



**Benemérita
Universidad Autónoma de Puebla**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

APROVECHAMIENTO DEL CAMOTE (*Ipomoea batatas*) PARA EL DESARROLLO DE HARINAS FUNCIONALES Y SU APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE MUFFINS REDUCIDOS EN GLUTEN.

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de:

Licenciatura en Ingeniería en Alimentos

Presenta:

Mary Carmen Neri González

Director de Tesis:

Dra. María Elena Ramos Cassellis

Co-Director de Tesis:

Dra. María del Rosario Romero López

Puebla, Pue. Noviembre 2016



BUAP

Oficio No. FIQ/AC/1036/2016

Asunto: Prórroga de Registro de Tema de Tesis

**C. NERI GONZALEZ MARY CARMEN
PASANTE DE LA LICENCIATURA
EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS
P R E S E N T E:**

Por medio del presente me permito informarle de la Prórroga del Registro del Tema de Tesis Profesional de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos cuyo Título es el siguiente:

“APROVECHAMIENTO DEL CAMOTE (Ipomoea batatas) PARA EL DESARROLLO DE HARINAS FUNCIONALES Y SU APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE MUFFINS REDUCIDOS EN GLUTEN”

INTRODUCCIÓN

**CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES
CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFÍA**

Directora de Tesis: Dra. Ma. Elena Ramos Cassellis
Co-Directora de Tesis: Dra. María del Rosario Romero López (ITESA)

Lo cual me permito comunicarle para su conocimiento y fines consiguientes aclarando que la vigencia de este tema será **ÚNICAMENTE POR TRES MESES A PARTIR DEL 27 DE OCTUBRE DEL 2016 AL 27 DE ENERO DE 2017.**

ATENTAMENTE
“Pensar Bien, Para Vivir Mejor”
H. Puebla de Z., 25 de Octubre del 2016

M.I.C MA. GPE. TITA VAZQUEZ E. DE LOS MONTEROS
SECRETARIA ACADÉMICA



C.c.p. Directora de Tesis: Dra. Ma. Elena Ramos Cassellis
Co-Directora de Tesis: Dra. María del Rosario Romero López (ITESA)
Minutario Facultad de Ingeniería Química
Archivo.



Facultad
de Ingeniería
Química

Av. San Claudio s/n, Col. San
Manuel, Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72570
01 (222) 229 55 00
Ext. 7250 y 7251



**Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla**
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CIUDAD UNIVERSITARIA

C.P. José Juan Morales Rodríguez
Director de la Administración Escolar
De la BUAP.
Presente

ASUNTO:
AUTORIZACIÓN
IMPRESIÓN DE TESIS

Por este conducto me permito presentar a Ud. al C. pasante de la carrera de Ingeniería

Mary Carmen Neri González

Quién presenta como tema de tesis:

**APROVECHAMIENTO DEL CAMOTE (*Ipomoea batatas*) PARA EL
DESARROLLO DE HARINAS FUNCIONALES Y SU APLICACIÓN EN
LA ELABORACIÓN DE MUFFINS REDUCIDOS EN GLUTEN.**

La cual ha sido debidamente revisada y se autoriza para su impresión correspondiente.

Sin otro particular y para los fines que se estimen conducentes reitero mi distinción.

ATENTAMENTE

“Pensar Bien, para Vivir Mejor”

H. Puebla de Z., a 8 de noviembre de 2016

Director de Tesis
Dra. María Elena Ramos Cassellis

AGRADECIMIENTOS

Decir “GRACIAS” no siempre es suficiente, pero es la manera más simple y grata de expresar nuestra gratitud hacia las demás personas, es la forma de hacerles saber que su ayuda, apoyo, esfuerzos, ánimos, regaños o consejos, nos dieron el impulso que nos hacía falta para seguir adelante.

Es por eso que quiero darles las GRACIAS a todas esas personas que siempre estuvieron a mi lado y a todas aquellas que aparecieron en el camino para hacerlo más ameno día a día.

Quiero agradecerle inmensamente a mi madre Yolanda y mi padre Antonio, por ser siempre ese motor que me impulso a seguir adelante a pesar de las adversidades que aparecían en el camino, por ser las personas que nunca dejaron de creer en mí y que siempre me dieron ánimos para continuar. Por ver cada uno de mis desvelos y momentos de estrés, por darme la oportunidad de seguir con mis sueños y sobre todo por *“NO CORTARME LAS ALAS PARA SEGUIR VOLANDO”*.

A mi hermano Daniel, porque a pesar de ser tan diferentes, de pelar y no siempre ser los mejores hermanos, me brindó su apoyo y ánimos, por estar ahí y escuchar mis quejas y desánimos.

A mis queridas tías, por siempre brindarme su apoyo incondicional y siempre darme ánimos en cada momento. Por decirme “Tú puedes hija” y preocuparse por mí.

A mi tío Julio, por ser parte de mi inspiración para ser Ingeniera y su ayuda incondicional.

A la Dra. María Elena Ramos Cassellis, mejor conocida como la Dra. Cassellis, por darme la oportunidad de trabajar con ella sin conocerme y ser únicamente una más de sus alumnas de clase; por aceptar la idea de este trabajo que había surgido como un proyecto de clase sólo para pasar la materia. Por cada uno de sus regaños y consejos, por toda esa confianza que me ha tenido y sobre todo por toda la paciencia que me tuvo. Por todo su esfuerzo y apoyo que le ha brindado a este trabajo, y que ha valido la pena. Pero sobre todo por ser más que sólo una asesora de tesis y ser un ejemplo a seguir para mí. A usted doctora, todo mi cariño, respeto y admiración.

A la Dra. María del Rosario Romero López, por darme la oportunidad de trabar con usted a pesar de la distancia y de su interés en este trabajo sin ni siquiera conocerme, por darse un tiempo entre sus múltiples actividades y trabajos para atender mis dudas y revisiones, por su atención y preocupación en mis avances, pero también, por enseñarme nuevas cosas.

A mi querida amiga Loana, por todo el apoyo que me dio en su momento mientras estábamos juntas en la universidad, y por todos los ánimos que nunca dejo de darme con su frase: “Tu puedes senpai”.

A mis amigos Karen, Karla y Gerardo, por hacer más ameno y divertido el trabajo en el laboratorio con cada una de sus ocurrencias, además de brindarme su ayuda cuando lo necesitaba. A ti mi querido Miguel por ser mi ayudante en el laboratorio y no solo eso sino también por ser un buen amigo, por aceptar trabajar desde muy temprano hasta muy tarde, por todas esas veces que salíamos ya noche, por aguantarme y sobre todo por escuchar y aprender tan rápido.

A ti querido Mauricio Caldas, porque a pesar de la distancia, siempre me has dado tu apoyo y ánimos, has escuchado mis quejas, desánimos y frustraciones, pero sobre todo por esas ocasiones en las que has creído más tú en mí, de lo que llego a creer en mí misma, pero más aún por siempre decirme: “Confía en ti, no lo dudes tú puedes”.

A todos ustedes, y los que me hayan faltado por nombrar, les agradezco de todo corazón por su apoyo y ánimos para seguir adelante, por formar parte importante de mi vida, de mi formación como persona y profesionalista. A ustedes siempre les estaré eternamente agradecida.

Con todo mi cariño Mary Carmen.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Particulares	3
3. HIPÓTESIS	4
4. CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO	5
4.1 Camote (<i>Ipomoea batata</i>).....	5
4.2 Pelado (Eliminación de piel externa).....	6
4.3 Pardeamiento enzimático	7
4.4 Secado	8
4.5 Compuestos nutraceuticos	9
4.5.1 Antocianinas	9
4.5.2 Carotenoides	11
4.5.3 Antioxidantes.....	13
4.6 Harinas de trigo.....	14
4.7 Harinas compuestas	15
4.8 Gluten.....	15
4.8.1. Enfermedad celiaca.....	16
4.9 Almidón	17
4.9.1 Gelatinización del almidón	19
4.10 Productos de panificación.....	19
4.10.1 Productos de panificación libres en gluten	20
4.10.2. Retrogradación del almidón	21
4.10.3 Índice Glicémico	21
5. ANTECEDENTES	23
6. CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	24
ETAPA 1	25
6.1 Materia prima	25
6.1.1 Reactivos.....	25
6.2 Caracterización ponderal.....	25
6.2.1 Peso.....	26

6.2.2 Volumen	26
6.2.3 Espesor.....	27
6.3 Análisis químico proximal	28
6.3.1 Determinación de humedad	28
6.3.2 Determinación de cenizas.....	28
6.3.3 Extracto etéreo (Método de Soxhlet)	29
6.3.4. Determinación de proteínas (Método Kjeldahl)	30
6.3.5 Determinación de azúcares reductores directos	30
6.3.6 Determinación de fibra cruda.....	31
6.4 Pelado	32
6.5 Tratamiento con ácido ascórbico.....	33
6.6 Troceado	33
6.7 Secado	34
ETAPA 2	35
6.8 Molienda.....	35
6.9 Tamizado.....	35
6.10 Análisis fisicoquímico de las harinas	36
6.10.1 Humedad.....	36
6.10.2 pH	37
6.10.3 Acidez	37
6.11 Propiedades funcionales	38
6.11.1 Absorción de agua	38
6.11.2 Prueba de expansión	39
6.11.3 Cifra de Pelshenke	39
6.11.4 Determinación de gluten húmedo y gluten seco	40
6.12 Determinación de propiedades nutraceuticas.....	41
6.12.1 Determinación de antocianinas.....	41
6.12.2 Determinación de carotenoides	43
6.12.3. Actividad antioxidante por ABTS	44
ETAPA 3	45
6.13 Elaboración de muffins	45
6.13.1 Diseño experimental	47
6.14 Evaluación de vida de anaquel.....	48

6.14.1 Humedad	48
6.14.2 Volumen	49
6.14.3 Color	49
6.14.4. Textura	50
6.15 Análisis de resultados y selección de productos.....	51
6.16 Evaluación del producto.....	51
6.16.1 Análisis sensorial.....	51
6.16.2 Análisis químico proximal.....	52
6.16.3 Cuantificación de almidón en los muffins	53
6.16.3.1 Almidón disponible en los muffins	53
6.16.3.2 Tasa de digestión del almidón <i>in vitro</i> en los muffins.....	55
7. CAPÍTULO 3. RESULTADOS	57
7.1 Caracterización ponderal	57
7.2 Análisis químico proximal	59
7.3 Pelado	61
7.4 Secado	63
7.5 Obtención de harinas (molienda y tamizado).....	64
7.6 Análisis fisicoquímico de las harinas.....	65
7.7 Propiedades funcionales.....	68
7.8 Determinación de propiedades nutraceuticas	72
7.8.1 Determinación de antocianinas.....	72
7.8.2 Determinación de carotenoides	73
7.8.3 Actividad antioxidante	74
7.9 Evaluación de vida de anaquel.....	77
7.10 Análisis sensorial	81
7.11 Análisis químico proximal de los muffins.....	84
7.12 Contenido de almidón disponible en los muffins.....	86
7.13 Tasa de digestión del almidón <i>in vitro</i> en los muffins	87
8. Conclusiones	89
9. Anexos.....	91
10. Bibliografía.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de algunas variedades de camote (amarillo, blanco y morado)	6
Figura 2. Pelado manual e industrial en frutas	6
Figura 3. Mecanismo de la reacción del pardeamiento enzimático	7
Figura 4. Presencia del pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas.....	8
Figura 5. Estructura del grupo flavilo	10
Figura 6. Estructura de algunas antocianinas de importancia en alimentos.....	11
Figura 7. Diferencias químicas de los carotenoides	12
Figura 8. Estructura química de serie de carotenos	13
Figura 9. Proteínas que conforman el gluten.....	16
Figura 10. Enfermedad celiaca.....	17
Figura 11. Amilopectina y amilosa (Almidón)	18
Figura 12. Gelatinización del almidón (Badui, 2006).....	19
Figura 13. Diferencia entre productos de panificación libre de gluten y regula.....	20
Figura 14. Diagrama de flujo experimental	24
Figura 15. Obtención de la materia prima.....	25
Figura 16. Camotes seleccionados para la caracterización ponderal.	26
Figura 17. Pesaje del camote.	26
Figura 18. Recipiente con pasta de munición.....	25
Figura 19. Medición de la pasta desplazada.	27
Figura 20. Medición del ancho con un vernier.....	25
Figura 21. Medición de la circunferencia.....	27
Figura 22. Cenizas de las muestras.....	29
Figura 23. Sistema de extracción continua Soxhlet.....	29
Figura 24. Digestor Kjeldahl.....	28
Figura 25. Destilador Micro-Kjeldahl.....	30
Figura 26. Determinación de azúcares reductores método Fehling.	31
Figura 27. Mecanismo utilizado para la determinación de fibra cruda.	32
Figura 28. Mecanismo para la exposición al vapor.....	31
Figura 29. Pelado manual.	33
Figura 30. Rebanadas de camote en solución de ácido ascórbico.....	33
Figura 31. Proceso de troceado.....	34
Figura 32. Secador convectivo Lumistell.	34
Figura 33. Molino semi-profesional KRUPS.....	35
Figura 34. Proceso de tamizado.....	34
Figura 35. Fracción de muestra retenida en un tamiz.....	36
Figura 36. Muestras de la prueba de humedad en harinas de camote.	36
Figura 37. Muestras para determinación de pH.....	37
Figura 38. Determinación de acidez.....	38
Figura 39. masas de harina de camote blanco y morado.	38
Figura 40. Sistema de incubación para la prueba de expansión.....	39
Figura 41. Muestras para la Cifra de Pelshenke.	40
Figura 42. Prueba de lugol positiva en harina de camote morado.....	41
Figura 43. Diagrama para la determinación de antocianinas.....	42

Figura 44. Extracción de antocianinas.....	42
Figura 45. Preparación de la muestra para la determinación de carotenoides.	43
Figura 46. Decoloración en el ABTS por presencia de compuestos antioxidantes...45	45
Figura 47. Elaboración de muffins con harina de trigo (pan control).	46
Figura 48. Muestras de muffins elaborados con harina de trigo y con sustitución de harina de camote	47
Figura 49. Muestras de muffins empacadas para su evaluación de vida útil.	48
Figura 50. Determinación de humedad en muffins.	49
Figura 51. Semillas de nabo silvestre.....	47
Figura 52. Determinación de volumen en muffins.....	49
Figura 53. Colorímetro ColorFlex EZ.....	50
Figura 54. Prueba de textura en muffins.....	51
Figura 55. Prueba sensorial de muffins.....	52
Figura 56. Determinación de glucosa en muestras de muffins.	54
Figura 57. Determinación de maltosa mediante digestión in vitro.....	56
Figura 58. Diferentes formas de la raíz reservante de la Ipomoea batatas.	58
Figura 59. Curvas de secado de las tres variedades de camote a 95 °C	63
Figura 60. Evaluación del color en los muffins.....	81
Figura 61. Evaluación del olor en los muffins.....	82
Figura 62. Evaluación del sabor en los muffins.....	82
Figura 63. Evaluación de la textura en los muffins.	83
Figura 64. Evaluación de la apariencia en los muffins.	83
Figura 65. Hidrólisis del almidón en muffins elaborados con harina de camote.	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ingredientes para la preparación de muffins*	46
Tabla 2. Arreglo factorial de los tratamientos.....	47
Tabla 3. Formato para la prueba de evaluación sensorial.....	52
Tabla 4. Promedios y desviaciones estándar de los camotes amarillo, blanco y morado.....	57
Tabla 5. Contenido nutrimental por cada 100 g de camote de las diferentes variedades	59
Tabla 6. Promedios y desviaciones estándar de las pérdidas registradas en el proceso de pelado.....	61
Tabla 7. Porcentajes de harina retenidos en las diferentes mayas Tyler en 100 g de muestra	64
Tabla 8. Resultados de las propiedades fisicoquímicas de las harinas de trigo y de camote.....	66
Tabla 9. Resultados de las pruebas de absorción de agua, prueba de expansión y determinación de gluten húmedo y seco en las harinas de trigo y camote.....	68
Tabla 10. Resultados de la Prueba de cifra de Pelshenke.....	71
Tabla 11. Contenido de antocianinas en harina de camote morado	72
Tabla 12. Contenido de carotenoides totales y clorofila a, b y total.	73
Tabla 13. Determinación de actividad antioxidante en las diferentes variedades de camote.....	74
Tabla 14. Evaluación de vida de anaquel del día 0.....	78
Tabla 15. Evaluación de vida de anaquel del día 6.....	78
Tabla 16. Diferencia neta de color (ΔE) de los muffins durante el periodo de vida de anaquel.....	78
Tabla 17. Contenido nutrimental por cada 100 g de cada uno de los muffins.....	84
Tabla 18. Contenido de Almidón Disponible (AD) en panes	86
Tabla 19. Predicción del índice glicémico al min 90 de la hidrólisis de almidón.	87

1.INTRODUCCIÓN

Ipomoea batatas L., mejor conocida en México como camote (nombre que proviene del náhuatl *camohtli*), constituye uno de los cultivos tradicionales para consumo humano en nuestro país (Basurto *et al.*, 2012).

Dentro del territorio mexicano, 22 estados del país se dedican a la siembra de diferentes variedades como el camote blanco, amarillo, naranja, rojizo o purpura. Teniendo así que durante el 2014 en el estado de Puebla se registró una producción de 3,043 toneladas con un costo de \$1,282.00 por tonelada, presentando una reducción de cosecha y costos con respecto al 2013, donde se registró una producción de 3,142 toneladas con un costo de \$1,312.28 por tonelada (SIAP, 2014).

Situación debida al bajo consumo de este tubérculo en México, a excepción de algunas zonas del país en donde forma parte de los alimentos salados, como lo es en la zona del Golfo de México; aunque generalmente se consume más en dulce o golosina, como lo es el dulce típico de camote en la ciudad de Puebla, los carritos camotereros en la Ciudad de México y el camote horneado en la región del Bajío (Basurto *et al.*, 2012).

