo que produce una deficiente distribución y reducción del diámetro de poro según lo reportado por (Chisamore, 2010; Zavaleta, Millones, Torres, y Vásquez, 2010).

**Tabla 5.** Resultados del volumen específico y actividad de agua de “muffins” elaborados, almacenados a 25°C y 30% HR.

Tratamiento	Volumen específico (m <sup>3</sup> /kg)	Aw	Tamaño de alveolo (cm)
C	0,038±0,001 <sup>d</sup>	0,947±0,002 <sup>b</sup>	0,152±0,017 <sup>a</sup>
CAMa	0,024±0,001 <sup>b</sup>	0,929±0,003 <sup>a</sup>	0,170±0,001 <sup>a</sup>
OAMa	0,024±0,001 <sup>b</sup>	0,948±0,002 <sup>bc</sup>	0,190±0,028 <sup>a</sup>
CAMe	0,022±0,001 <sup>a</sup>	0,945±0,002 <sup>b</sup>	0,153±0,025 <sup>a</sup>
OAMe	0,025±0,001 <sup>c</sup>	0,957±0,001 <sup>c</sup>	0,172±0,011 <sup>a</sup>

C (muffin control con harina de trigo y sacarosa), CAMa (muffin con harina de camote, achira, mashua y sacarosa), OAMa (muffin con harina de oca, achira, mashua y sacarosa), CAMe (muffin con harina de camote, achira, mashua y sucralosa), OAMa (muffin con harina de oca, achira, mashua y sucralosa). Diferentes letras a, b indican diferencias significativas entre filas en cada composición, evaluada con prueba Tukey al 95% de confianza.

#### 4.1.4 Perfil de Textura

Los valores del perfil de textura se muestran en la tabla 6. La dureza y elasticidad no muestran diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), mientras que la cohesión y la masticabilidad si mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Los resultados obtenidos se podrían atribuir a la calidad de la proteína que contienen las harinas de RTAs, ya que al no contener gluten sus propiedades viscoelásticas, de hidratación e hinchamiento, son inferiores a las de harina de trigo (Márquez, 2007). De forma similar la sensibilidad y la elasticidad de la miga también dependen del contenido de sacarosa, ya que este componente a más de aportar dulzura, tienen un efecto plastificante y de ablandamiento en la miga debido a la capacidad del azúcar para aumentar la temperatura de coagulación de las proteínas y la temperatura de gelatinización del almidón (Campbell, 1970).

Respecto a los parámetros de textura en función del tiempo, se observó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). Los valores mostraron un aumento progresivo de la dureza de los muffins y disminución de la elasticidad conforme transcurrió los 5 días de almacenamiento, lo que se atribuye a la pérdida de humedad que finalmente produjo endurecimiento de la miga al secarse. Cauvain (2012), menciona que el endurecimiento se produce por dos efectos simultáneos: la migración de la humedad de la miga hacia la corteza y la recristalización del almidón que provoca el endurecimiento intrínseco del material de las paredes de los alveolos.

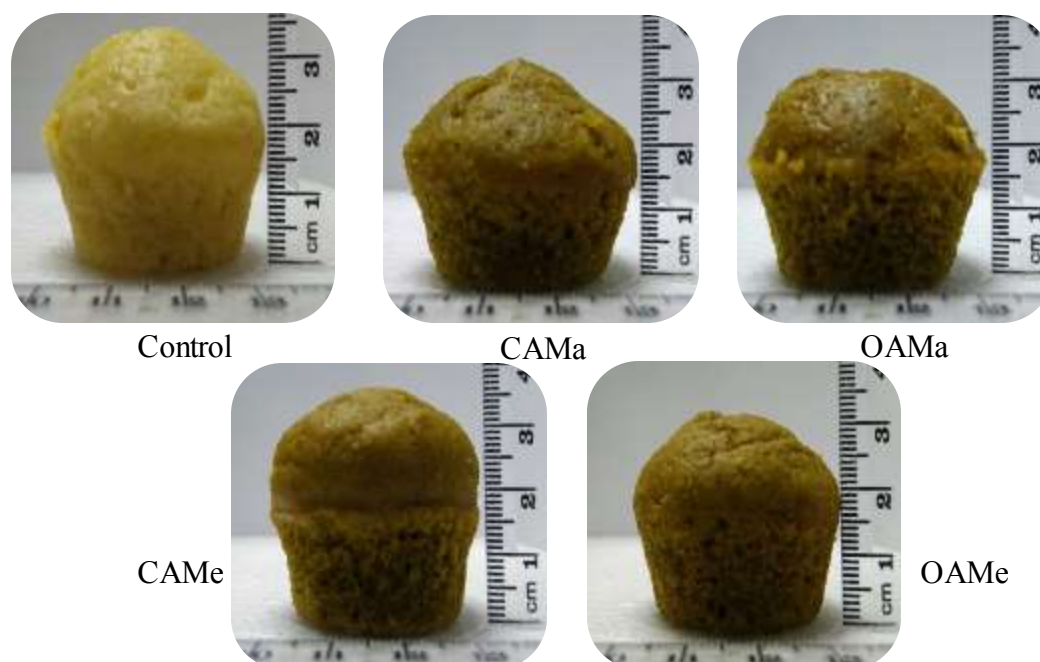
**Tabla 6.** Resultado del perfil de textura de “muffins” elaborados, almacenados a 25°C y 30% HR