Por lo que una forma de incrementar el consumo y empleo del camote, es proponer alternativas de uso como la obtención de harinas bajas en gluten para el desarrollo de nuevos productos, lo cual representará una nueva opción para aquellas personas intolerantes al gluten (productos a base de trigo), tal es el caso de las personas celiacas. Ya que en el 2013 dicha condición afectó aproximadamente a 2.6 millones de personas en nuestro país (INCMNSZ, 2013).

Al mismo tiempo que se aprovechan sus propiedades nutrimentales para el desarrollo de diversos productos. Proponiendo así la obtención de una harina a partir del camote para la elaboración de un producto de panificación; mediante el uso de tecnologías alternas, como el secado convectivo y la eliminación de la piel mediante un tratamiento térmico. Además, de aprovechar su contenido en

carotenoides y antocianinas, así como su capacidad antioxidante (compuestos nutraceuticos). Brindando una nueva aplicación en productos de panificación; los cuales son elaborados a base de harinas de trigo, que al contener gluten no son adecuados para personas con intolerancia a este conjunto de proteínas, siendo también apto para el público en general.

Para lo cual primero se obtuvieron las harinas, y se determinó que la harina de camote amarillo contiene 400.3 μg de carotenoides por cada 100 g, mientras que la harina de camote morado contiene 82.7 mg de antocianinas por cada 100 g, representando una buena fuente para el consumo de dichos compuestos, además de que la actividad antioxidante que estas poseen se conserva aún después del proceso de horneado en los muffins, la cual va desde los 91.21 μMol de Trolox/g de muestra hasta los 342.27 μMol de Trolox/g de muestra, dependiendo del tipo de harina de camote utilizada.

Después se establecieron dos niveles de sustitución en la formulación de muffins (30 y 60%), obteniendo 6 formulaciones, a estas se les evaluó textura, midiendo fuerza y trabajo, además del volumen. Las formulaciones que presentaron mayor fuerza (466.55, 452.9 y 365.95 g) se sometieron a un análisis sensorial de aceptación; con un panel no entrenado de 60 personas (18 a 25 años), obteniendo los muffins sustituidos al 30% y 60% de harina de camote amarillo y blanco, respectivamente, con una aceptación del 53 y 57%.

Posteriormente se determinó el contenido nutrimental de los muffins, comparado con un control (trigo) observando: 13.36, 9.27 y 6.73% de contenido de proteína¹, un 19.57, 20.01 y 17.91% de grasa¹ y un 36.38, 44.28 y 50.76% de hidratos de carbono⁴ para el muffin control (trigo) y los muffins sustituidos al 30 y 60%, respectivamente. Observando que el contenido de proteína disminuye conforme aumenta el porcentaje de sustitución con la harina de camote, lo cual indica una disminución en el contenido de gluten (gliadina y gluteina) en los muffins.

2.OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Obtener harinas de tres variedades de camote (blanco, amarillo y morado) mediante secado por convección, y evaluar sus propiedades funcionales en la elaboración de muffins reducidos en gluten.

2.2Objetivos Particulares

- Someter los tubérculos a un pelado térmico y disminuir el pardeamiento enzimático mediante un tratamiento químico.
- Obtener harinas de tres variedades de camote (amarillo, blanco y morado) mediante secado por convección; llevar a cabo su caracterización fisicoquímica, su análisis químico proximal y sus propiedades reológicas.
- Determinar el contenido de antocianinas y carotenoides, así como la capacidad antioxidante en las harinas de camote.
- Proponer porcentajes de sustitución con harina de camote blanco, amarillo y morado para la elaboración de muffins. Así como, evaluar su vida de anaquel.
- Evaluar las características físicas, químicas y sensoriales de los muffins con mejor sustitución de harinas de camote, en base a los resultados de vida de anaquel.
- Cuantificar el porcentaje de almidón disponible y el índice glucémico en dichos muffins mediante una digestión *in vitro*.

3.HIPÓTESIS

La adición de harinas de camote para la elaboración de muffins bajos en gluten, permitirá el aprovechamiento del camote y la obtención de un alimento idóneo para personas con la condición celiaca.

4. CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

4.1 Camote (*Ipomoea batata*)

Es una de las ocho especies del género *Ipomea* nativo, el cual se cultiva desde México hasta el centro de Sudamérica. Presenta raíces engrosadas o tubérculos que son comestibles y utilizados desde la época prehispánica. Cada 100 g de este tubérculo está constituido por 0.8 % de lípidos, 1.2 % de proteínas y 44.5 % de carbohidratos, de los cuales 11.8 g es almidón. El valor nutrimental del camote es mayor comparado con el reportado en papa que contiene 0.10 % de lípidos, 20.13% de carbohidratos y 1.87 % de proteínas (FAO, 2008). Además de ser una buena fuente de fibra, antioxidantes, vitaminas y minerales. Existen diferentes variedades de camote, de piel naranja, morada y blanca, así como una diversidad de coloraciones de la pulpa (Linares *et. al.*, 2008).

El camote es considerado como un alimento funcional, debido a su alta capacidad antioxidante, por su contenido de antocianinas, carotenos, vitaminas E, y compuestos fenólicos. Los antioxidantes son compuestos de variada naturaleza química, que tienen la capacidad de neutralizar la acción de los radicales libres, que son especies altamente reactivas que se producen en el cuerpo humano. Por otro lado, las antocianinas son pigmentos encargados de proporcionarle el color púrpura o morado a la piel y pulpa del camote. Mientras que, el color naranja de algunas variedades se debe a la presencia de β -carotenos, también con capacidad antioxidante (Cusumano & Zamudio, 2013).

Las vitaminas presentes en camote son retinol, niacina, riboflavina y vitamina C, además de minerales y de algunos aminoácidos como la metionina, un aminoácido esencial para la vida humana que se encuentra deficiente en la mayoría de los alimentos de origen agrícola (Cusumano & Zamudio, 2013).



Figura 1. Ejemplo de algunas variedades de camote (amarillo, blanco y morado) (Linares et. al., 2008).

4.2 Pelado (Eliminación de piel externa)

Proceso que consiste en la remoción de la piel de la fruta u hortaliza. Esta operación puede realizarse por medios físicos como el uso de cuchillos o materiales punzo cortantes, mediante tratamiento térmico o por el uso de métodos químicos que tienen por objetivo destruir la pared celular de la cutícula (FAO, 1993).

El pelado es una operación que permite una mejor presentación del producto, al mismo tiempo que favorece la calidad sensorial al eliminar el material áspero. Además, la piel presenta un color que es afectado por los procesos térmicos normalmente usados en los métodos de conservación (FAO, 1993).



Figura 2. Pelado manual e industrial en frutas.

4.3 Pardeamiento enzimático

Se denomina pardeamiento enzimático a la transformación llevada a cabo por enzimas presentes en el fruto, como la polifenoloxidasa en presencia de oxígeno, provocando que los compuestos fenólicos se conviertan en polímeros coloreados, frecuentemente marrones o negros pasando por coloraciones intermedias de rosa, rojo o azul. Los pigmentos oscuros que se forman al final de esta cadena de reacciones se denominan melaninas. El pardeamiento enzimático se produce en los vegetales ricos en compuestos fenólicos (Jeantet *et al.*, 2006).

Aparece frecuentemente en los productos vegetales, normalmente a lo largo de la manipulación tras la cosecha, durante el proceso de conservación y de las transformaciones tecnológicas (limpieza, pelado, corte, picado para la preparación de los zumos, deshidratación y congelación). Este fenómeno se observa en las frutas y verduras como manzana, peras, albaricoques, melocotones, plátano, aguacate, así como patatas y champiñones (Jeantet *et al.*, 2006).

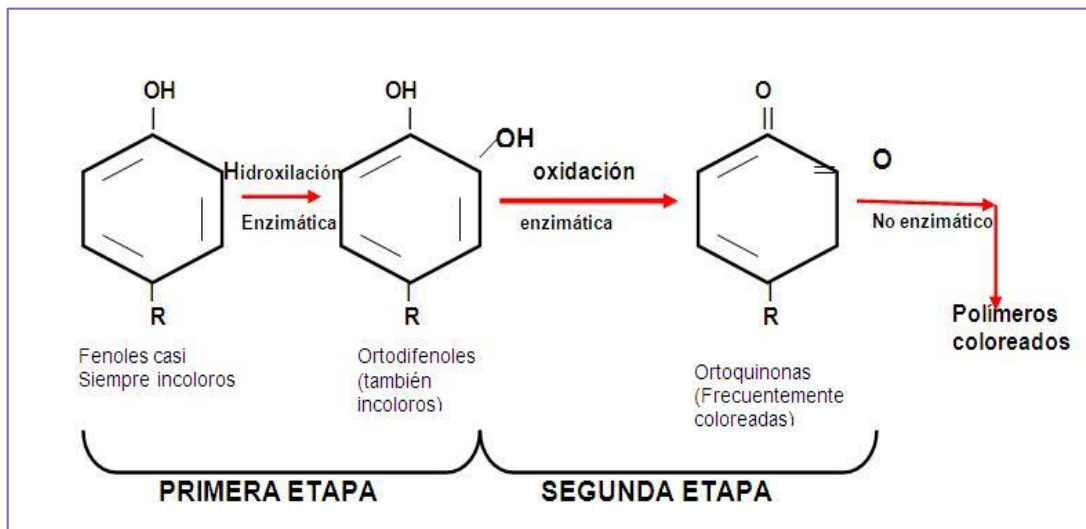


Figura 3. Mecanismo de reacción del pardeamiento enzimático (Jeantet *et al.*, 2006).



Figura 4. Presencia del pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas.

4.4 Secado

El secado es un método de eliminación de agua ampliamente utilizado como método de conservación de alimentos. Esta técnica preserva la calidad de los alimentos ya que disminuye la actividad de agua (a_w), evitando el deterioro y contaminación microbiana de los mismos durante su almacenamiento. La humedad de los alimentos se puede eliminar mediante diferentes procedimientos, como la desecación mediante la acción de los rayos solares hasta los procedimientos artificiales que se emplean en la actualidad como el secado por convección. El procedimiento más utilizado, es la deshidratación por aire caliente o secado convectivo, en el cual el sólido se somete a la acción de una corriente de aire caliente evaporando el agua que contiene, produciéndose así una desecación. Los secadores por convección son los más utilizados en las industrias agrícolas para el secado de frutas, hortalizas, obtención de harinas y cereales (Galaviz & Martínez, 2012).

4.5 Compuestos nutraceuticos

Durante los últimos años la población en general, ha reconocido la importancia de mantener la salud. En el año de 1989 surgió el término *Nutraceutico* por el Dr. Stephen L. Defelice, Director de la Fundación de Medicina Innovadora, quien lo definió como “cualquier sustancia que se puede considerar como alimento o ingrediente de un alimento, el que además de su valor nutricional, aporta a quien lo consume beneficios para la salud y prevenir enfermedades” (Birute *et al.*, 2009)

Los productos nutraceuticos tienen la capacidad de fortalecer las condiciones saludables, sirviendo como auxiliar en el cuidado y mantenimiento de la salud, así como en la prevención de enfermedades y en la mejora de las funciones fisiológicas del organismo (Pérez, 2006).

En esencia, los nutraceuticos son micronutrientes que mejoran productos ya existentes y que permiten diversificar el mercado. Abarcan una amplia gama de productos que deben cumplir los siguientes criterios (Pérez, 2006):

- Productos de origen natural.
- Aportar efectos benéficos para la salud mejorando una o más funciones fisiológicas, la calidad de vida y acción preventiva y/o curativas.
- Aportar estabilidad temporal.
- Estudios reproducibles de sus propiedades bioactivas en animales de experimentación y en humanos.

4.5.1 Antocianinas

Las antocianinas son un buen ejemplo de compuestos nutraceuticos, se encuentran dentro de un grupo de pigmentos de la familia de los flavonoides; también se conocen como flavonoides azules. Son compuestos vegetales no nitrogenados de amplia distribución en la naturaleza. Siendo estas responsables de la gama de

colores que abarcan desde el rojo hasta el azul en varias frutas, verduras y cereales (Badui, 2006; Garzón, 2008).

Generalmente se encuentran en la cáscara o piel, como en el caso de las peras y las manzanas, pero también se pueden localizar en la parte carnosa, como en las fresas y las ciruelas (Badui, 2006).

Químicamente las antocianinas son glucósidos de las antocianidinas, es decir, están constituidas por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que se le une un azúcar por medio de un enlace β -glucosídico. La estructura química básica de estas agliconas es el ion flavilio, también llamado 2-fenil-benzopirilio, que consta de dos grupos aromáticos: un benzopirilio (A) y un anillo fenólico (B); el flavilio normalmente funciona como catión (Aguilera *et al.*, 2011).

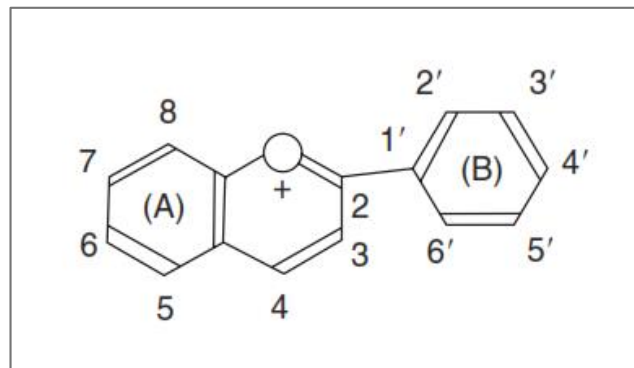


Figura 5. Estructura del grupo flavilo (Badui, 2006).

De todas las antocianinas que actualmente se conocen aproximadamente 20, las más importantes son la pelargonidina, delfinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina, nombres que derivan de la fuente vegetal de donde se aislaron por primera vez; la combinación de éstas con los diferentes azúcares genera aproximadamente 300 antocianinas (Badui, 2006).

El interés en los pigmentos antociánicos, se ha intensificado recientemente debido a sus propiedades farmacológicas y terapéuticas. Durante el paso del tracto digestivo al torrente sanguíneo, las antocianinas permanecen intactas y ejercen

efectos terapéuticos que incluyen la reducción de la enfermedad coronaria, efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos; además del mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo. Los efectos terapéuticos de las antocianinas están relacionados con su actividad antioxidante (Aguilera *et al.*, 2011).

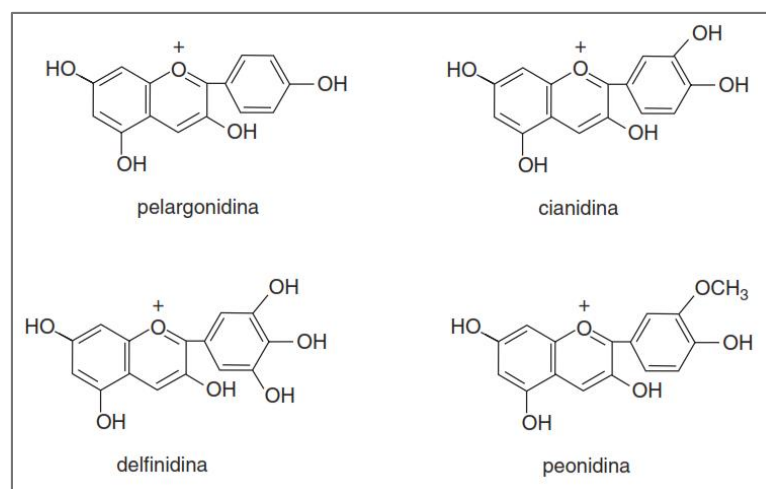


Figura 6. Estructura de algunas antocianinas de importancia en alimentos (Badui, 2006).

4.5.2 Carotenoides

Los carotenoides son un grupo numeroso de pigmentos muy difundidos en los reinos vegetal y animal, producen colores que van desde el amarillo hasta el rojo intenso. Se encuentran en frutas y verduras como jitomate, piña y cítricos; flores como el cempasúchil y el girasol; semillas como el achiote; músculos de algunos peces como los salmones y truchas, entre otras (Badui, 2006).

Químicamente son terpenoides, formados básicamente por ocho unidades de isopreno, de tal forma que la unión de cada unidad se invierte en el centro de la molécula. En los carotenoides naturales sólo se encuentran tres elementos: C, H y O. El oxígeno puede estar presente como hidroxilo, metoxilo, epoxi, carboxilo o carbonilo. Dentro de los cuales podemos distinguir dos grupos: los carotenos, que

son hidrocarburos y las xantofilas, que poseen oxígeno en su molécula (Meléndez *et al.*, 2004).

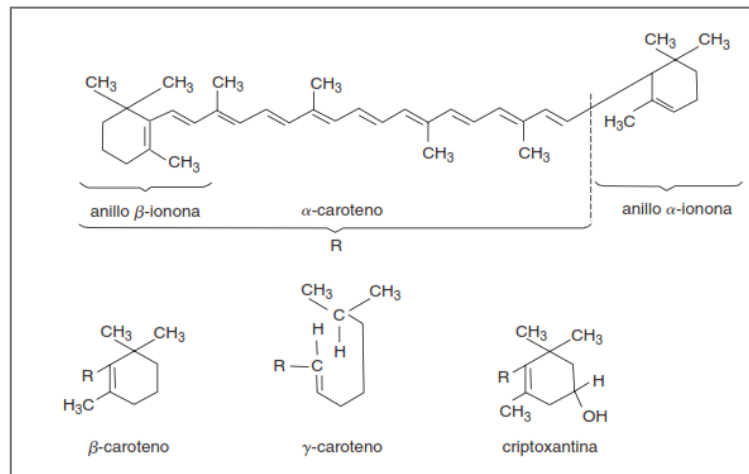


Figura 7. Diferencias químicas de los carotenoides (Badui, 2006).

En el ser humano, como en todos los animales, los carotenoides son introducidos al organismo a través de los alimentos y son transportados por la sangre. Los carotenoides con anillos β-ionona presentan actividad biológica de provitamina A, pues la mucosa intestinal los oxida y los transforma en retinal (Badui, 2006).

Hasta hace pocos años, gran parte de la importancia nutricional de estos pigmentos ha radicado en el hecho de que algunos de ellos (carotenos α, β y ε) son precursores de la vitamina A, sin embargo, recientemente se ha puesto de manifiesto que la relevancia de estos compuestos va más allá, al haberse demostrado que juegan un papel importante en la prevención de diversas enfermedades degenerativas humanas (Torres, 2011; Meléndez *et al.*, 2004).

El efecto biológico principal de los carotenoides se asocia con sus propiedades antioxidantes, y por tanto brinda un efecto protector ante la generación de distintos radicales libres que pueden ser producidos por diversas moléculas altamente reactivas a causa de los rayos ultravioleta, el humo del cigarro, el aire contaminado

entre otros, los que a su vez pueden llegar a dañar a las células (Torres, 2011; Badui, 2006).

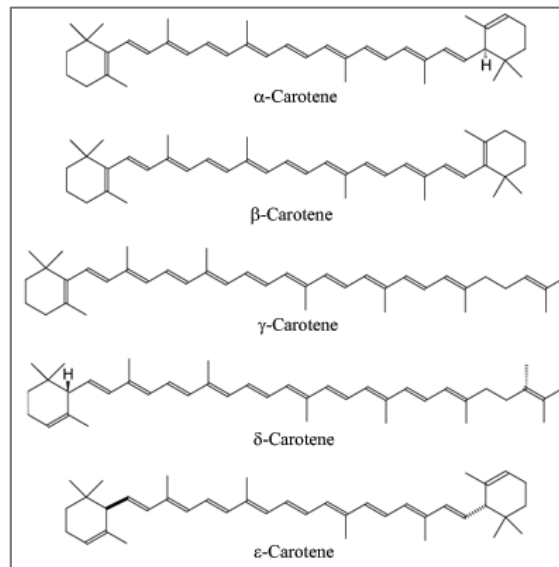


Figura 8. Estructura química de serie de carotenos (Meléndez et al., 2004).

4.5.3 Antioxidantes

En los últimos años ha aumentado el interés en los antioxidantes que contiene las frutas y hortalizas. Los antioxidantes son compuestos químicos que el cuerpo humano utiliza para eliminar radicales libres, que son sustancias químicas muy reactivas que introducen oxígeno en las células y producen la oxidación de sus diferentes partes, alteraciones en el ADN a su vez promueven diversos cambios que aceleran el envejecimiento del cuerpo. Lo anterior se debe a que el oxígeno, aunque es imprescindible para la vida, es también un elemento químico muy reactivo. El propio cuerpo genera radicales libres para su propio uso (control de musculatura, eliminación de bacterias, regulación de actividad de los órganos, entre otros.) pero al mismo tiempo genera antioxidantes para eliminar los radicales libres sobrantes, ya que estas sustancias son muy agresivas (Ramírez et al., 2012).

Los antioxidantes no sólo se encuentran en nuestro cuerpo, también provienen de los alimentos. Los alimentos, además de sus funciones plásticas y energéticas, tienen la facultad de proteger estructuras ante la formación de radicales libres. La *Capacidad Antioxidante (CA)* de un alimento, es el poder que tiene para neutralizar los radicales libres del organismo a través del contenido de antocianinas, carotenos, vitaminas como la E, compuestos fenólicos y proteínas (Cusumano & Zamudio, 2013; Vilaplana, 2007).

El evitar las reacciones de oxidación en las células a partir de las cuales se originan los nocivos radicales libres, es una función principal de los compuestos antioxidantes. Por lo tanto, apoyan en la reducción de enfermedades neurodegenerativas, potenciando el sistema inmunológico (Vilaplana, 2007).

Los antioxidantes más estudiados son algunas vitaminas (A, C y E), minerales (selenio, cinc, cobre, entre otros) y compuestos propios de plantas conocidos como fotoquímicos, entre los que destacan los perteneciente a la familia de los polifenoles, que dan color, aroma a frutas y verduras. La presencia de estos compuestos es una de las razones por las que se recomienda ingerir cada día alimentos vegetales. En general, los alimentos de mayor capacidad antioxidante en la dieta son: frutas, pan, papa, hortalizas, legumbres, cacao, frutos secos y aceite de oliva (Torres, 2011; Vilaplana, 2007).

4.6 Harinas de trigo

La harina de trigo es el polvo que se obtiene de la molienda del grano maduro, entero o quebrado, limpio, sano y seco, en el que se elimina gran parte de la cascarilla (salvado) y el germen. El resto se tritura hasta obtener un grano de finura adecuada (NOM-247-SSA1-2008). La harina contiene entre un 65 y 70 % de almidón, pero también tiene de 9 al 14 % de proteínas; siendo las más importantes la gliadina y glutenina. Estos componentes forman parte del gluten, el cual resulta dañino para las personas con enfermedad celiaca (Badui, 2006).

4.7 Harinas compuestas

Las harinas compuestas son aquellas que se elaboran para producir alimentos en base a trigo como pan, pastas y galletas. El término de harina compuesta fue creado en 1964 por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Las harinas compuestas pueden prepararse también en base a otros cereales y otras fuentes de origen vegetal, estas pueden o no contener harina de trigo. Las harinas compuestas se clasifican en dos clases; la primera es la harina de trigo diluida, en la cual el trigo se sustituye por otras harinas hasta un 40 % y puede contener otros componentes como la adición de una proteína suplementaria que es opcional; como por ejemplo proteínas de oleaginosas, de cereales y de leguminosas, que combinadas, dan origen a alimentos de alto valor proteínico con otros nutrientes que son deficitarios en la dieta de la población. En cuanto a las condiciones procesamiento y del producto final, son comparables con aquellos productos preparados en base a trigo. La segunda clase está representada por harinas compuestas que no contienen trigo, están hechas de harinas de tubérculos y una proteína suplementaria. Estos productos son diferentes en sus características reológicas al compararlas con aquellas preparadas en base a trigo (Elias, 1999).

4.8 Gluten

Las harinas de trigo contienen del 10 al 12% de proteínas, que al igual que las del maíz, son básicamente glutelinas y en menor proporción existen también otras, como las albuminas y las globulinas. Las glutelinas del trigo reciben el nombre de gluteninas, mientras que las prolaminas el de gliadinas, y ambas suman el 85 % de la fracción proteínica. Éstas junto con los lípidos y el agua forman el denominado gluten, responsable de las propiedades de cohesividad y viscoelasticidad de la masa de panificación (Badui, 2006).

El gluten en su conjunto tiene una composición de aminoácidos de aproximadamente 6 % ionizables, 45 % polares y 49 % apolares; se caracteriza por su elevado contenido de prolina y de glutamina (14 y 37 %, respectivamente del total de aminoácidos). Su alta proporción de prolina evita la conformación helicoidal, lo que a su vez ocasiona que el grupo amida de la Glutamina fácilmente establezca puentes de hidrógeno inter o intramoleculares. Su baja concentración de aminoácidos ionizables y el alto porcentaje de hidrofóbicos lo hace poco soluble a pH neutro. Además, el gluten es rico en residuos de cisteína que permiten formar enlaces disulfuro, y mediante interacciones hidrofóbicas e hidrofílicas permiten que estos polímeros se orienten longitudinalmente; los esfuerzos mecánicos inducen un intercambio de grupos azufrados entre las múltiples cisteínas. El resultado de este proceso es la formación de una red elástica y cohesiva necesaria para el esponjamiento ocasionado por la generación del CO₂ durante el proceso de fermentación (Badui, 2006).

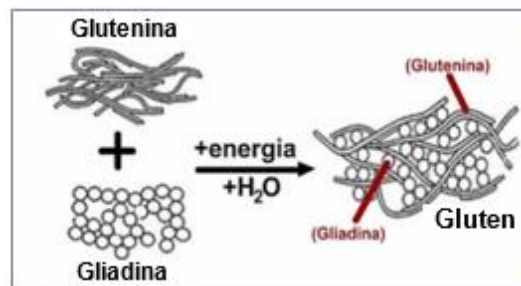


Figura 9. Proteínas que conforman el gluten (Badui, 2006).

4.8.1. Enfermedad celiaca

Las proteínas del gluten pueden causar en algunas personas un padecimiento llamado enfermedad celiaca, siendo de carácter inmunológico y genéticamente susceptibles a la ingesta de gluten proveniente del trigo, centeno, cebada y otros cereales; que se caracteriza por una mala absorción intestinal y por consiguiente problemas nutrimentales (Badui, 2006).

En la cual, la gliadina es la fracción que provoca atrofia de las vellosidades del intestino delgado, induciendo que algunos nutrientes (por ejemplo, vitaminas) no se absorban adecuadamente presentándose desnutrición y avitaminosis (Badui, 2006).

En México, en el 2013, de acuerdo a datos del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ) existen aproximadamente un total de 2.6 millones de celíacos en nuestro país. Los cuales buscan productos nuevos que brinden el aporte adecuado de nutrientes, y que formen parte de su alimentación básica de cada día, sin la necesidad de preocuparse por la ingesta de gluten (INCMNSZ, 2013).

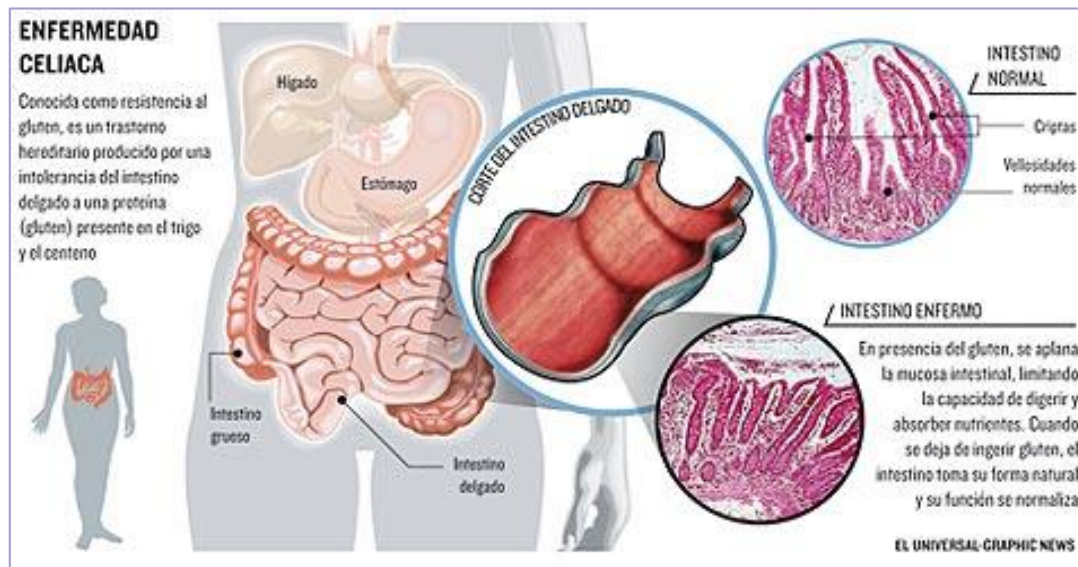


Figura 10. Enfermedad celíaca (INCMNSZ, 2013).

4.9 Almidón

El almidón es un polisacárido vegetal que se almacena en las raíces, tubérculos, semillas de las plantas y en el endospermo de todos los granos. El almidón se puede hidrolizar a glucosa que proporciona al hombre la energía y glucosa que son necesarias para que el cerebro y el sistema nervioso central funcionen. Cuando se consume en la dieta humana, proporciona 4 calorías/gramo (Vaclavik, 2002).

Desde el punto de vista químico, el almidón es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina; el primero es producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos α (1,4), que establecen largas cadenas lineales con 200 - 2500 unidades y pesos moleculares de hasta de un millón; es decir, la amilosa es una α -D-(1,4)-glucana, cuya unidad repetitiva es la α -maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de la hélice consta de seis moléculas de glucosa. En términos generales, los almidones contienen aproximadamente 17-27 % de amilosa, y el resto de amilopectina (Badui, 2006).

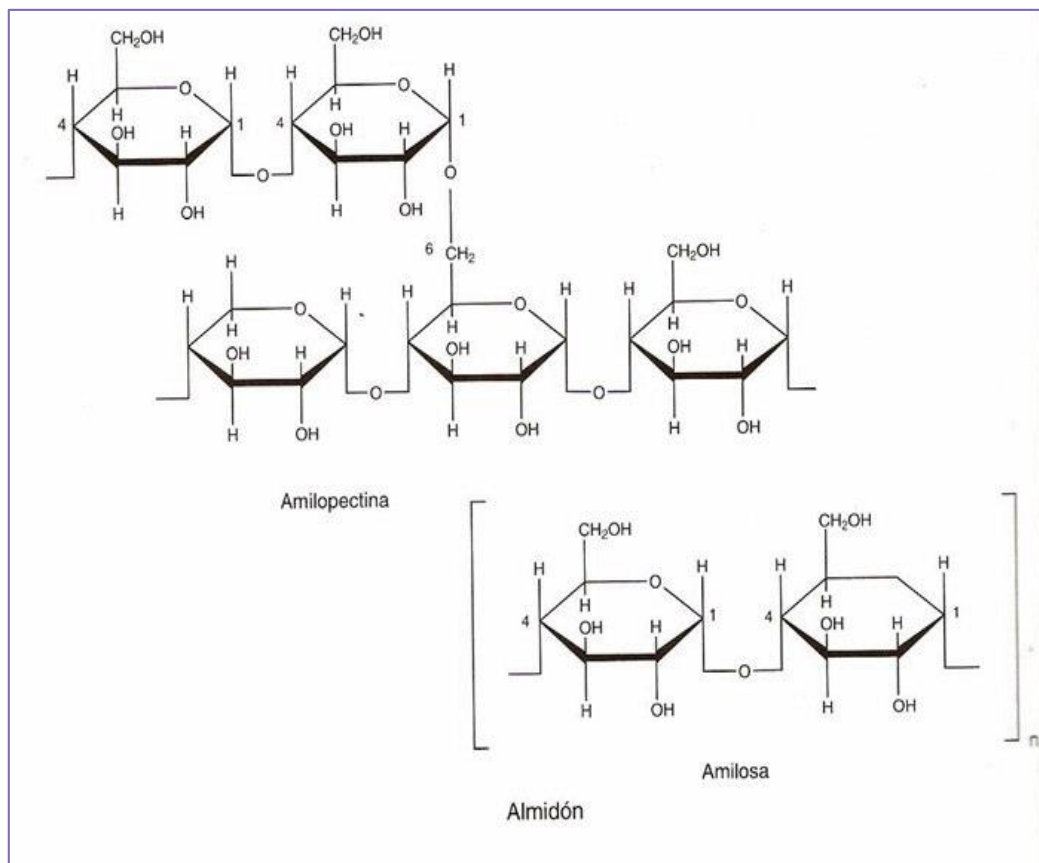


Figura 11. Amilopectina y amilosa (Almidón) (Badui, 2006).

4.9.1 Gelatinización del almidón

El almidón en estado nativo es insoluble en agua. Cuando se calienta el almidón en presencia de agua, se produce *imbibición* o incorporación de agua en el gránulo. Esto se produce primero en las áreas menos densas, y posteriormente, en las regiones más cristalinas de la molécula de almidón. Esta es una etapa reversible en el proceso de gelatinización. A medida que el calentamiento continúa, los gránulos de almidón captan más agua irreversiblemente y se hinchan; provocando que algunas cadenas de amilosa salgan de los gránulos. Este proceso de gelatinización, es responsable del espesamiento de los sistemas alimenticios. Las soluciones de almidón gelatinizado son opacas y frágiles, la estructura cristalina y ordenada del almidón se pierde (Vaclavik, 2002).

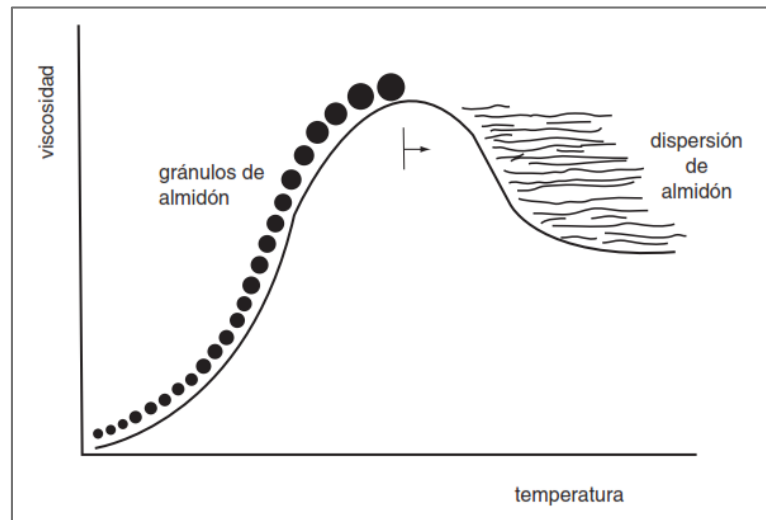


Figura 12. Gelatinización del almidón (Badui, 2006).

4.10 Productos de panificación

Los productos de panificación son aquellos obtenidos de las mezclas de harinas de cereales, harinas integrales o de leguminosas, agua potable, fermentados o no, pueden contener además sal, mantequilla, margarina, aceites comestibles

hidrogenados o no, levaduras, agentes leudantes, polvo para hornear, especias, azúcares, mieles, frutas, jugos, pueden emplear o no aditivos para alimentos; los panes son sometidos a un proceso de horneado, cocción o fritura; con o sin relleno o cobertura, pueden mantenerse en condiciones de temperatura ambiente, en refrigeración o en congelación según sea el caso (NOM-247-SSA1-2008).