Tratamiento	Dureza (N)	Cohesividad	Elasticidad (mm)	Masticabilidad (J)
C	28,078±4,384 <sup>a</sup>	0,385±0,008 <sup>c</sup>	5,516±1,053 <sup>a</sup>	0,025±0,013 <sup>a</sup>
CAMa	24,710±2,003 <sup>a</sup>	0,200±0,083 <sup>a</sup>	7,487±1,777 <sup>a</sup>	0,033±0,042 <sup>ab</sup>
OAMa	22,997±6,622 <sup>a</sup>	0,291±0,048 <sup>abc</sup>	4,177±0,858 <sup>a</sup>	0,044±0,014 <sup>abc</sup>
CAMe	34,65±9,288 <sup>a</sup>	0,266±0,080 <sup>ab</sup>	6,716±0,094 <sup>a</sup>	0,065±0,021 <sup>bc</sup>
OAMe	34,871±7,527 <sup>a</sup>	0,345±0,048 <sup>bc</sup>	5,257±0,652 <sup>a</sup>	0,071±0,021 <sup>c</sup>

C (muffin control con harina de trigo y sacarosa), CAMa (muffin con harina de camote, achira, mashua y sacarosa), OAMa (muffin con harina de oca, achira, mashua y sacarosa), CAMe (muffin con harina de camote, achira, mashua y sucralosa), OAMa (muffin con harina de oca, achira, mashua y sucralosa). Diferentes letras a, b, c indican diferencias significativas entre filas en cada composición, evaluada con prueba Tukey al 95% de confianza.

#### 4.1.5 Color

Los parámetros de color CIE L\*, a\* y b\* evaluados se presentan en la tabla 7. La luminosidad, así como también los valores de a\* y b\* presentaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre muestras. La diferencia de luminosidad y color fue evidente al observar la corteza y la miga de cada muestra (figura 9). La pigmentación obtenida en los muffins elaborados con harina de RTAs, se podría atribuir al alto contenido de azúcares y pigmentos como carotenoides ( $\alpha$ - $\beta$ carotenos) y antocianinas (cianidinas, pelargonidina y peonidinas) presentes en el camote y la oca, las cuales incidieron en la caramelización y reacciones de Maillard (Baixauli, Sanz, Salvador, y Fiszman, 2008; Benavides, 2013).



**Figura 9.** Tonalidad y color de los muffins elaborados con harina de RTAs



Cabe destacar que durante la formulación la harina de camote anaranjado derivó en un muffin con un color muy similar a productos elaborados con chocolate o cacao, Arguedas, Mora, y Sanabria (2015) mencionan que los carotenoides del camote al ser compuestos altamente insaturados son susceptibles a la isomerización y oxidación durante el procesamiento lo que presumiblemente derivó en el efecto de coloración similar a un chocolate.

**Tabla 7.** Resultado del perfil de textura de “muffins” elaborados, almacenados a 25°C y 30% HR.

Tratamiento	L*	a*	b*
C	61,962±0,286 <sup>d</sup>	1,992±0,011 <sup>a</sup>	25,077±1,053 <sup>c</sup>
CAMa	32,331±0,519 <sup>a</sup>	6,126±0,134 <sup>c</sup>	15,985±1,777 <sup>a</sup>
OAMa	39,269±0,139 <sup>c</sup>	4,931±0,041 <sup>b</sup>	20,277±0,858 <sup>b</sup>
CAMe	35,259±0,0328 <sup>b</sup>	6,321±0,028 <sup>d</sup>	16,346±0,094 <sup>a</sup>
OAMe	38,928±0,463 <sup>c</sup>	4,962±0,078 <sup>b</sup>	20,664±0,652 <sup>b</sup>