4.10.1 Productos de panificación libres en gluten

La eliminación de gluten en las formulaciones de pan a menudo resulta en una masa líquida, en lugar de un sistema de masa durante las fases de pre-horneado, y en un pan horneado se observa una textura sin firmeza, color pobre y algún otro defecto de calidad (Arendt & Dal Bello, 2008).

El pan sin gluten implica principalmente la incorporación de almidones, ingredientes a base de proteínas como las lácteas e hidrocoloides a base de harina libre de gluten que podrían imitar las propiedades viscoelásticas del gluten y una mejor textura, mejor palatabilidad, aceptabilidad, y mejoras en la vida útil de estos productos (Arendt & Dal Bello, 2008).

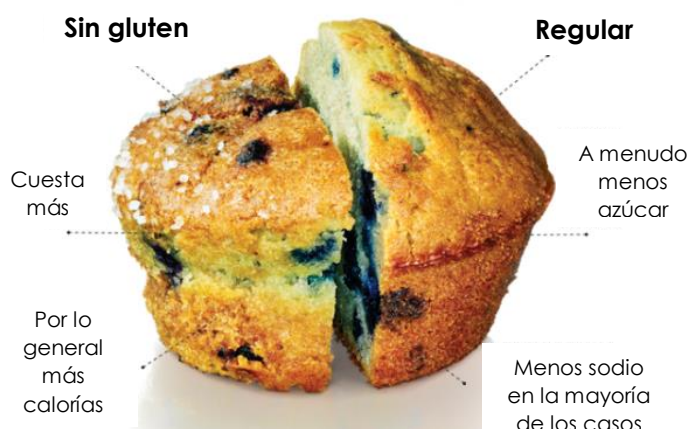


Figura 13. Diferencia entre productos de panificación libre de gluten y regular (adaptada de Arendt & Dal Bello, 2008).

4.10.2. Retrogradación del almidón

La retrogradación se relaciona de manera directa con el envejecimiento del pan. Durante el cocimiento del pan, parte de la amilosa se difunde fuera del gránulo y retrograda en el momento de su enfriamiento, de manera que los restos de gránulos (ahora ricos en amilopectina) se ven rodeados por moléculas del polímero lineal; se considera que el envejecimiento se debe básicamente a la asociación de las cadenas de amilopectina que permanecen en el gránulo hinchado después de haber perdido parte de la amilosa. En el pan fresco, el polímero ramificado tiene todas sus ramas completamente extendidas, mientras que en el pan duro están retrogradadas, unidas entre sí y sin el agua original (Badui, 2006).

4.10.3 Índice Glicémico

Los carbohidratos (CHO) constituyen la principal fuente de energía alimentaria de la mayor parte de la población mundial. El aporte de éstos debe oscilar entre el 56% y 69% de las calorías totales de la dieta diaria, lo cual se garantiza con un consumo aproximado de 140 a 173 gr de CHO por cada 1000 Kcal (Hernández *et al.*, 2013).

Los hidratos de carbono complejos requieren un ataque digestivo más intenso y más largo, por lo que su liberación de glucosa y la absorción de ésta se producen de manera lenta y gradual. En cambio, cuando lo que se ingieren son azúcares simples, la absorción de glucosa y su paso a la sangre son rápidos. La velocidad y magnitud de las variaciones de la glucosa en sangre tras la ingesta se denomina respuesta glucémica (Hernández *et al.*, 2013).

El índice glicémico (IG) fue concebido y comunicado en el año de 1981 por David Jenkins y cols., en la Universidad de Toronto Canadá. En base al concepto de que los hidratos de carbono simples (mono y disacáridos) inducían un incremento de la glicemia más rápido y mayor que los complejos (polisacáridos) y que los distintos alimentos independientes de su contenido total, presentaban una diferente proporción de hidratos de carbono simples y complejos (Arteaga, 2006).

El IG mide la capacidad que tiene un glúcido dado para elevar la glicemia después de la comida, con respecto a una referencia estándar que es la glucosa pura, es decir, mide en qué medida los alimentos que contienen carbohidratos elevan la glucosa en la sangre. Por ello, se puede decir que el índice glicémico mide la biodisponibilidad de un glúcido, lo que corresponde a la tasa de absorción intestinal (NUTRIMONT, 2004).

El IG nos indica numéricamente si los hidratos de carbono llegan lenta, moderada o rápidamente al torrente sanguíneo. Si el IG es de 70 o mayor se considera que el alimento tiene un IG alto; si se encuentra entre 56 y 69 el IG es moderado y si el valor es de 55 o menor se dice que el alimento tiene un IG bajo. Para establecer estos valores se le asigna a la glucosa el valor de 100, correspondiendo éste valor de igual forma al 100 % de la absorción intestinal de la glucosa ingerida (Torres *et al.*, 2006).

Sin embargo, el índice glicémico de un glúcido no es fijo, puede variar en función de diversos parámetros como el origen botánico o la variedad de un cereal, la madurez de una fruta, los eventuales tratamientos térmicos, la hidratación, etc. (NUTRIMONT, 2004).

5. ANTECEDENTES

Akubor (2014), determinó el efecto de los tratamientos con ácido ascórbico y ácido cítrico, sobre las propiedades funcionales y sensoriales de la harina de papa dulce (*Dioscorea rotundata*), para la prevención del oscurecimiento enzimático durante el procesamiento de la harina. En dicho estudio se observaron tratamientos en harina de *Dioscorea rotundata* con ácido ascórbico al 2 y 4 % (p/v), ácido cítrico al 0.5 y 1 % (p/v), una mezcla que contenía 0.5 % de ácido ascórbico y 0.5 % de ácido cítrico finalmente una mezcla de 1 % de ácido ascórbico y 1 % de ácido cítrico, las cuales mejoraron la capacidad de absorción de agua y aceite, pero disminuyeron las propiedades de emulsión y formación de espuma de la harina, además de que estos tratamientos mejoraron el color de la amala (pasta elaborada con base a harina de papa dulce, alimento común en Nigeria). La mejor concentración fue la de ácido ascórbico empleada al 2 % ya que ésta promovió la obtención de una amala con mejores características.

En un estudio realizado por Ruiz y Rodríguez (2011), obtuvieron una harina de camote morado para su aplicación como base en la elaboración de galletas, siendo importante el estudio del efecto del secado sobre la obtención de la harina de camote. La formulación idónea en este estudio para la elaboración de las galletas con harina de camote y trigo fue una proporción de 50/50 (p/p).

6.CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

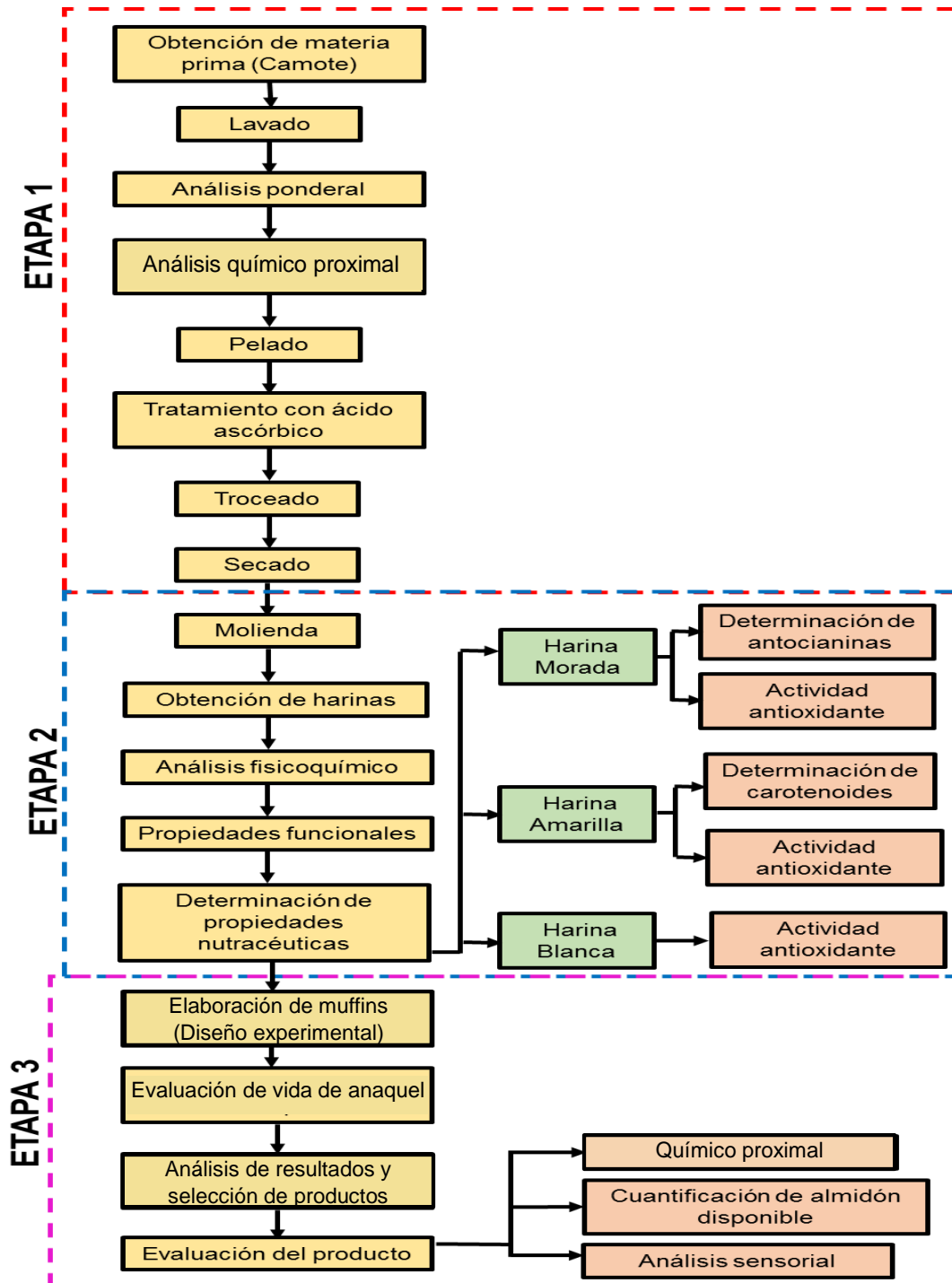


Figura 14. Diagrama de flujo experimental

ETAPA 1

6.1 Materia prima

Las tres variedades de camote (*Ipomoea batatas* L.) amarillo, blanco y morado fueron de la variedad conocida como Salvatierra procedente del estado de Chiapas, y se obtuvieron en la Central de Abastos, del Estado de Puebla.



Figura 15. Obtención de la materia prima.

6.1.1 Reactivos

Los reactivos que se utilizaron durante la experimentación son de grado analítico industrial, de las marcas Sigma y Meyer.

6.2 Caracterización ponderal

La caracterización ponderal se llevó a cabo en 15 muestras de camotes amarillos, blancos y morados, determinando su peso, volumen y espesor de cada camote para conocer cuáles son las variaciones y con ello obtener un promedio.



Figura 16. Camotes seleccionados para la caracterización ponderal.

6.2.1 Peso

El peso se realizó en una balanza US-TT-1000 con el propósito de obtener los pesos de cada muestra.



Figura 17. Pesaje del camote.

6.2.2 Volumen

Para obtener el volumen se llenó completamente un recipiente con pasta de munición, posteriormente se sumergió cada muestra dentro del recipiente y la pasta desplazada se colocó en una probeta graduada para obtener el volumen ocupado por la muestra (Maron & Purutton, 1993).



Figura 18. Recipiente con pasta de municion.



Figura 19. Medición de la pasta desplazada.

6.2.3 Espesor

El ancho se midió con un vernier tomando tres medidas, es decir, a lo largo del camote, se midió el centro y los dos extremos (Laguado *et al.*, 1999).

La circunferencia se midió con una cinta métrica, obteniendo así las medidas del centro, los dos extremos, así como la circunferencia de lo largo (Dadzie & Orchard, 1997).



Figura 20. Medición del ancho con un vernier.



Figura 21. Medición de la circunferencia.

6.3 Análisis químico proximal

Se determinó la composición química proximal de las tres variedades de camote de acuerdo a los métodos oficiales de análisis de la Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.) y de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y las Normas Mexicanas (NMX); cuantificando humedad, cenizas, extracto etéreo, proteínas, azúcares reductores y fibra.

6.3.1 Determinación de humedad

El contenido de humedad en el camote se determinó por gravimetría de acuerdo al método 931.04 de la A.O.A.C. (1997). Reportado como porcentaje de pérdida de agua.

Se pesaron aproximadamente 2.5 g de muestra en charolas, las cuales fueron previamente puestas a peso constante, en una balanza marca ADAM modelo HCB 123, y se colocaron dentro de una estufa marca ECOSHEL modelo 9025H a 95 °C durante 5 horas.

6.3.2 Determinación de cenizas

Para la determinación de cenizas se empleó el método 923.03 de la A.O.A.C. (1997). Se pesaron 3 g de muestra en base seca dentro de un crisol en una balanza marca ADAM modelo HCB 123 y se procedió a pre-calcinar las muestras. Finalmente, las muestras se calcinaron en una mufla FURNACE, Barnstead/Thermolyne modelo 48000 a una temperatura de 550 °C durante 4 horas.



Figura 22. Cenizas de las muestras.

6.3.3 Extracto etéreo (Método de Soxhlet)

El contenido en grasa libre se determinó por extracción directa mediante un sistema de extracción continua de acuerdo a la NMX-F-089-S-1978.

Se pesaron aproximadamente 5 g de muestra triturada en base seca y se colocó en cartuchos de extracción, colocados dentro del extractor Soxhlet (LAB-LINE MULTI-UNIT EXTRACTION HEATER).

Se adicionaron 130 mL de éter de petróleo como disolvente para la extracción en cada matraz bola de fondo plano, los cuales se mantuvieron en ebullición durante 4 horas.



Figura 23. Sistema de extracción continua Soxhlet.

6.3.4. Determinación de proteínas (Método Kjeldahl)

La determinación de proteína total se determinó mediante el contenido de nitrógeno (N) de acuerdo al procedimiento del Micro-Kjeldahl descrito en el método 960.52 de la A.O.A.C. (1997). Se utilizó el sistema de digestión Kjeldahl marca GERHARDT modelo KB/KBI. Se pesaron 40 mg de muestra en base seca y se colocaron dentro de cada tubo del digestor, se adicionó 2.5 g de mezcla catalizadora (2 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y 10 g de K_2SO_3) y 3.5 mL de H_2SO_4 concentrado, se procedió calentarlos hasta alcanzar una temperatura de 430 °C, durante 4 horas.

A continuación, se agregan 40 mL de agua destilada y 10 mL de NaOH al 40% (p/v) y las muestras se transfirieron a tubos aptos para el sistema de destilación Micro-Kjeldahl modelo DMK-01. El producto destilado se recuperó en un matraz Erlenmeyer de 125 mL con 5 mL de H_3BO_3 al 4% (p/v) y 2 gotas de indicador e Wesslow, hasta alcanzar un volumen de 50 mL. Por último, el producto destilado se tituló con HCl 0.02 N, registrando el volumen gastado durante la titulación.



Figura 24. Digestor Kjeldahl.



Figura 25. Destilador Micro-Kjeldahl.

6.3.5 Determinación de azúcares reductores directos

Los azúcares reductores se cuantificaron mediante el método de Fehling de acuerdo a la norma NMX-F-312-1978. En un matraz aforado de 100 mL se agregaron 5 g de muestra triturada en base seca, 3 mL de acetato de plomo al 3% y se procedió con

el afore con agua destilada. En un matraz Erlenmeyer de 500 mL se agregaron 5 perlas de ebullición, 5 mL del reactivo de Fehling A, 5 mL del reactivo de Fehling B y 200 mL de agua destilada y se calentó hasta llegar al punto de ebullición. Una vez que se encuentra en ebullición, se procede a titular con la mezcla previamente preparada (utilizando azul de metileno como indicador) hasta percibir una variación en el color azul de la solución.



Figura 26. Determinación de azúcares reductores método Fehling.

6.3.6 Determinación de fibra cruda

La fibra cruda se determinó mediante una digestión ácida y alcalina de acuerdo a la norma NMX-F-090-S-1978.

Se pesaron 3 g de muestra en base seca y se colocaron en un vaso de precipitado de 250 mL con 100 mL de H_2SO_4 al 1.25 % y 5 perlas de ebullición, se colocó en una parrilla hasta alcanzar el punto de ebullición, dejándolo así durante 30 min. Se retiró del calor, se procedió a filtrar y enjuagar la muestra con 200 mL de agua destilada.

El residuo obtenido se colocó nuevamente en el vaso de precipitado y se agregaron 100 mL de NaOH al 1.25 %, y se procedió de la misma forma como con el H_2SO_4 . Después de enjuagar el residuo con agua destilada caliente, se enjuagó con 50 mL de etanol al 70% tibio.

Posteriormente el residuo obtenido se depositó en crisoles, previamente puestos a peso constante, y se colocaron dentro de una estufa marca ECOSHEL modelo 9025H a 75 °C durante un día. Finalmente se incineraron en una mufla a 550 °C durante dos horas.



Figura 27. Mecanismo utilizado para la determinación de fibra cruda.

6.4 Pelado

Primero, los camotes fueron lavados, posteriormente se realizó el pelado (eliminación de la piel extra), se sometieron a un tratamiento térmico a base de vapor de agua durante un tiempo de exposición de 2 a 5 min dependiendo de cada variedad de camote, con la finalidad de facilitar la remoción de piel externa del tubérculo.