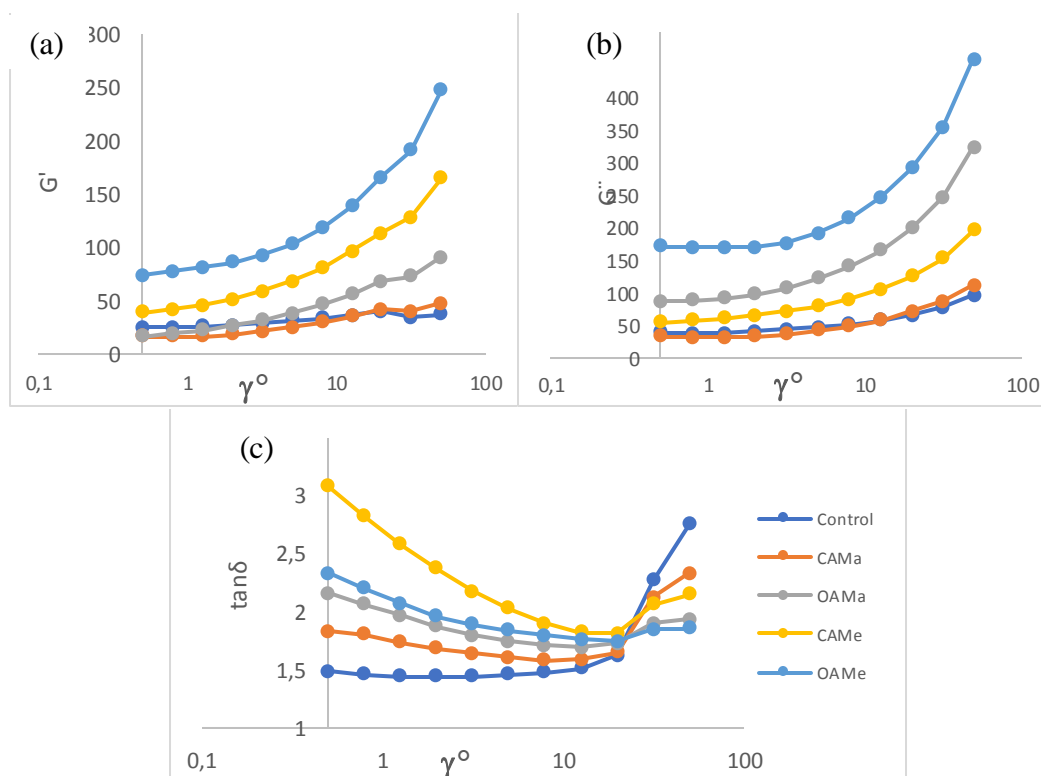
C (muffin control con harina de trigo y sacarosa), CAMa (muffin con harina de camote, achira, mashua y sacarosa), OAMa (muffin con harina de oca, achira, mashua y sacarosa), CAME (muffin con harina de camote, achira, mashua y sucralosa), OAMe (muffin con harina de oca, achira, mashua y sucralosa). Diferentes letras a, b, c, d indican diferencias significativas entre filas en cada composición, evaluada con prueba Tukey al 95% de confianza.

#### 4.1.6 Análisis de Viscosidad

Los perfiles obtenidos del módulo de almacenamiento ( $G'$ ), módulo de pérdida ( $G''$ ) y  $\tan \gamma$  en función de la frecuencia angular (rad/s) se muestran en la figura 10. La viscoelasticidad es una propiedad física trascendental en masas y batidos de productos como cupcakes, muffins o magdalenas, ya que estas deben tener la capacidad para formar una estructura ideal que retenga gas dentro de burbujas durante el proceso de batido y horneado (Clarke et al., 2003). Todas las masas mostraron valores de  $\tan \gamma$ , superiores a la unidad, por lo que se los puede clasificar como fluidos viscoelásticos, además, se observa que  $G'$  y  $G''$  ascendían acorde al aumento de la frecuencia angular. Se determinó que existen diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el módulo  $G'$  y módulo  $G''$ , con comportamientos similares a los valores de  $\tan \gamma$ , esto podría responder al reemplazo de la sacarosa por el edulcorante debido a que la sacarosa actúa como agente ligante, plastificante, suavizante, entre otras características fisicoquímicas que el edulcorante no provee (Mitchell, 2008).

La reología en las masas de los muffins depende de componentes como la proteína, fibra, almidones y azúcares, entre otros, sin embargo, el uso de la sucralosa derivó

en masas más secas y menos viscosas, lo que se observó en la tendencia ascendente y valores más altos de  $G'$  y  $G''$  en toda la evaluación oscilatoria en relación con las harinas de RTAs y sacarosa; respecto a esto Shevkani y Singh (2014), mencionan que masas o batidos con una viscosidad alta o excesivamente baja, reducirán el volumen final de los productos al ser mucho más compactos y menos aireados. Así mismo, Gao et al. (2017), exponen un efecto similar al sustituir sacarosa con edulcorante en cupcakes, lo que condujo a muffins con una textura más dura y compacta en comparación con el control, probablemente debido a que la sucralosa al no tener la capacidad de influir sobre coagulación de las proteínas y la gelatinización del almidón, no forma parte de la estructura globular del alvéolo, entonces la red alveolar pierde la capacidad de retención del  $\text{CO}_2$  y retención de agua (Campbell, 1970).

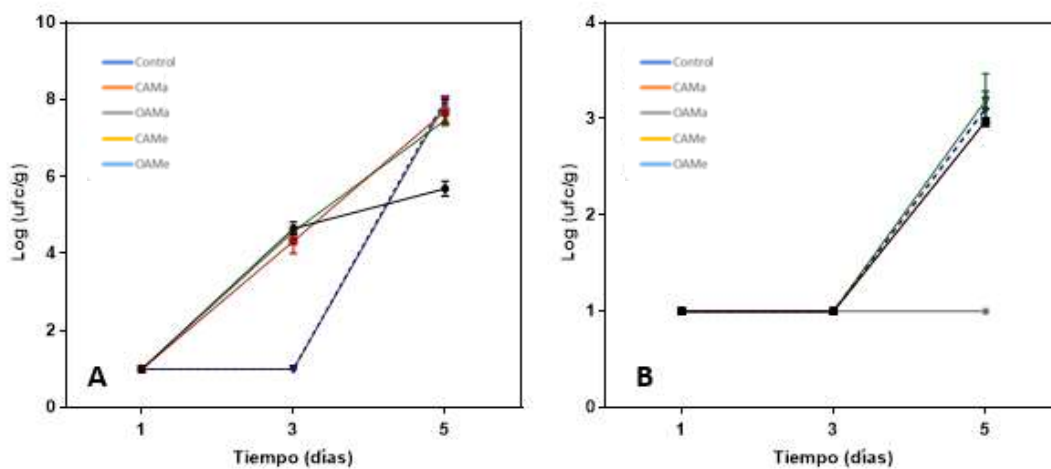


**Figura 10.** (a) Módulo de almacenamiento  $G'$ , (b) módulo de pérdida  $G''$ , y (c)  $\tan \gamma$ , en función de la frecuencia angular

#### 4.1.7 Análisis microbiológico

La figura 11 muestra los recuentos microbiológicos de aerobios mesófilos. Todas las muestras evidenciaron un crecimiento progresivo durante el tiempo de conservación, sin embargo los tratamientos Control, CAMa y OAMa muestran diferencia significativa en comparación con los tratamientos CAME y OAMe. Estos

resultados se deben principalmente a la alta actividad microbiana de este tipo de bacterias en presencia de ingredientes como el azúcar añadido, además de su resistencia al proceso de cocción, así mismo son capaces de sobrevivir a condiciones de empaque tanto aeróbicas como anaeróbicas (Miñarro, Albanell, Aguilar, Guamis, y Capellas, 2012). Los mohos y levaduras presentaron un comportamiento semejante a los aerobios mesófilos (Figura 11b), siendo en este caso las muestras OAMa y CAME las que muestras con mayor cantidad de microorganismos (3.07 y 3.23UFC/g respectivamente) lo que se podría atribuir a la cantidad de almidón presente en las harinas de camote y oca (65,59% y 77,9% respectivamente) (Santa Cruz y Aguilar, 2005; Techeira et al., 2014). Hathorn, Biswas, Gichuhi, y Bovell-Benjamin (2008) mencionan que los conteos de mohos y levaduras aumentan de acuerdo con la concentración de almidón en cada harina. En todas las muestras de muffins se evidencio ausencia de Enterobacterias y *Staphylococcus aureus*.