Los camotes fueron sometidos a una presión de 1.02 bar a 119 °C dentro de un recipiente de acero inoxidable sobre una rejilla para evitar el contacto directo de estos con el agua. Posteriormente, se concluyó la eliminación de la piel externa mediante la utilización de un pelador manual.



Figura 28. Mecanismo para la exposición al vapor.



Figura 29. Pelado manual.

6.5 Tratamiento con ácido ascórbico

Después del pelado los camotes se cortaron en rebanadas de aproximadamente 1 cm de grosor para ser sumergidas en una solución de ácido ascórbico durante un periodo de 20 min.

La concentración de la solución de ácido ascórbico para el camote amarillo y morado fue del 1 % (p/v), mientras que para el camote blanco fue del 2 % (p/v), esto con la finalidad de retardar el pardeamiento enzimático.



Figura 30. Rebanadas de camote en solución de ácido ascórbico.

6.6 Troceado

Posteriormente al tratamiento con ácido ascórbico, las rebanadas de camote se sometieron a un proceso de troceado para reducir su tamaño a trozos de

aproximadamente de entre 5 a 10 mm, mediante la utilización de una picadora eléctrica Hamilton Beach modelo 72600.



Figura 31. Proceso de troceado.

6.7 Secado

Para el proceso de secado, se pesaron aproximadamente 2 g de muestra en charolas (puestas previamente a peso constante), en estas se monitoreó cada 90 min la pérdida de peso de las muestras de camote, obteniendo así las curvas de secado.

El proceso de secado se realizó en un secador convectivo marca Lumistell modelo HTP-72, a una temperatura de 95 °C por un periodo de exhibición de 14 horas.



Figura 32. Secador convectivo Lumistell.

ETAPA 2

6.8 Molienda

Concluido el proceso de secado, se procedió a la obtención de las harinas mediante la molienda de la muestra seca con un molino de café y especias semi-profesional KRUPS GX4100, con cuchillas de acero inoxidable con función de pulso con una potencia de 200 w; con la finalidad de reducir el tamaño de partículas en la harina mayor a 0.016 in.



Figura 33. Molino semi-profesional KRUPS.

6.9 Tamizado

Las harinas obtenidas se sometieron a un proceso de purificación por densidad y tamizado de acuerdo al método 965.22 de la A.O.A.C. (1997), para obtener un tamaño promedio de partícula en cada una de las harinas obtenidas.

Se pesaron 100 g de harina y se hicieron pasar a través de una columna formada por 6 tamices Tyler con No. de mallas 40, 60, 80, 100, 120 y 200, con tamaños de partícula de 0.016, 0.0098, 0.0070, 0.0059, 0.0049 y 0.00299 in, respectivamente cada uno, estos se agitaron durante 5 min. Después de este tiempo se procedió a pesar cada una de las fracciones retenidas en cada tamiz.



Figura 34. Proceso de tamizado.



Figura 35. Fracción de muestra retenida en un tamiz.

6.10 Análisis fisicoquímico de las harinas

Para este análisis las harinas se sometieron a tres pruebas fisicoquímicas: humedad, acidez y pH.

6.10.1 Humedad

La determinación de la humedad se realizó de acuerdo al método 925.10 de la A.O.A.C. (1997).

Se pesaron 2 g de cada harina en charolas, las cuales fueron previamente puestas a peso constante, en una balanza marca ADAM modelo HCB 123, y se colocaron dentro de una estufa marca ECOSHEL modelo 9025H a 110 °C durante 2 horas.



Figura 36. Muestras de la prueba de humedad en harinas de camote.

6.10.2 pH

La determinación de pH en las harinas se realizó de acuerdo al método 943.02 de la A.O.A.C. (1997).

Se pesaron 10 g de harina y se mezclaron con 100 mL de agua a 25 °C (recién hervida) en un matraz Erlenmeyer de 125 mL, se dejó en reposo durante 30 min, agitando constantemente. Una vez transcurrido este tiempo se filtró el contenido del matraz y se procedió a medir el pH con un potenciómetro digital marca DENVER modelo 710, previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4.0 y 7.0.



Figura 37. Muestras para determinación de pH.

6.10.3 Acidez

La evaluación de la acidez en cada una de las harinas se realizó de acuerdo al método 939.05 de la A.O.A.C. (1997).

En un matraz Erlenmeyer de 250 mL se mezclaron 18 g de harina con 200 mL de agua libre de CO₂, se tapó con papel aluminio y se colocó en un baño maría a 40 °C durante 1 hora. A continuación, se procedió a filtrar 100 mL de la mezcla en un matraz Erlenmeyer de 125 mL, se adicionaron 3 gotas de fenolftaleína y se procedió a titular con KOH al 0.05 M hasta lograr un vire en la coloración que se mantuvo durante 30 seg.

Reportando el resultado en porcentaje de ácido málico utilizando el meq= 0.0067 de acuerdo a la NMX-F.102-S-1978.



Figura 38. Determinación de acidez.

6.11 Propiedades funcionales

Con la finalidad de conocer las características físicas en cada una de las masas de las diferentes harinas de camote, se realizaron pruebas de absorción, expansión cifra de Pelshenke, gluten húmedo y seco, para verificar su comportamiento reológico.

6.11.1 Absorción de agua

La absorción de agua es el volumen de ésta que requiere la harina para lograr la consistencia deseada en la masa; la cual es un parámetro muy importante a escala industrial (Serna, 2003).

Se pesaron 25 g de harina y se le agregó agua hasta formar una masa de consistencia adecuada, cuantificando el volumen total de agua que fue necesaria para la formación de dicha masa.



Figura 39. masas de harina de camote blanco y morado.

6.11.2 Prueba de expansión

Las propiedades fermentativas de una harina se concretan en la producción de gas durante la fermentación de la masa. Esta propiedad suele medirse mediante la agregación de levadura a la masa e incubándola a una temperatura de 30 °C.

Para esta prueba se molió en un mortero 1 g de sal y 2 g de azúcar, se mezclaron con 25 g de harina. Por otra parte, se diluyeron 2 g de levadura en la cantidad de mL de agua reportados en la prueba de absorción, y se procedió a amasar.

Una vez formada la masa se procedió a formar un pequeño cilindro con ella, reportando las medidas de altura y el diámetro de la base, posteriormente se colocó dentro de una copa volumétrica, se cubrió con papel aluminio. A continuación, se puso la copa en un baño maría a 30 °C durante un periodo de 1 hora, esperando su expansión. Después de este tiempo se midió nuevamente la altura y diámetros del cilindro, además del volumen (en caso de la deformación del cilindro de masa).



Figura 40. Sistema de incubación para la prueba de expansión.

6.11.3 Cifra de Pelshenke

Esta prueba tiene como finalidad determinar la estabilidad de una masa de trigo que sufre el proceso de fermentación, se observa el tiempo que tarda en desintegrarse una bola de masa sujeta a una fermentación bajo condiciones estandarizadas. (Serna, 2003).

La prueba de la cifra de Pelshenke se realizó de acuerdo al método 56-60 de la A.A.C.C. (1976).

Se pesaron 4 g de harina y se mezclaron con 2.2 mL de una suspensión de levadura al 10% a 28 °C, la cual se preparó previamente, se amasó y se formaron 3 bolitas del mismo tamaño. En un vaso de precipitado se 250 mL se colocaron 120 mL de agua a 30 °C y se mantuvieron así durante toda la prueba. Las 3 bolitas de masa se colocaron dentro del vaso y se activó el cronómetro al momento de la inmersión.

Se determinaron los tiempos de flotación (cuando la bolita de masa llega a la superficie del agua) y de desintegración (pérdida del contorno y desprendimientos de fragmentos de masa).



Figura 41. Muestras para la Cifra de Pelshenke.

6.11.4 Determinación de gluten húmedo y gluten seco

La determinación de gluten húmedo y seco en las harinas de camote se realizó de acuerdo a la norma NOM-086-SSA1-1994.

Para la determinación de gluten húmedo se pesaron 25 g de harina y se le adicionaron los mL de agua registrados en la prueba de absorción y 0.25 g de sal, se amasó hasta obtener una masa y se registró su peso. Una vez obtenida la masa se enjuago bajo un chorro de agua hasta obtener negativa la prueba de lugol. Se comprimió el gluten y se dejó reposar durante 30 min, posteriormente se registró su peso.

Para la determinación de gluten seco se colocó el gluten húmedo en charolas, previamente puestas a peso constante, y se colocaron dentro de una estufa marca RIOSSA modelo E51 a 110 °C durante 4 horas, transcurrido el tiempo se registró el peso.

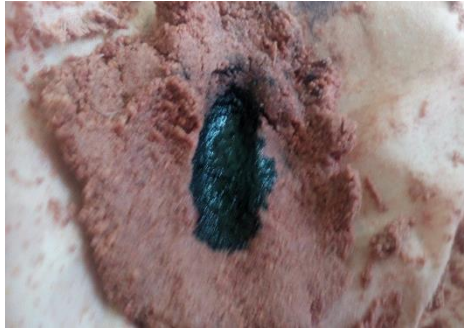


Figura 42. Prueba de lugol positiva en harina de camote morado.

6.12 Determinación de propiedades nutraceuticas

Se llevó a cabo la determinación de los pigmentos como los carotenoides y antocianinas presentes en las harinas de camote amarillo y morado respectivamente. Así como también se determinó la actividad antioxidante en las tres harinas de camote.

6.12.1 Determinación de antocianinas

La cuantificación de antocianinas presentes en la harina morada, se determinaron por diferencia de pH de acuerdo al método 2005.02 de la A.O.A.C. (2006).

Primero fue necesario la extracción de antocianinas, la cual se realizó de acuerdo al método descrito por Gorriti *et al.* (2009), en frascos color ámbar se pesó 1 g de harina de camote morado y se adicionaron 25 mL de solución etanólica al 20% con pH 2.0 y 4.0 ajustados respectivamente con ácido acético, se taparon y se dejaron en reposo durante 24 horas en refrigeración. Después de este tiempo los extractos obtenidos fueron filtrados y colocados en frascos ámbar limpios.

Para la cuantificación de antocianinas se prepararon dos soluciones buffer, la primera de cloruro de potasio a pH 1.0 y la segunda de acetato de sodio a pH 4.5. A continuación se realizó una disolución 1:4 con los extractos obtenidos previamente con cada una de las soluciones buffer, se dejaron reposar por 5 min y

se procedió a medirlas en celdas de vidrio en un espectrofotómetro de UV/Vis marca WPA Lightware modelo S2000 a las longitudes de onda de 510 y 700 nm. Para calcular la concentración de antocianinas se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 1. Pigmentos de antocianinas (mg)} = \frac{A * MW * DF * 10^3}{\epsilon * 1}$$

Dónde:

A= (A_{520nm} – A_{700nm}) pH 1.0 – (A_{520nm}-A_{700nm}) pH 4.5

MW = 449.2 g/mol de cianidina-3-glucósido (peso molecular)

DF = Factor de dilución

1 = Ancho de la celda

ε = 26900 coeficiente de extinción molar

10³ = Factor de conversión de g a mg

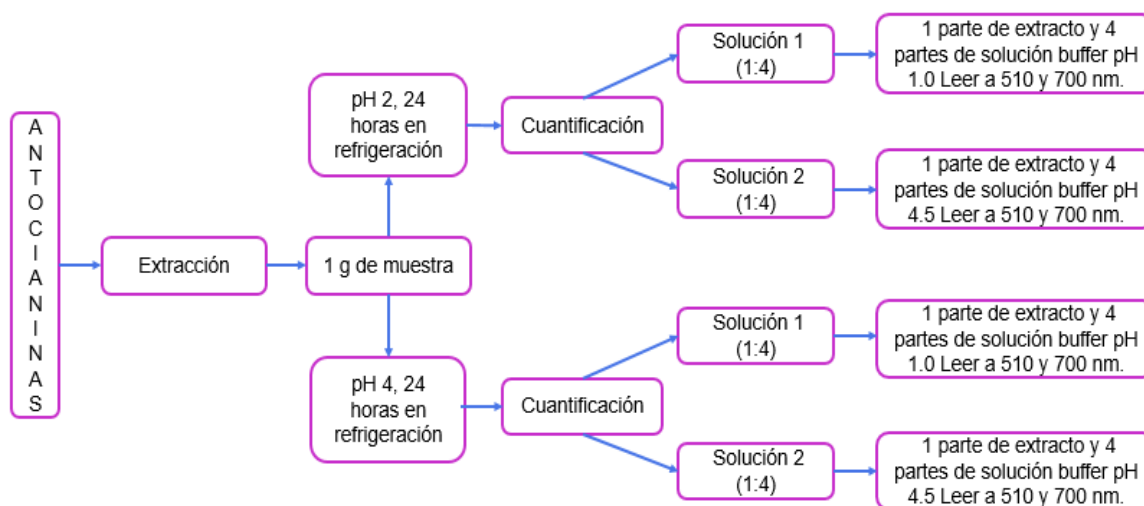


Figura 43. Diagrama para la determinación de antocianinas.



Figura 44. Extracción de antocianinas.

6.12.2 Determinación de carotenoides

El contenido de carotenoides totales presentes en la harina de camote amarillo se determinó mediante el método de *Lichtenthaler* de acuerdo a Figuroa *et al.* (2010).

Se pesaron 2 g de muestra y se colocaron en un mortero, se adicionó 1 g de arena de mar, 1 g de carbonato de calcio y 5 mL de acetona diluida al 80%, se mezcló perfectamente hasta obtener una masa homogénea.

La mezcla se vertió en un tubo falcón con tapa cubierto con papel aluminio, y se colocó en una centrifugadora marca HERMLE modelo Z200A a 3000 rpm durante 10 min. Después de este tiempo, se midió el volumen del sobre nadante y se adiciono acetona al 80% para tener un volumen final de 5 mL de muestra.

A continuación, se procedió a medir en celdas de vidrio en un espectrofotómetro de UV/Vis marca WPA Lightware modelo S2000 a las longitudes de onda 470, 645 y 662 nm. Para calcular la concentración de carotenoides se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ecuación 2. Clorofila } a (C_a) = (12.25 * A_{662}) - (2.79 * A_{645})$$

$$\text{Ecuación 3. Clorifila } b (C_b) = (21.50 * A_{645}) - (5.10 * A_{662})$$

$$\text{Ecuación 4. Clorofila total } (C_{a+b}) = (7.15 * A_{662}) - (18.71 * A_{645})$$

$$\text{Ecuación 5. Carotenos} = ((1000 * A_{470}) - (1.63 * C_a) - (104.96 * C_b)) * (221^{-1})$$



Figura 45. Preparación de la muestra para la determinación de carotenoides.

6.12.3. Actividad antioxidante por ABTS

De acuerdo con Arts *et al.*, 2003, este análisis sirve para cuantificar la capacidad de un compuesto antioxidante para captar el radical libre ABTS•+ (Ácido 2,2'-azinobis-[3-etilbenzotiazolin-6- sulfónico]). Este radical catión pre-formado por oxidación de ABTS con persulfato potásico, es reducido por la presencia de antioxidantes. Para ello se mide la decoloración producida con la mezcla del antioxidante y se valora frente a un control sin antioxidante. El radical produce una coloración verde-azul a través de la reacción que ocurre entre el ABTS y el persulfato de potasio.

Para la determinación de actividad antioxidante primero se realizó la extracción de los compuestos fenólicos de acuerdo al método de Abdel y Hucl (1999). Se pesaron 0.5 g de cada una de las harinas de camote en frascos color ámbar de 25 mL, posteriormente se les adicionaron 10 mL de metanol al 80 %, se taparon y se agitaron para homogeneizar las muestras. Los frascos ya homogeneizados se agitaron en una incubadora orbital marca Prendo modelo INO650V-7 durante un periodo de 16 h bajo condiciones de oscuridad. Concluido este tiempo se procedió a una centrifugación a 4000 rpm durante 20 min. Finalmente se tomó el sobrenadante y se colocó en frascos ámbar limpios para su posterior cuantificación.

Para la determinación de la actividad antioxidante con ABTS se preparó en un matraz aforado de 10 mL una solución madre de ABTS (7 mM, 0.0360g) y persulfato de potasio (2.45 mM, 0.0066g) diluidos con agua desionizada, esta solución se almacenó en completa oscuridad durante 12 h antes de su uso. Cabe mencionar que la solución es estable durante 7 días.

Posteriormente se tomaron 500 μ L de la solución madre de ABTS con persulfato de potasio y se aforaron a 50 mL con etanol al 96% para obtener una absorbancia final de 0.700 ± 0.002 a una longitud de onda de 734 nm. Para determinar la capacidad antioxidante de los fenoles obtenidos en las harinas de camote se efectuó una mezcla de 10 μ L de extracto más 990 μ L de solución de ABTS, que se leyeron a

734 nm tomando como tiempo cero al ABTS a 0.700 de absorbancia sin el extracto y posteriormente se tomó la lectura a los 7 min posteriores a la adición del extracto al ABTS.

Para obtener los equivalentes de Trolox/g de muestra, se realizó una curva estándar de Trolox preparada con etanol a concentraciones de 0 a 2.0 μM (Anexo A), para su lectura se tomaron 10 μL de trólox de cada una de las concentraciones más 990 μL de ABTS, se registró la absorbancia al tiempo cero y a los 7 min, y leer a 734 nm. El blanco utilizado fue 10 μL de etanol en 990 μL de ABTS. La concentración de equivalentes de trólox se calculó mediante la interpolación en la curva patrón de Trolox. El % de inhibición del ABTS por cada extracto se calculó con la siguiente ecuación:



Figura 46. Decoloración en el ABTS por presencia de compuestos antioxidantes.