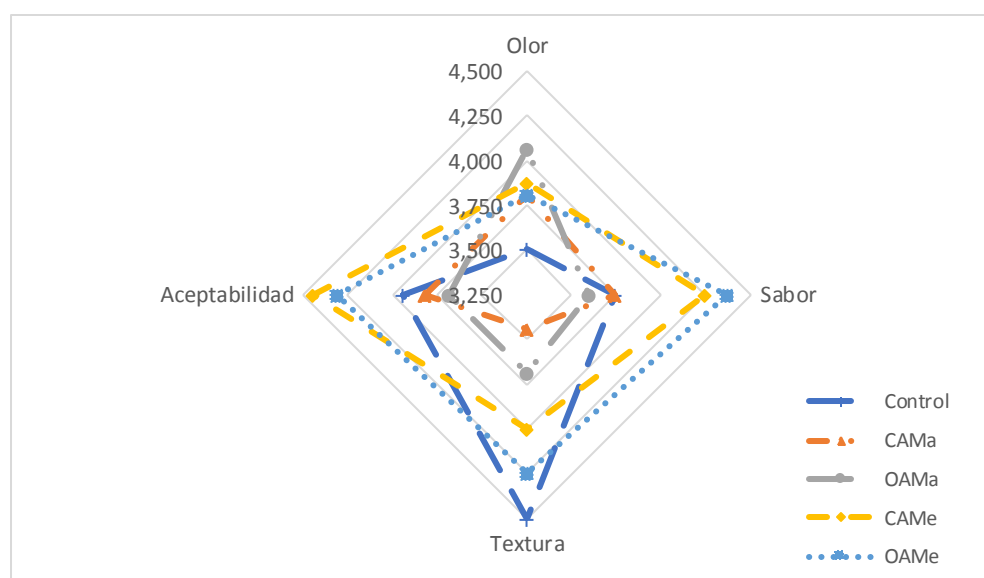
**Figura 11.** Recuentos microbiológicos de las muestras de muffin. A) Aerobios mesófilos, B) Mohos y levaduras.

#### 4.1.8 Análisis sensorial

Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de los muffins elaborados con harina de RTAs, se muestran en la figura 12. Los tratamientos con mayor aceptación fueron los que contenían sucralosa, de los cuales OAMe elaborada con harina de oca, achira, mashua y sucralosa fue la más valorada. Las muestras con valores de aceptación menores fueron las que contenían sacarosa ya que los catadores las

describieron como insípidas, siendo la más objetada CAMa que corresponde al muffin formulado con harina de camote, achira, mashua y sacarosa.

La evaluación estadística del panel de cata y atributos entre tratamientos fue realizada a través de un diseño de bloques incompletos. Tanto entre catadores como entre atributos no se observó diferencia significativa ( $p>0.05$ ), no obstante, se observó que los muffins que contenían sucralosa en su formulación mostraron medias superiores a los demás tratamientos. Este efecto concuerda a lo mencionado por Johnson, Swanson, y Savage (2005), quienes reportan que cupcakes amarillos formulados con una sustitución parcial o combinada de sacarosa con sucralosa y estevia, no difieren significativamente con el control ( $p>0.05$ ).



C (muffin control con harina de trigo y sacarosa), CAMa (muffin con harina de camote, achira, mashua y sacarosa), OAMa (muffin con harina de oca, achira, mashua y sacarosa), CAMe (muffin con harina de camote, achira, mashua y sucralosa), OAMa (muffin con harina de oca, achira, mashua y sucralosa).

**Figura 12.** Perfil sensorial de los muffins elaborados con harinas de RTAs

## 4.2 Verificación de la hipótesis

### Hipótesis nula (H<sub>0</sub>)

Las harinas de cultivos andinos infrautilizados no inciden en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas y funcionales de un producto de pastelería tipo muffin.

### **Hipótesis alternativa (Hi)**

Las harinas de cultivos andinos infrautilizados inciden en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, microbiológicas y funcionales de un producto de pastelería tipo muffin.

Las evaluaciones de los muffins elaborados con harinas de cultivos andinos infrautilizados permiten aceptar la hipótesis alternativa, debido a que los resultados demostraron que las harinas de RTAs, de forma especial la harina de oca incide directamente en el análisis sensorial, proximal y fisicoquímico del alimento, cenizas, humedad y proteína. Así mismo, estas tuvieron un efecto sobre los recuentos microbiológicos en mohos y levaduras.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Los resultados del estudio permitieron establecer el porcentaje óptimo de las harinas de RTAs. Las propiedades tecnofuncionales de las harinas de RTAS permitieron obtener productos con un equilibrio en el dulzor, especialmente con las harinas de camote y oca, así mismo se logró producir muffins estables y esponjosos con la incorporación de harina de achira, finalmente los productos podrían tener una característica funcional debido a la presencia de glucosinatos, isotiocianatos, antocianinas y carotenoides de presentes en todos las RTAs.
- El análisis de los productos elaborados con harinas de RTAs revelaron que las muestras que contenían harina de camote eran más elásticas y permitieron mantener la humedad al interior de los muffins ya que la perdida fue menor conforme el tiempo de evaluación, además el contenido de azúcares y el tipo de carotenoides de este tubérculo incidieron en el color, así mismo las muestras que contenían sacarosa presentaron un volumen específico y tamaño de alveolo mayor en relación con las muestras que contenían sucralosa, además de que presentaron menores valores en los atributos de viscosidad  $G'$  y  $G''$  y en el perfil de textura.
- La evaluación sensorial permitió determinar que las muestras que contenían sucralosa obtuvieron una media superior en los valores de aceptabilidad, siendo OAME la mejor valorada entre los catadores. Por otro lado, el tiempo de vida útil determinado en los tratamientos fue de 5 días, en el cual se notó ausencia de Enterobacterias y *Staphylococcus*, además de perdida de humedad evidente durante este tiempo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aina, A. J., Falade, K. O., Akingbala, J. O., & Titus, P. (2009). Physicochemical properties of twenty-one Caribbean sweet potato cultivars. *International journal of food science & technology*, 44(9), 1696-1704.
- Akesowan, A. (2009). Quality of reduced-fat chiffon cakes prepared with erythritol-sucralose as replacement for sugar. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(9), 1383-1386.
- Alonso, J. (2010). Edulcorantes naturales. *La Granja*, 12(2), 3-12.
- Álvarez, F. (2015). [Tecnología de frutas y hortalizas].
- Andrade, M., Tapia, D., & Menegalli, F. (2012). Physical-chemical, thermal, and functional properties of achira (*Canna indica* L.) flour and starch from different geographical origin. *Starch-Stärke*, 64(5), 348-358.
- AOAC. (1995). Method 985.29: Total Dietary in Foods-Enzymatic Gravimetric Method. *Official Methods of Analysis*, 16th
- AOAC. (2005a). Official methods of analysis of AOAC International.
- AOAC. (2005b). Official Methods of Analysis. Arlington, VA, USA.
- Arellano Acuña, E. A., & Rojas Zavaleta, I. A. (2017). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de arvejas (*pisum sativum*) y harina de camote (*ipomoea batatas*) en las características tecnológicas y sensoriales de cupcake.
- Arellano, E. A., & Rojas, I. A. (2017). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de arvejas (*pisum sativum*) y harina de camote (*ipomoea batatas*) en las características tecnológicas y sensoriales de cupcake.
- Arguedas, P., Mora, J., & Sanabria, J. (2015). Comparación del contenido de carotenoides en productos nutracéuticos elaborados a partir de dos variedades de camote y yuca. *Revista Tecnología en Marcha*, 28(4), 42-53.
- Badui, S., & Cejudo, H. (2006). *Química de los alimentos*: Pearson educación.
- Baixauli, R., Sanz, T., Salvador, A., & Fiszman, S. (2008). Muffins with resistant starch: Baking performance in relation to the rheological properties of the batter. *Journal of Cereal Science*, 47(3), 502-509.

- Barboza, J. E., Da Mota, V. M., Camarena, E., Alanís, G., Torres, R., Pineda, P., & Bautista, M. (2012). El Nopal fresco como fuente de fibra y calcio en panqués. *Acta Universitaria*, 20(3), 11-17.
- Barrera, V., Tapia, C., & Monteros, A. (2004). Raíces y tubérculos andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. *INIAP*, 4.
- Bastidas, S., & De la Cruz, S. (2011). *Utilización de harina de camotes (ipomea batatas) en la elaboración de pan.*
- Benavides, A. (2013). *El camote valor nutricional y sus usos en la repostería.*
- Blanco, A., Montero, M. d. I. A., & Piedra, F. (2000). Composición química de productos alimenticios derivados de trigo y maíz elaborados en Costa Rica. *Archivos latinoamericanos de Nutrición*, 1.
- Cabrera, D., & Carrillo, M. (2018). Propiedades físicas, químicas y sensoriales del pan de camote elaborados a partir de camotes (*Ipomea batata*) almacenados de la variedad Jonhatan. *BIG BANG FAUSTINIANO*, 7(2).
- Cajamarca, E. (2010). *Evaluación nutricional de la oca (Oxalis tuberosa sara-oca) fresca, endulzada y deshidratada en secador de bandejas.*
- Campbell, A. M. (1970). *Flour Mixtures, and Cereal Products in Food Theory and Applications*: New York: Macmillan Publishing Company.
- Cauvain, S. P. (2012). *Breadmaking: improving quality*: Elsevier.
- Cerezal, P., Urtuvia, V., Ramírez, V., & Arcos, R. (2011). Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; II: Propiedades de las mezclas. *Nutrición hospitalaria*, 26(1), 161-169.
- CIP. (2017). *VII Congreso Ecuatoriano de la papa: Libro de memorias*. Ibarra.
- Clarke, C., Schober, T., Angst, E., & Arendt, E. (2003). Use of response surface methodology to investigate the effects of processing conditions on sourdough wheat bread quality. *European Food Research and Technology*, 217(1), 23-33.
- Comercio, E. (2011). La vida sin lacteos ni cereales, *El Comercio*. Retrieved from <https://www.elcomercio.com/tendencias/vida-lacteos-ni-cereales.html>