ETAPA 3

6.13 Elaboración de muffins

De acuerdo a la Tabla 2, de la sección de diseño experimental, se elaboraron 6 variedades de muffins, además de un pan control, basándose en una receta tradicional de este producto como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Ingredientes para la preparación de muffins*

Ingrediente	Cantidad (gramos)
Harina de trigo	125
Leche pasteurizada	50
Leche evaporada	50
Azúcar	37.5
Huevo	25
Mantequilla	18.7
Aceite comestible de soya	18.7
Esencia de vainilla	10
Polvo para hornear	7.5
Sal	1.6

*Formulación para la elaboración de 6 muffins (Gisslen, 2010).

Todos los ingredientes, tanto polvos como líquidos, fueron pesados. Los ingredientes secos se cernieron y se colocaron en un bowl de acero inoxidable, por otra parte, todos los ingredientes de consistencia líquida, incluyendo la mantequilla (la cual fue derretida previamente) se mezclaron en una batidora Marca KinchenAid modelo K45sswh, una vez que los ingredientes líquidos se incorporaron perfectamente, la mezcla se vertió en los ingredientes secos, y se mezcló con una espátula hasta incorporarlos perfectamente.

A continuación, la mezcla se colocó en cada uno de los moldes para muffin (60 g de mezcla por cada muffin) y se procedió a hornearlos a una temperatura de 250 °C durante 25 min.



Figura 47. Elaboración de muffins con harina de trigo (pan control).

6.13.1 Diseño experimental

El modelo que se utilizó en el experimento es un diseño completamente al azar con arreglo factorial, donde se utilizaron 2 porcentajes de sustitución con cada una de las tres harinas de camote (amarillo, blanco y morado), con la finalidad de haber obtenido muffins de cada tipo de harina de camote (Tabla 2). Las variables de respuesta fueron: humedad, volumen, color y textura. Dando un total de 6 tratamientos, cada tratamiento se realizó por triplicado.

El análisis de datos se realizó mediante un ANOVA con un $\alpha = 0.05$ con la ayuda del Software MiniTab 17 Statistical, realizando la comparación por parejas con pruebas de medias y Tukey.

Tabla 2. Arreglo factorial de los tratamientos.

Harina de camote	% de sustitución de harina de camote	Variables dependientes
Amarilla	60	<ul style="list-style-type: none">• Humedad• Volumen• Color• Textura
	30	
Blanca	60	
	30	
Morada	60	
	30	



Figura 48. Muestras de muffins elaborados con harina de trigo y con sustitución de harina de camote

6.14 Evaluación de vida de anaquel

La calidad en los muffins se evaluó de acuerdo al método descrito por Camacho *et al.* (2007), teniendo en cuenta tres aspectos (variables): humedad, volumen y color; las cuales se monitorearon cada 3 días durante un periodo de 6 días, en el cada muffin se empacaron en papel plástico (para uso alimenticio) y se colocó en un recipiente plásticos (poliestireno), conservándolos a temperatura ambiente.



Figura 49. Muestras de muffins empacadas para su evaluación de vida útil.

6.14.1 Humedad

El contenido de humedad en los muffins se determinó por gravimetría de acuerdo al método 931.04 de la A.O.A.C. (2006). Reportando el resultado en porcentaje de pérdida de agua.

Se pesaron 2.5 g de cada uno de los muffins en charolas, previamente puestas a peso constante, en una balanza marca ADAM modelo HCB 123, y se colocaron dentro de una estufa marca ECOSHEL modelo 9025H a 75 °C durante 4 horas.



Figura 50. Determinación de humedad en muffins.

6.14.2 Volumen

La determinación del volumen en lo muffins se realizó de acuerdo al método descrito por Camacho *et al.* (2007).

Para ello se llenó completamente un recipiente con semillas de nabo silvestre, posteriormente se sumergió cada uno de los muffins dentro del recipiente y las semillas de nabo desplazada se colocaron en una probeta graduada para obtener el volumen ocupado por la muestra.



Figura 51. Semillas de nabo silvestre.



Figura 52. Determinación de volumen en muffins.

6.14.3 Color

La determinación de color en el producto se efectuó por medio de la reflectancia triestímulo usando un colorímetro marca Hunterlab modelo ColorFlex EZ, con el cual

se obtuvieron las lecturas de los parámetros L (Luminosidad), a (variación verde a rojo) y b (variación azul a amarillo), midiendo la corteza, la parte interna e inferior de cada muffin.

Con base a las coordenadas colorimétricas (L, a y b) se calculó la diferencia neta de color entre el punto inicial y final de almacenamiento de los muffins (Osuna *et al.*, 2013) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 6. Diferencia neta de color } (\Delta E) = \sqrt{(a - a_0)^2 + (b - b_0)^2 + (L - L_0)^2}$$

Dónde:

a_0 , b_0 , L_0 : valores correspondientes al punto inicial del almacenamiento

a, b, L: valores correspondientes al punto final del almacenamiento



Figura 53. Colorímetro ColorFlex EZ.

6.14.4. Textura

En el pan la textura aparece como un indicador importante de frescura y calidad para el consumidor, por lo que es un factor esencial para la aceptación del producto en el mercado (Osuna *et al.*, 2013).

El análisis de textura de los muffins se realizó con un Texturómetro TA.XT.Plus 10917, utilizando una sonda de 25 mm de diámetro y con ayuda del software Texture Exponent, usando el test *Measurement of the firmness and springiness of muffins*. Evaluando los parámetros de fuerza y trabajo (área bajo la curva), los días 0 y 6.



Figura 54. Prueba de textura en muffins.

6.15 Análisis de resultados y selección de productos

En base a los resultados obtenidos del análisis estadístico, se seleccionaron los muffins con los mejores tratamientos de sustitución.

6.16 Evaluación del producto

A los muffins seleccionados se les realizó un análisis sensorial de aceptación, un análisis químico proximal para determinar su contenido nutrimental y la determinación de almidón disponible, con la finalidad de evaluar su índice glucémico.

6.16.1 Análisis sensorial

El análisis sensorial en el producto se llevó a cabo con una prueba afectiva (prueba de aceptación), con un panel no entrenado de 60 personas entre 18 y 25 años, pertenecientes a la Facultad de Ingeniería Química, que evaluaron los muffins mediante una escala hedónica de 6 puntos, calificando 5 atributos, tales como, color, olor, sabor, textura y apariencia (Anzaldúa, 1994), como se muestra en la Tabla 3.

Los muffins que resultaron con mayor aceptación fueron a los que se les realizó el análisis químico proximal y la determinación de almidón disponible.



Figura 55. Prueba sensorial de muffins.

Tabla 3. Formato para la prueba de evaluación sensorial.

	ATRIBUTOS														
	Color			Olor			Sabor			Textura			Apariencia		
	Muestra			Muestra			Muestra			Muestra			Muestra		
	250	409	556	250	409	556	250	409	556	250	409	556	250	409	556
Escala de medición															
Me disgusta mucho															
Me disgusta															
Ni me gusta ni me disgusta															
Me gusta ligeramente															
Me gusta															
Me gusta mucho															

6.16.2 Análisis químico proximal

El análisis químico proximal de los muffins se realizó de acuerdo a la metodología de la sección 7.3.

6.16.3 Cuantificación de almidón en los muffins

El método más apropiado para la cuantificación en los almidones es mediante la hidrólisis enzimática con α -amilasa, que solo hidroliza enlaces de los polisacáridos digeribles. Tras la hidrólisis, se cuantifica el contenido de glucosa por el método enzimático de la glucosa oxidasa-peroxidasa (Gil, 2010).

6.16.3.1 Almidón disponible en los muffins

Se empleó el método propuesto por Holm *et al.* (1986) para determinar la cantidad de almidón disponible con el que cuentan los muffins después del proceso de horneado. Se pesaron 500 mg de muffin en base seca en un matraz Erlenmeyer de 125 mL, se adicionaron 20 mL de agua desionizada y se calentó hasta alcanzar el punto de ebullición, dejándolo así durante 1 min, posteriormente se dejó enfriar la muestra a temperatura ambiente.

A la muestra pre-gelatinizada se le agregaron 100 μ L de α -amilasa termoestable (marca SIGMA-ALDRICH, A3306), colocándolo en un baño maría a ebullición durante 20 min, agitando cada 5 min hasta completar el tiempo. Transcurrido el tiempo se dejó enfriar la muestra a temperatura ambiente.

A continuación, la muestra hidrolizada se aforó a 100 mL con agua desionizada. En tubos de ensaye se colocó 1 mL de acetato de sodio al 0.1 M, 500 μ L de la solución hidrolizada y 25 μ L de amiloglucosidasa (marca SIGMA-ALDRICH, A9913). Se incubaron en un baño maría a 60 °C durante 30 min, agitando constantemente. Una vez transcurrido el tiempo se dejaron enfriar a temperatura ambiente.

Posteriormente el contenido de los tubos se aforó a 10 mL con agua desionizada. En tubos de ensaye se colocó 1 mL de GOD-POD (GOD-POD Líquido, marca SPINREACT) y 50 μ L de la muestra aforada y se incubaron a 37 °C durante 10 min.

Transcurrido el tiempo se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se procedió a leer las muestras en un espectrofotómetro marca BECKMAN COULTER modelo DU 720 a una longitud de onda de 510 nm en celdas estranguladas de plástico.

Para determinar el contenido de glucosa se utilizó glucosa oxidasa-peroxidasa (GOD-POD Líquido, marca SPINREACT) y se elaboró una curva patrón de glucosa, con concentraciones de 0 a 1 mg/mL (Anexo B).

Para el cálculo del porcentaje de almidón disponible se sustituyó el valor de glucosa ($\mu\text{g/mL}$), obtenido previamente, en la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 7. } \%AD = \frac{\frac{\mu\text{g}}{\text{mL}} \text{ de glucosa} * V * D * 0.9}{\mu\text{g de muestra}} * 100$$

Dónde:

V= 10 mL, volumen del ultimo aforo

D= 20, factor de dilución

0.9= Transformación de glucosa a glucano

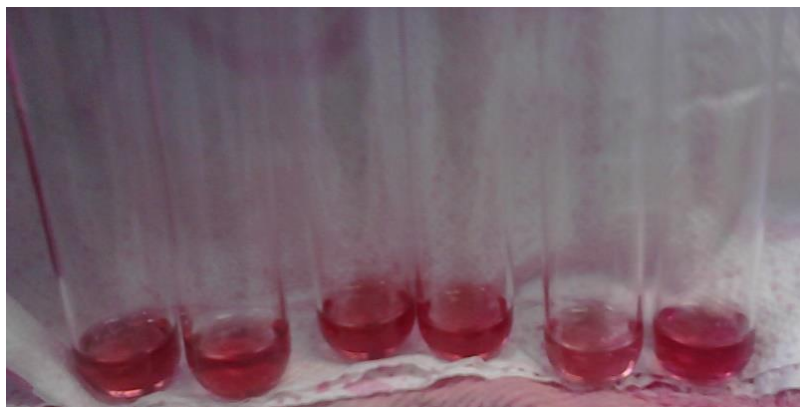


Figura 56. Determinación de glucosa en muestras de muffins.

6.16.3.2 Tasa de digestión del almidón *in vitro* en los muffins

Se realizó una digestión *in vitro* siguiendo el método propuesto por Holm *et al.* (1986) para cuantificar la cantidad de almidón disponible que se puede transformar en glucosa tras la ingesta del muffin, además se calculó el Índice Glucémico del producto.

Se pesaron 500 mg de almidón potencialmente disponible en un matraz Erlenmeyer de 125 mL, se adicionaron 50 mL de regulador fosfato (tampón fosfato) y se calentó hasta alcanzar el punto de ebullición, dejándolo así durante 1 min, posteriormente se dejó enfriar la muestra a temperatura ambiente.

Una vez que la muestra estaba fría se colocó en un baño maría a ebullición 37 °C durante 5 min agitando constantemente, se tomaron alícuotas de 200 µL y se colocaron en tubos de ensaye con tapa que contenían 800 µL de agua desionizada y 1 mL de DNS, estas alícuotas se tomaron como el tiempo cero.

Después de tomar las alícuotas, se adicionaron 100 µL de α -amilasa de *Bacillus licheniformis* (marca SIGMA-ALDRICH, A4862) al matraz que contiene la muestra de almidón, se incubó en un baño maría a 37 °C durante 90 min, agitando constantemente. Cada 15 min, se tomaron alícuotas de 200 µL, hasta completar los 90 min, las alícuotas se colocaron en tubos de ensaye con tapa previamente preparados con agua desionizada y DNS, como en el tiempo cero. Las alícuotas se tomaron en el orden en que se agregó la enzima, respetando intervalos de 30 segundos entre cada matraz.

Los tubos con las alícuotas se colocaron en un baño maría a ebullición durante 10 min, una vez transcurrido el tiempo, se dejaron enfriar y se les adiciono 15 mL de agua desionizada. Se homogenizo el contenido de los tubos y se procedió a leer las muestras en un espectrofotómetro marca BECKMAN COULTER modelo DU 720 a una longitud de onda de 530 nm en celdas de vidrio. Realizando previamente una curva de maltosa, con concentraciones de 0 a 2 mg/mL (Anexo C).

Para realizar los cálculos del porcentaje de hidrólisis del almidón disponible se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 8. } \% \text{ Hidrólisis} = \frac{\text{mg de maltosa} * 0.95 * 100}{0.2 * \text{peso de la muestra (mg)}}$$

Para obtener la predicción del índice glicémico (pIG) se aplicó la siguiente ecuación de regresión:

$$\text{Ecuación 9. } pIG = 0.862 * \%H + 8.198$$



Figura 57. Determinación de maltosa mediante digestión in vitro.

7. CAPÍTULO 3. RESULTADOS

7.1 Caracterización ponderal

La caracterización ponderal permitió determinar la morfología del tubérculo, para clasificar y seleccionar el camote antes de ser procesado.

La Tabla 4 muestra los promedios y desviaciones estándar del análisis ponderal de cada uno de los tres tipos de camote.

Tabla 4. Promedios y desviaciones estándar de los camotes amarillo, blanco y morado.

Camote		Peso (g)	Volumen (mL)	ANCHO (cm)			CIRCUNFERENCIA (cm)				
				Extremo 1	Centro	Extremo 2	Extremo 1	Centro	Extremo 2	Largo 1	Largo 2
Amarillo	Promedio	276.8	263.7	4.1	6.1	4.1	16.1	19.2	14.7	16.2	16.6
	$\sigma \pm$	117.72	141.47	0.88	0.84	1.07	2.31	2.43	3.14	4.69	4.54
Blanco	Promedio	258.4	186.0	3.3	5.4	3.7	12.6	17.9	14.9	18.5	17.6
	$\sigma \pm$	75.38	81.53	0.58	0.79	0.80	2.12	1.88	2.60	3.55	2.33
Morado	Promedio	184.8	192.7	3.3	4.2	2.9	10.8	14.3	10.6	19.5	19.8
	$\sigma \pm$	46.77	72.18	0.87	0.65	0.58	2.71	2.02	1.42	3.96	3.30

En esta tabla se puede apreciar que las desviaciones estándar más grandes se encuentran tanto en el peso como en el volumen, y que son menores en cuanto a las dimensiones de ancho y circunferencia.

Con base en estos resultados, se puede observar que el camote amarillo presenta en promedio una forma redonda, elíptica e irregular, presentando variaciones en el peso, volumen y en las dimensiones de ancho, así como circunferencia, al igual que el camote blanco.

Mientras que la morfología que predomina en el camote morado es: largo e irregular o curvado, de igual forma teniendo variaciones en el peso, volumen, dimensiones de ancho y circunferencia.

Además, se pudieron encontrar otras formas, aunque en menor proporción, como lo son la largo elíptica, elíptica, ovada y obovada.

Por otra parte, el camote amarillo y blanco presentan una mayor variación en cuanto al peso y el volumen de las raíces reservantes, siendo estas más pequeñas en el camote morado, indicando que la morfología en este tipo de camote es más consistente en comparación de los otros dos.

Esto se debe a que las raíces reservantes (tubérculos) de la *Ipomoea batatas* L. varían en su forma y tamaño de acuerdo al cultivar, al tipo de suelo donde la planta se desarrolla, además de otros factores. Siendo que el perfil de su forma es redondo, redondo-elíptico, elíptico, ovado, obovado, oblongo, oblongo alargado, elíptico alargado y curvado (Huamán, 1992).

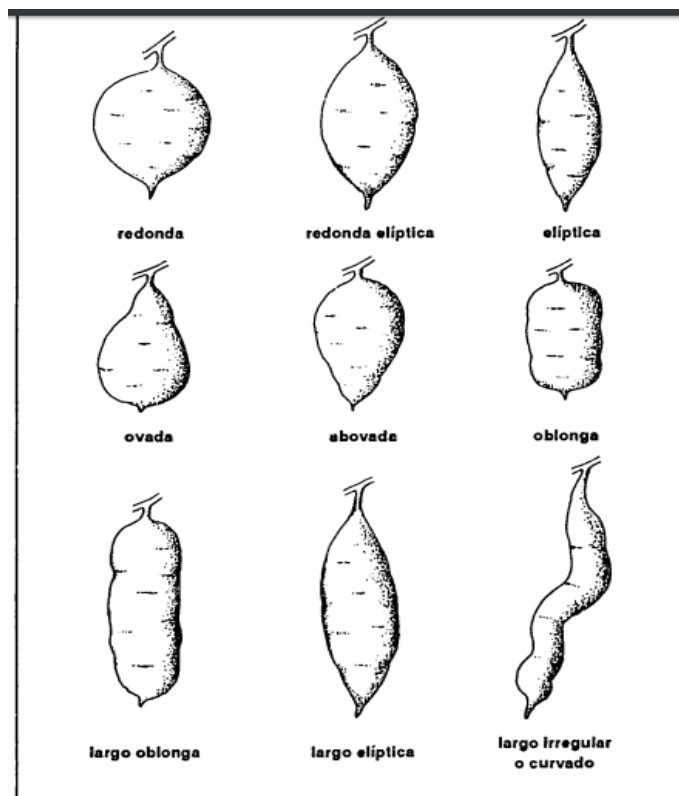


Figura 58. Diferentes formas de la raíz reservante de la *Ipomoea batatas* (Huamán, 1992).