- Chang, W.-H., Hu, S.-P., Huang, Y.-F., Yeh, T.-S., & Liu, J.-F. (2010). Effect of purple sweet potato leaves consumption on exercise-induced oxidative stress and IL-6 and HSP72 levels. *Journal of Applied Physiology*, 109(6), 1710-1715.
- Chara, H., & David, C. (2016). Optimización de formulación de premezcla para la elaboración de queque con sustitución parcial de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y evaluación de su vida útil.
- Chisamore, A. E. (2010). *Functionality of sucralose/maltodextrin: isomalt blends in yellow shortened cupcakes over a 4-day storage period.* uga.
- Decheco, A. (2013). Componentes bioactivos funcionales en raíces y tubérculos andinos. *Universidad Nacional del Callao*.
- Del Castillo, V., Lescano, G., & Armada, M. (2009). Formulación de alimentos para celíacos con base en mezclas de harinas de quínoa, cereales y almidones. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59(3), 332-336.
- El-Refai, A., Domah, M., Kassem, A., & Askar, M. (2008). Biological evaluation of low-fat cake.
- Escudero, E., & González, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición hospitalaria*, 21, 61-72.
- Espín, S. (2004). Caracterización físico-química, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos. *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador*, 91.
- Estrella, E. (1988). El pan de América: etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador.
- Gao, J., Brennan, M., Mason, S. L., & Brennan, C. S. (2017). Effects of sugar substitution with "steviana" on the sensory characteristics of muffins. *Journal of Food Quality*, 2017.
- García, F. J. (2009). *Estudio comparativo del efecto de la adición de almidón modificado en un pan tipo "muffin" horneado en microondas y convencionalmente.*
- González, V., Romero Muñoz, I. G., Moreno Velázquez, A. L., Cruz Cuevas, J., Hernández Uribe, J. P., Soto Simental, S., & N, G. V. (2016). Análisis de perfil de textura en masas de semola de trigo adicionadas con harina de chayotextle (*sechium edule*). *Invesigación y Desarrollo en Ciencia y tecnología*, 1.

- Hagiwara, A., Yoshino, H., Ichihara, T., Kawabe, M., Tamano, S., Aoki, H., . . . Shirai, T. (2002). Prevention by natural food anthocyanins, purple sweet potato color and red cabbage color, of 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine (phip)-associated colorectal carcinogenesis in rats. *The Journal of Toxicological Sciences*, 27(1), 57-68. doi: 10.2131/jts.27.57
- Hathorn, C., Biswas, M., Gichuhi, P., & Bovell-Benjamin, A. (2008). Comparison of chemical, physical, micro-structural, and microbial properties of breads supplemented with sweetpotato flour and high-gluten dough enhancers. *LWT-Food Science and Technology*, 41(5), 803-815.
- Hernández, M., Torruco, J. G., Chel, L., & Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Food Science and Technology*, 28(3), 718-726.
- Izurieta, C. (2013). Patrimonio alimentario [Edición especial]. *El Telégrafo*.
- Jitngarmkusol, S., Hongsuwankul, J., & Tananuwong, K. (2008). Chemical compositions, functional properties, and microstructure of defatted macadamia flours. *Food Chemistry*, 110(1), 23-30.
- Johnson, H., Swanson, R., & Savage, E. (2005). Descriptive sensory analysis of yellow cupcakes prepared with nutritive and high intensity sweeteners. *Journal of the American Dietetic Association*, 105(8), 48-48.
- Khalifa, I., Barakat, H., El-Mansy, H., & Soliman, S. (2015). Physico-chemical, organolytical and microbiological characteristics of substituted cupcake by potato processing residues. *Food and Nutrition Sciences*, 6(1), 83.
- Lineback, D., & DeVries, J. (1995). Complex Carbohydrates: The Science and the Label. *Nutrition Reviews*, 53(7), 186-193. doi: doi:10.1111/j.1753-4887.1995.tb01549.x
- Márquez, A. K. (2007). Elaboración y evaluación de un producto de panificación con harina de cebada.
- Meza, B., Magali, Y., Mallma, C., & Lesli, F. (2017). Caracterización fisicoquímica, fitoquímica y funcional de la harina de Khaya y Oca (*Oxalis tuberosa*) para uso industrial.
- Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., & Capellas, M. (2012). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 476-481.

- Mitchell, H. (2008). *Sweeteners and sugar alternatives in food technology*: John Wiley & Sons.
- Navarrete, M. J. (2015). *Menú ecuatoriano memorias del ayer*. USFQ, 2015., Quito.
- Nguyen, D., Mounir, S., & Allaf, K. (2015). Research Article Functional Properties of Water Holding Capacity, Oil Holding Capacity, Wettability, and Sedimentation of Swell-Dried Soybean Powder.
- Núñez, E. (2017). *Efecto de aceites de soya (Glycine max), oliva (Olea europaea) y palma (Arecaceae) en la reología de la masa e índice de oxidación en cupcakes de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y trigo (Triticum aestivum)*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos.
- Parada, A., & Araya, M. (2010). El gluten: Su historia y efectos en la enfermedad celíaca. *Revista médica de Chile*, 138(10), 1319-1325.
- Paucar, S. (2014). Composición Química y Capacidad Antioxidante de dos variedades de mashua (*Tropaeolum tuberosum*): Amarilla Chaucha y Zapallo. *Trabajo de titulación. Universidad Tecnológica Equinoccial. Ecuador*.
- Piazza, L., & Masi, P. (1995). Moisture redistribution throughout the bread loaf during staling and its effects on mechanical properties. *Cereal chemistry (USA)*.
- Ponce, I. (2018). [Panadería y pastelería artesanal].
- Reimundo, D. A. (2017). *La innovación de productos alternativos a la harina de trigo a base de harina de arroz y soja para la enfermedad celíaca*.
- Rodríguez, M., Gisselle Paola. (2009). Caracterización de variedades de batata (ipomoea batata) con el fin de desarrollar un puré que sea fuente para la elaboración de productos preformados en McCain Colombia.
- Santa Cruz, E. M. T., & Aguilar, J. M. T. (2005). CARACTERIZACIÓN DE DIEZ VARIEDADES DE OXALIS TUBEROSA MOLINA (OCA) Y ALTERNATIVAS DE INDUSTRIALIZACIÓN. *Revista Investigación & Desarrollo*, 1(4).
- Sarmiento, F. E. (2018). *Transformación del cupapé usando técnicas de conservación*. Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos-Licenciatura en Gastronomía ....

- Shan, L., Molberg, Ø., Parrot, I., Hausch, F., Filiz, F., Gray, G. M., . . . Khosla, C. (2002). Structural basis for gluten intolerance in celiac sprue. *Science*, 297(5590), 2275-2279.
- 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 & technology*, 49(10), 2237-2244.
- Silva, R., Ramos, D., Lucas, J., Lázaro, C., & Mano, S. (2008). Determinación de unidades Haugh y ph en huevos almacenados a temperatura ambiente y de refrigeración en lima-Perú. *Recuperado (12 de abril 2016) de: <http://www.sovergs.com.br/site/higienistas/trabalhos/10251.pdf>*.
- Singh, J., 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 & technology*, 50(5), 1190-1197.
- Suami, T., Hough, L., Tsuboi, M., Machinami, T., & Watanabe, N. (1994). Molecular mechanisms of sweet taste. V. sucralose and its derivatives. *Journal of Carbohydrate Chemistry*, 13(8), 1079-1092.
- Surco, F. (2004). Caracterización de almidones aislados de tuberculos andinos: mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), olluco (*Ullucus tuberosus*) para su aplicación tecnológica.
- Techeira, N., Sívoli, L., Perdomo, B., Ramírez, A., & Sosa, F. (2014). Caracterización físicoquímica, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), batata (*Ipomoea batatas* Lam) y ñame (*Dioscorea alata*), cultivadas en Venezuela. *Interciencia*, 39(3).
- Terríquez, G. (2006). Pastelería Lin agourmet´ s.
- Torres, M. R. (2015). *Elaboración y Evaluación Nutricional de un Cupcake a base de harina de Achira (Canna\_ edulis) fortificado con harina de Garbanzo (Cicer arietinum l) y Papaya (Carica papaya)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Torrice, J. (2002). Proyecto de Factibilidad Técnica y Económica para la Producción de Harina de Oca (*Oxalis Tuberosa* Molina) destinado al Consumo Humano. *UPB Cochabamba*, 146-198.
- Villarroel, M., Uquiche, E., Brito, G., & Cancino, M. (2000). Optimización de formulaciones para productos dietéticos de pastelería. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 50(1), 62-68.

Zambrano, F., Hikage, A., Ormenese, R., Montenegro, f., & Rauen, a. m. (2005). Efeito das gomas guar e xantana em bolos como substitutos de gordura. *Brazilian Journal of Food Technology*, 8(1), 63-71.

Zavaleta, W., Millones, C., Torres, E., & Vásquez, E. (2010). Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) con harina y pasta de pajuro (*Erythrina edulis* Triana) para la elaboración de pan enriquecido. *Aporte Santiaguino*, 3(1), 75-85.