7.2 Análisis químico proximal

Las pruebas para la determinación del químico proximal de las tres variedades de camote se realizaron por triplicado, reportando el promedio de los resultados, los cuales se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Contenido nutrimental por cada 100 g de camote de las diferentes variedades

CONTENIDO	Camote amarillo	Camote blanco	Camote morado	Camote (Linares <i>et. al.</i> , 2008)	Camote (FAO, 2014)
Humedad	70.73	68.20	69.81	74.00	72.84
Cenizas	1.86	1.08	1.15	0.50	0.95
Grasa	0.77	0.90	0.13	0.80	0.30
Proteína	2.77	2.97	3.10	1.20	1.65
Fibra	2.64	2.09	2.97	1.20	3.00
Carbohidratos	21.23	24.75	22.84	24.71	24.28

De acuerdo a la tabla anterior, se aprecia que el contenido de humedad en el camote amarillo, blanco y morado es de 70.73, 68.20 y 69.81 %, respectivamente, encontrándose por debajo de los valores reportados por Linares *et al.* (2008) de 74% y por la FAO (2014) de 72.84%.

En cuanto al contenido de cenizas, los valores obtenidos para las tres variedades de camote son superiores a los reportados en la bibliografía, los cuales son de 0.50 y 0.95%, indicando que el contenido de materia inorgánica (como minerales) en estos camotes es mayor. Esto se puede deber principalmente a las condiciones de cultivo (Hernández & Sastre, 1999).

En el contenido de grasa (extracto etéreo), se puede observar que de las tres variedades de camote el que contiene menos grasa es el camote morado con un 0.13 % de grasa siendo menor a los reportados por Linares *et al.* (2008) de 0.80% y la FAO (2014) de 0.30%, por otra parte, el camote blanco es el que contiene mayor cantidad de grasas con un 0.90 %, siendo mayor a lo reportado en bibliografía.

Con respecto al contenido proteico, las tres variedades de camote tienen un contenido superior al reportado en la bibliografía de 1.20 y 1.65% , siendo el camote morado el que presenta un mayor contenido de proteína con 3.10 %.

Los valores de proteínas de muchos alimentos varían en un corto intervalo (Pérez, 2013). El contenido de proteína en el camote se expresa como proteína total, debido a que en los análisis por el método Kjeldahl se obtiene la cantidad de nitrógeno total que es multiplicado por el factor correspondiente de 6.25, por lo tanto, no se considera el nitrógeno no proteico, lo que puede constituir una fuente de error. Además, la determinación de nitrógeno total incluye sustancias nitrogenadas no proteicas (urea, creatinina, ácido úrico, bases púricas y pirimídicas, entre otras) lo que puede conducir a error en los alimentos ricos como son el pescado, frutas, hongos, verduras y hortalizas (Pérez, 2013).

A su vez en el contenido de fibra, se observa que la diferencia entre las tres variedades de camote no es significativa, ya que el camote amarillo contiene 2.64 %, el camote blanco un 2.09 % y el camote morado un 2.97 %, pero en comparación con el valor de fibra dado por Linares *et al.* (2008) que es de 1.20 % resultaron ser mayores a este, mientras que la FAO (2014) reporta un valor de 3 %, siendo el camote morado el más cercano a este valor.

Por último, en el contenido de carbohidratos, el camote blanco es el que presenta un mayor contenido con 24.75 %, siendo este valor muy parecido a los reportados por Linares *et al.* (2008) y la FAO (2014), seguido por el camote morado con un 22.84% y finalmente el camote amarillo con un 21.23 %.

Las principales razones de la variación en el contenido de estos es que su acumulación en los vegetales puede estar condicionada por factores genéticos y ambientales (suelo, clima, entre otras condiciones), así como por el grado de maduración (Hernández & Sastre, 1999).

Las diferencias observadas en el contenido nutrimental de las tres variedades de camote entre sí y con respecto a las reportadas en la bibliografía se pueden deber

a que el agua es el constituyente de los alimentos que más modificaciones produce en el resto de los nutrientes (Pérez, 2013). Las mayores variaciones se han observado en vegetales (frutas y hortalizas) dependiendo del grado de maduración y de las condiciones de almacenamiento. Aquellos alimentos con menor porcentaje de agua producen menos variaciones en los nutrientes (Pérez, 2013).

7.3 Pelado

El proceso de pelado a base de vapor se realizó para facilitar la eliminación de la piel externa de los camotes. Con la finalidad de determinar las pérdidas causadas durante este procedimiento, se registró el peso de cada uno de los 15 camotes (amarillos, blancos y morados) analizados de manera ponderal después del proceso.

La Tabla 6 muestra los promedios y desviaciones estándar de los datos registrados durante este proceso para cada uno de los tres tipos de camote.

Tabla 6. Promedios y desviaciones estándar de las pérdidas registradas en el proceso de pelado.

Tipo de camote		Peso inicial (g)	Peso después del pelado (g)	Peso de la piel externa (g)	Pulpa (%)	Piel (%)
Amarillo	Promedio	276.8	249.2	27.6	89.7	10.3
	$\sigma \pm$	117.72	108.08	10.58	1.90	1.90
Blanco	Promedio	258.4	220.7	37.7	85.4	14.6
	$\sigma \pm$	75.38	64.19	12.57	1.73	1.73
Morado	Promedio	184.8	152.1	32.7	81.8	18.2
	$\sigma \pm$	46.77	42.14	6.31	3.03	3.03

Con base en los resultados de la tabla anterior se puede observar que en promedio las pérdidas generadas por el proceso de pelado en el camote amarillo son de 10.3 %, dejando un 89.7 % de la raíz reservante en buenas condiciones para su posterior uso.

Con respecto al camote blanco, en promedio las pérdidas generadas por el proceso de pelado son de 14.6 %, dejando 85.4% de la raíz reservante en buenas condiciones.

Por ultimo en el caso del camote morado se registró una pérdida promedio del 18.2 %, dejando un 81.8 % de la raíz reservante en buenas condiciones.

De acuerdo con los resultados anteriores, se puede observar que el camote morado es el que presenta una mayor pérdida durante el proceso de pelado, mientras que el camote amarillo es el que menos pérdidas registra.

Cabe mencionar que el pelado también incluyo la remoción de partes dañadas de los extremos del camote, lo que puede ser una causa del incremento y la diferencia entre las pérdidas durante este proceso entre cada una de las variedades de camote.

De acuerdo a Fellows (2000), durante el pelado térmico con vapor, si el sistema es controlado adecuadamente, las pérdidas son bajas, entre un 8 y 20%. Por lo tanto, el pelado de las tres variedades de camote resultó ser apropiado y controlado adecuadamente, debido a que las pérdidas generadas durante este proceso van desde un 10.3% hasta un 18.2 %.

Una de las ventajas que presenta este tipo de pelado, es que se puede aplicar a frutas u hortalizas con formas irregulares y tamaños no homogéneos (Fellows, 2000), como en el caso del camote, ya que como se observó en el análisis ponderal, la morfología del camote es diferente entre cada una de las variedades e incluso es diferente dentro de una misma variedad.

7.4 Secado

Durante el proceso de secado se monitorio periódicamente la pérdida de humedad en las tres variedades de camote, obteniendo así las curvas de secado que se presentan a continuación en la Figura 59:

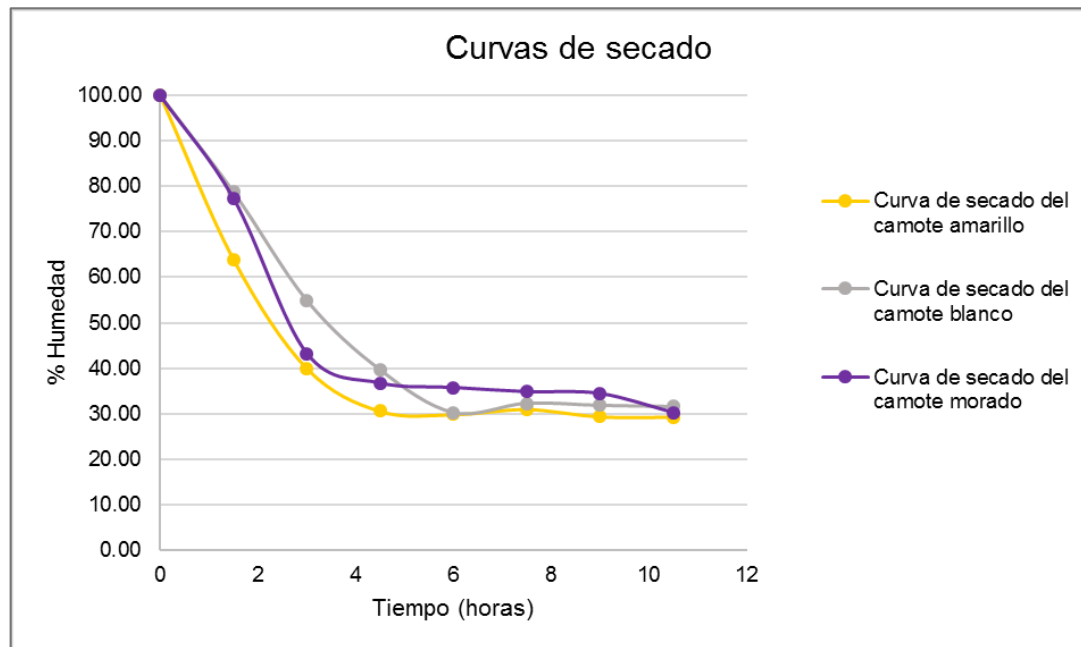


Figura 59. Curvas de secado de las tres variedades de camote a 95 °C.

La gráfica anterior muestra el porcentaje de humedad del camote a través del tiempo de secado. El tiempo cero muestra un 100 % de humedad en las muestras, esto se debe a que fue el momento en el que se inició el proceso de secado.

Puede observarse que durante las primeras 4.5 h del proceso, se aprecia una pérdida de humedad considerable, debido a que se logra llegar a una humedad del 30.56, 39.62 y 36.68 % en el camote amarillo, blanco y morado, respectivamente.

Posteriormente a este periodo, la pérdida de humedad es más lenta, esto se debe a que la materia se va compactando debido a la eliminación de agua libre, ocasionando un incremento de la concentración de los solutos del tejido, dificultando así la pérdida de agua (Costa *et al.*, 2004; The Nuffield Foundation, 1984).

La humedad final registrada en el proceso de secado en el camote amarillo fue del 29.27%, en el camote blanco del 31.54% y finalmente en el camote morado del 30.19 %, después de un tiempo total de secado de 10.5 h en el secador.

Este proceso nos brinda las características necesarias para proceder a la obtención de las harinas mediante la molienda.

Algunas ventajas del proceso de secado es que el oxígeno solo puede penetrar en el alimento muy lentamente (The Nuffield Foundation, 1984), lo que nos permite almacenar nuestra materia prima a temperatura ambiente, además de que se evita el crecimiento de microorganismos debido a la baja cantidad de agua.

7.5 Obtención de harinas (molienda y tamizado)

La molienda es una operación básica mecánica que puede ser a pequeña o gran escala, esta consiste en reducir el tamaño de partícula hasta convertirla en polvo mediante la trituración o el macheteo sin alterar la naturaleza de la materia prima (Yaque, 2013). Durante el proceso de tamizado se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 7. Porcentajes de harina retenidos en las diferentes mayas Tyler en 100 g de muestra

		Harina retenida (%)		
# Malla (Tamiz Tyler)	Apertura de malla (mm)	Harina CA	Harina CB	Harina CM
40	0.42	26.3	29.9	33.8
60	0.25	24.8	27.9	15.9
80	0.18	5.5	30.2	6.6
100	0.15	2.2	8.6	33.4
120	0.12	7.4	2.1	3.9
200	0.07	22.5	0.3	4.4
		11.1	0.01	2

CA= Camote Amarillo

CB= Camote Blanco

CM= Camote Morado

Basándose en los resultados de la tabla anterior, se observa que el tamaño de partícula entre las tres harinas de camote es diferente, siendo más fina la harina de

camote amarillo, dado que el 11.1 % logró pasar a través de la malla no. 200 (0.07 mm).

De acuerdo con la norma para la harina de trigo Codex STAN 152-1985 (OMS & FAO, 2007) en lo que respecta al tamaño de partícula, el 98 % de la harina de trigo deberá pasar a través de un tamiz con número de malla 70, con un tamaño de partícula de 0.21 mm, teniendo así que sólo el 43.2 % de la harina de camote amarillo, el 11.01 % de la harina de camote blanco y el 43.7% de la harina de camote morado, cumplen con estas especificaciones.

Por otra parte, la norma CODEX STAN 176-1989 (OMS & FAO, 2007) para la harina de yuca comestible, que al igual que el camote es una raíz reservante, la cual puede considerarse fina si mínimo el 90 % de la harina pasa a través de una malla con tamaño de partícula de 0.60 mm o gruesa si mínimo el 90 % de la harina de yuca pasa a través de una malla con tamaño de partícula de 1.20 mm.

Teniendo así que las harinas de camote se pueden considerar tanto como una harina fina o gruesa con respecto a la harina de yuca comestible, ya que el tamaño de partícula presente en estas harinas es menor a 0.60 mm, teniendo así un aprovechamiento del 100 % de las harinas de camote.

7.6 Análisis fisicoquímico de las harinas

El análisis de las propiedades fisicoquímicas de los alimentos es uno de los aspectos principales en el aseguramiento de su calidad. Este análisis desempeña un papel muy importante en el control del cumplimiento de los parámetros exigidos por los organismos de salud y también para el estudio de las posibles irregularidades como adulteraciones, falsificaciones, entre otras; tanto en alimentos terminados como en sus materias primas (Sanidad Alimentaria, 2014).

Para este análisis en las harinas de camote, fue necesario el estudio de dos harinas de trigo de marcas comerciales conocidas en el mercado para su adecuada comparación, las cuales se denominan como Harina de Trigo 1 y Harina de Trigo 2.

En la Tabla 8 se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico en las diferentes harinas de trigo y de camote.

Tabla 8. Resultados de las propiedades fisicoquímicas de las harinas de trigo y de camote

Harina	% Humedad	pH	% Acidez
Trigo 1	11.11 ± 0.12	6.66 ± 0.014	0.007 ± 0.001
Trigo 2	11.46 ± 0.09	6.42 ± 0.021	0.018 ± 0.001
Harina CA	5.12 ± 0.15	4.60 ± 0.0	0.030 ± 0.001
Harina CB	4.01 ± 0.26	4.38 ± 0.007	0.036 ± 0.00
Harina CM	4.90 ± 0.44	4.71 ± 0.028	0.007 ± 0.00

Con base a estos resultados, se aprecia que la humedad de las harinas de camote es menor a la de las harinas de trigo. La norma Codex STAN 152-1985 (OMS & FAO, 2007) establece que la harina de trigo deberá tener como máximo 15.5 % humedad, por lo tanto, ambas harinas de trigo se encuentran dentro de este parámetro, mientras que la norma CODEX STAN 176-1989 (OMS & FAO, 2007) establece que la harina de yuca comestible deberá tener como máximo un 13.0% de humedad, siendo en este caso que las harinas de camote se encuentran por debajo de lo establecido en dicho parámetro.

El pH de la harina de trigo se encuentra en el límite de 6.0 a 6.8 (Badui, 2006), valores presentados en las dos harinas de trigo, mientras que los valores de pH de las harinas de camote son inferiores a éstas, ya que oscilan entre 4.38 y 4.71; esto se debe a que el pH de las de las hortalizas generalmente se encuentra entre 5.0 y 7.0 (Boucher & Blanco, 1997).

Por otra parte, Pérez y Pacheco (2005) reportan un valor de pH de 5.5 en harina de batata (camote) de la variedad de color amarillo, sin embargo, el pH de las harinas de camote se encuentra por debajo de ese rango, lo cual puede ser a causa de que

el pH del camote pudo verse afectado por el tratamiento con ácido ascórbico que recibió previamente para evitar su pardeamiento enzimático.

La acidez en los alimentos se deriva básicamente de los ácidos orgánicos e inorgánicos que pudieran estar presentes. Está asociada con los grupos carboxílicos e hidrogenoides presentes y normalmente se determina mediante la titulación con un álcali fuerte, hasta el viraje de un indicador como fenolftaleína. Entre los ácidos más frecuentes en los alimentos que proporcionan características de sabor son los ácidos cítrico, láctico, málico y tartárico (Barreiro & Sandoval, 2006).

La norma Codex STAN 152-1985 (OMS & FAO, 2007) establece que la harina de trigo, en cuanto a acidez, deberá tener como máximo 70 mg por cada 100 g de harina respecto a la materia seca expresada como ácido sulfúrico, lo que equivale a un 0.07% de acidez, teniendo así, que todas las harinas cuentan con un valor inferior al establecido, debido a que las harinas de trigo cuentan con una acidez del 0.007 y el 0.018%, mientras que las harinas de camote cuentan con una acidez que oscila entre el 0.007 y el 0.036%, estando la acidez de todas las harinas por debajo de lo establecido en la norma.

Por su parte Pérez y Pacheco (2005) reportan un valor de 0.04 % de acidez en la harina de batata (camote) de la variedad de color amarillo, siendo así que la acidez en la harina de camote blanco es cercana a este valor, teniendo está una acidez del 0.036 %, seguida por la harina de camote amarillo con un 0.030 % y por último la harina de camote morado con un 0.007 %.

La determinación de la acidez en los alimentos es de suma importancia, dado que ésta también mide la presencia natural de la acidez libre en las grasas (ácidos grasos libres), es decir la suma de los ácidos grasos no combinados, resultado de la hidrólisis o descomposición lipolítica de algunos triglicéridos o de otros compuestos de interés biológico, como la vitamina A y los carotenoides. En ciertos alimentos no pueden contenerse ácidos grasos libres más allá de un límite

establecido, dado que éstos tienden a ser muy reactivos, especialmente si son insaturados, pues en contacto con el oxígeno del aire o la luz producen rancidez oxidativa, generando compuestos volátiles que imparten sabores y olores desagradables (Badui, 2006).

7.7 Propiedades funcionales

Las propiedades funcionales determinan la aplicación y uso de la materia prima, debido a que éstas afectan el procesamiento y el comportamiento en la matriz de un producto alimenticio (Pacheco, 2002).

Para el estudio de las propiedades funcionales de las harinas de camote, se realizó también el estudio de las dos harinas de trigo utilizadas en el análisis fisicoquímico, para la obtención de parámetros de calidad con respecto a productos comerciales, las cuales se denominaron como Harina de Trigo 1 y Harina de Trigo 2.

Tabla 9. Resultados de las pruebas de absorción de agua, prueba de expansión y determinación de gluten húmedo y seco en las harinas de trigo y camote

Harina	Absorción de agua (mL/g)	Prueba de expansión (%)*	% Gluten húmedo	% Gluten seco
Trigo 1	0.56	78.91	16.53	9.78
Trigo 2	0.6	73.45	22.35	13.10
Harina CA	0.8	30.32	---	---
Harina CB	1.12	36.89	---	---
Harina CM	1.20	21.84	---	---

*Porcentaje en el incremento de volumen en comparación con el volumen inicial.

Uno de los principales parámetros a evaluar en las harinas es la absorción de agua, el cual determina una consistencia adecuada de la masa, la cual está relacionada con la presencia de proteínas, contenido de almidón y fibra. Es un parámetro importante de procesamiento, tiene implicaciones en la viscosidad de las masas. También es esencial en el aumento de volumen y textura de los productos, así como en el proceso de cocción (Niba *et al.*, 2001).

Los resultados para la absorción de agua en las diferentes harinas indican que las harinas de camote requieren mayor cantidad de agua para lograr la formación de la masa en comparación con las harinas de trigo.

Una de las principales causas atribuida la variación entre las harinas de trigo y las harinas de camote es el contenido de carbohidratos, principalmente de almidón. Éste se encuentra en forma de gránulos, los cuales, durante los procesos de secado y molienda, resultan dañados, de manera que aumenta su capacidad de absorción de agua (Hernández, 2003).

Esto se debe a que, en el almidón dañado la absorción de agua por los componentes del gránulo (amilosa y amilopectina), se incrementan considerablemente (Kohli & Martino, 1998), presentando una mayor cantidad de sitios de adsorción (oxidrilos, –OH) disponibles para formar puentes de hidrógeno con el agua, siendo así más solubles en agua fría (Lima *et al.*, 2012).

Otro parámetro a destacar en las harinas es el porcentaje de contenido de gluten, el cual está conformado por gliadinas y gluteninas, que son proteínas presentes en el trigo, teniendo así un rol importante en la calidad panadera de la harina (Cardos *et al.*, 2000). Los porcentajes de gluten oscilan entre un 24 y un 28 %, teniendo como mínimo un 20% (SAGARPA, 2008).

El gluten debe ser de color amarillento o gris claro, de olor agradable y cierta consistencia elástica, aunque existe gluten que presentan baja elasticidad (gluten corto). El gluten malo es oscuro, de coloración café con leche o gris oscuro (Sancho, s.f.).

En cuanto a los resultados del porcentaje de gluten, se puede apreciar que este no se encuentra presente en las harinas de camote y que únicamente está en las harinas de trigo. Sin embargo, el contenido de gluten de las dos harinas de trigo difiere, dado que la harina de Trigo 1 cuenta con un 16.53 % de gluten húmedo y un 9.78 % de gluten seco, mientras que la harina de Trigo 2 tiene un 22.35 % de gluten húmedo y un 13.10 % de gluten seco.

La cantidad de gluten húmedo en la harina oscila entre 16 a 36 %. El límite inferior, cuando no se alcanza, da lugar a harinas no panificables. En cuanto al gluten seco, éste es aproximadamente la tercera parte del húmedo. La relación gluten húmedo a gluten seco varía de 2.5 a 3.3, según la calidad o poder de imbibición de agua del gluten. Cuanto mayor es el contenido de gluten húmedo a gluten seco, mejor es la calidad de la harina (Sancho, s.f.).

Por otra parte, una manera de comprobar la presencia o ausencia de gluten en las harinas se ve reflejada en la prueba de expansión, ya que las harinas de Trigo 1 y 2 reportan los porcentajes de incremento de volumen más altos, con un 78.91 y 73.45% respectivamente, en cambio las harinas de camote presentan un incremento de volumen menor entre un 21.84 a un 36.89 %.

Esto es debido a que durante el proceso de amasado el gluten adquiere las propiedades de elasticidad y extensibilidad, formando una red en torno a los almidones de la masa, la cual, durante el proceso de fermentación, atrapa las burbujas generadas por el dióxido de carbono, siendo este el responsable del esponjamiento (incremento de volumen) de la masa (Hernández, 2003).

Estas propiedades en el gluten se originan por la presencia de enlaces disulfuro intermoleculares (presentes principalmente en la gliadina) y de enlaces disulfuro intramoleculares (presentes principalmente en la glutenina) (Hernández, 2003).

Sin embargo, es importante que la cantidad de gluten específica la calidad de éste, determinándose mediante la prueba de fermentación o ensayo de Pelshenke. Los resultados obtenidos se presentan a continuación en la Tabla 10.

Tabla 10. Resultados de la Prueba de cifra de Pelshenke

Harina	T. Flotación (min)	T. Desintegración (min)
Trigo 1	0:01 ± 0:00	41:34 ± 1:22
Trigo 2	1:31 ± 0:32	46:03 ± 0:44
Harina CA	12:18 ± 3:56	11:09 ± 1:23
Harina CB	10:22 ± 0:28	10:39 ± 0:50
Harina CM	11:22 ± 0:44	11:26 ± 2:00

Con respecto a esta prueba, se puede apreciar que el tiempo de flotación para las harinas de camote es mayor en comparación con las harinas de trigo, esto puede deberse a la presencia del gluten, el cual atrapa las moléculas de CO₂ formadas durante en proceso de fermentación, lo cual permite que la masa pueda flotar en un tiempo menor en comparación con las masas que no contienen gluten.

Por el contrario, al comparar los tiempos de desintegración se observa que las harinas de camote se desintegran entre los 10 y 11 min aproximadamente, mientras que las harinas de trigo tardan entre 41 y 46 min, lo cual se debe de igual forma a la presencia y ausencia de gluten (Sancho, s.f.).

La diferencia entre el tiempo de desintegración de las harinas de trigo está ligada a la cantidad de gluten que contiene cada una de ellas. En base a la prueba de gluten húmedo y seco previamente realizada, se obtuvo que la harina de Trigo 1 contiene un 26.31 % de gluten, mientras que la harina de Trigo 2 obtuvo 35.45%.

De acuerdo a los parámetros establecidos en el método 56-60 de la A.A.C.C. (1976) y a los tiempos registrados en la prueba de desintegración de las masas de harinas de Trigo 1 y 2, estas se encuentran en la categoría de trigos suaves del tipo débil.

El gluten de alta calidad en panificación, permite obtener bolas de masa que flotan en un vaso de agua, sin romperse por más de 35 min (Sancho, s.f.).

7.8 Determinación de propiedades nutraceuticas

7.8.1 Determinación de antocianinas

Los resultados obtenidos en la determinación de antocianinas en la harina de camote morado se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Contenido de antocianinas en harina de camote morado

pH de extracción	Muestra (g)	Contenido total de antocianinas (mg/g)	Contenido de antocianinas por cada 100 g (mg)
2	1	0.319	31.9
4	1	0.827	82.7

Como se puede observar en la tabla anterior el pH óptimo para la extracción de los pigmentos de antocianinas en la muestra fue a pH 4, obteniendo 82.7 mg de antocianinas por cada 100 g de harina de camote morado.

Las antocianinas son más estables en un medio ácido que en un medio neutro o alcalino. Esto se debe a que el núcleo de flavilo es deficiente en electrones y por lo tanto es muy reactivo, siendo sensible a cambios de pH, teniendo efectos sobre la estructura y la estabilidad de las antocianinas. En soluciones acuosas a valores de pH inferiores a 2 básicamente el 100 % del pigmento se encuentra en sus formas más estables, ya sea en ion oxonio o catión flavilio (AH^+) de color rojo intenso (Badui, 2006; Hutchings, 1999)

Sin embargo, la mayor cantidad de antocianinas extraídas en este caso, se generó a un pH de 4, dado que las condiciones de extracción, tales como relación sólido-líquido, temperatura, tiempo, tipo de disolvente y concentración influyen en la estabilidad de las antocianinas, así como también en la concentración de antocianinas extraídas (Bridgers *et al.*, 2010).

Al comparar el contenido de antocianinas presentes en la harina de camote morado con el de otras frutas y hortalizas, se puede observar que esta contiene mayor cantidad en comparación de la cebolla morada, ciruela y col morada, las cuales tienen hasta 250 mg de antocianinas/Kg de producto (Horbowicz 2008), mientras

que la harina de camote morado obtuvo 827 mg/Kg, teniendo así hasta 3 veces más de estos pigmentos.

Por otra parte, la harina de camote morado puede tener aproximadamente la misma cantidad de antocianinas que la frambuesa negra y la zarzamora (mora), pues contienen entre 723 y 820 mg de antocianinas/Kg de producto (Horbowicz 2008). Sin embargo, el contenido de ésta es menor en comparación al que pueden tener la berenjena y la cereza, debido a que contienen 7500 y 4500 mg de antocianinas/Kg de producto, respectivamente (Horbowicz 2008).

Cabe mencionar, que el contenido de antocianinas presentes en todas estas frutas y hortalizas es en frutos frescos, mientras que, en la harina de camote morado, es en un producto derivado de diversos tratamientos, pero conserva una cantidad considerable de estos pigmentos.

7.8.2 Determinación de carotenoides

Los resultados obtenidos en la determinación de carotenoides en la harina de camote amarillo se muestran a continuación:

Tabla 12. Contenido de carotenoides totales y clorofila a, b y total.

Muestra	Contenido de Ca (µg/g)	Contenido de Cb (µg/g)	Contenido de Ct (µg/g)	Contenido TC (µg/g)	Contenido TC (µg/100g)
Harina de CA	0.324 ± 0.05	1.483 ± 0.12	-1.189 ± 0.09	4.003 ± 0.59	400.3 ± 0.59

Ca: Clorofila a.

Cb: Clorofila b.

Ct: Clorofila total.

TC: Total carotenoides.

En cuanto a carotenoides totales en la harina de camote amarillo se registró un contenido de 400.3 µg/100 g, el cual es menor en comparación con el contenido de carotenoides presentes en el camote fresco 3930 µg/100 g (Martín *et al.*, 2011).

La reducción en el contenido de carotenoides se puede deber a que estos presentan inestabilidad química asociada a la estructura insaturada, que los hace susceptibles a reacciones de oxidación favorecidas por las condiciones térmicas de procesamiento de los alimentos, ya sean no enzimáticas o debidas a enzimas como las lipoxigenasas, esto se presenta generalmente durante el secado de frutas y vegetales. Además, al igual que los lípidos, la oxidación de los carotenoides se acelera por la presencia de metales, así como de la presencia de luz (Belén *et al.*, 2004; Meléndez *et al.*, 2004).

Sin embargo, el contenido de carotenoides en la harina de camote amarillo es mayor en comparación con la de cereales como el trigo y el maíz, dado que estos contienen 30 y 100 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (Mínguez *et al.*, 2005), respectivamente, de tal manera que la harina de camote amarillo puede tener de 4 hasta 13 veces más contenido de carotenoides que las harinas provenientes de cereales, siendo así ésta una buena fuente de consumo para dichos compuestos que se puede incorporar en la dieta diaria.

7.8.3 Actividad antioxidante

La determinación de la actividad antioxidante se analizó a lo largo de todo el proceso en cada una de las variedades de camote, es decir, desde el tubérculo crudo hasta la elaboración de los muffins. Los resultados obtenidos se presentan en % de inhibición y μMol de Trolox/ g de muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Determinación de actividad antioxidante en las diferentes variedades de camote

	Variedad de camote					
	Amarillo		Blanco		Morado	
Tratamiento	% de inhibición	μMol Trolox/ g muestra	% de inhibición	μMol Trolox/ g muestra	% de inhibición	μMol Trolox/ g muestra
Crudo	16.43 \pm 0.84	326.48 \pm 16.78	4.26 \pm 3.26	82.97 \pm 65.12	24.68 \pm 1.08	491.54 \pm 20.49
Pelado	6.10 \pm 1.59	119.85 \pm 31.85	5.44 \pm 2.08	106.63 \pm 41.57	10.53 \pm 0.41	208.46 \pm 8.17
Ácido ascórbico	11.82 \pm 0.68	234.30 \pm 13.59	3.43 \pm 0.36	66.55 \pm 7.10	7.59 \pm 0.96	149.72 \pm 19.28
Harina	18.19 \pm 0.09	361.65 \pm 1.81	12.02 \pm 0.74	238.17 \pm 14.85	17.39 \pm 0.17	345.67 \pm 3.43
Muffin sustituido al 30%	4.67 \pm 0.45	91.22 \pm 8.91	9.55 \pm 1.01	188.81 \pm 20.18	5.31 \pm 1.54	104.15 \pm 30.76
Muffin sustituido al 60%	17.22 \pm 0.59	342.25 \pm 11.73	19.09 \pm 1.27	378.63 \pm 25.45	15.04 \pm 1.15	298.68 \pm 23.00

Promedios de tres repeticiones en cada muestra.

Con base a los resultados anteriores, se puede percibir que inicialmente de las tres variedades de camote, el morado es el que contiene mayor cantidad de compuestos antioxidantes con 491.54 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra, seguido por el amarillo con 326.48 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra, siendo así la variedad blanca la que tiene un menor contenido de antioxidantes con 82.97 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra.

En un estudio realizado por Bellail *et al.* (2012) cuantificaron la cantidad de compuestos antioxidantes en 4 variedades de camote de diferentes colores de pulpa provenientes de Egipto (Agricultural Experiment Station, Saba Basha, Alexandra University), en el cual obtuvieron un contenido entre 0.85–1.51 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra en camotes crudos, siendo estos valores inferiores al contenido encontrado en el camote blanco. Sin embargo, en otro estudio realizado por Teow *et al.* (2007) se analizó el contenido de compuestos antioxidantes en 19 variedades de camote, reportando 800–1610 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra, los cuales son mayores a los obtenidos en el presente estudio.

Esto se debe a que el nivel de compuestos fenólicos en frutas y vegetales es variable, numerosos factores pueden influir en su estabilidad, biosíntesis y degradación. Entre estos se incluyen factores genéticos, estado de desarrollo del producto, prácticas de cultivo, condiciones ambientales de pre-cosecha, características del almacenamiento, entre otros (Kalt, 2005; Lattanzio, 2003; Li *et al.*, 2012).

Posteriormente, durante el proceso de pelado, el contenido de compuestos antioxidantes de cada una de las variedades se ve afectado por el contacto directo con el vapor, haciendo que este disminuya considerablemente. En camote morado presentó 208.46 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra y el camote amarillo 119.85 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra, mientras que en el camote blanco tuvo 106.63 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra.

De igual forma, Bellail *et al.* (2012) analizaron el efecto de tratamientos térmicos en los camotes sobre el contenido de éstos compuestos, reportando que las muestras tratadas térmicamente se promueve una mayor extracción de compuestos de 3.08

a 5.66 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra, demostrando así que en este caso la cocción fue un factor a favor para incrementar la capacidad antioxidante de los tubérculos, situación semejante a lo que sucede en el camote blanco en el proceso de pelado.

Por otra parte, durante el tratamiento con ácido ascórbico el camote blanco y morado presentaron una menor capacidad antioxidante, la cual fue de 66.55 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra y 149.72 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra, respectivamente, mientras que en el camote amarillo se incrementó dicha propiedad a 234.30 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra.

El ácido ascórbico es considerado un potente antioxidante (Sánchez-Mata *et al*, 2000), sin embargo, solo favoreció el incremento de la capacidad antioxidante en el camote amarillo, actuando de forma contraria en el camote blanco y morado, esto puede deberse principalmente a la diferencia de pH, ya que como se mencionó anteriormente, en el caso de camote morado las antocianinas (flavonoides) se ven afectadas por el cambio de pH.

Después del proceso de secado, la capacidad antioxidante se incrementó en cada una de las harinas, en HCA 361.65 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra, HCB 238.17 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra y HCM 345.67 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra. Dicho incremento puede estar relacionado a la pérdida de agua lo que permite la concentración de los demás compuestos.

Finalmente, los muffins sustituidos al 30% registraron 91.22 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra con HCA, 188.81 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra con HCB y 104.15 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra con HCM, mientras que los muffins sustituidos al 60%, 342.25 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra con HCA, 378.63 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra con HCB y 298.68 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ muestra con HCM.

Estos cambios notables en el contenido de los compuestos antioxidantes se deben a que éstos son afectados por la aplicación de tecnologías de procesamiento, tales como el secado, congelado, prensado, tratamientos enzimáticos, fermentación, entre otros (Tomás & Espín, 2001).

En general se considera que los productos procesados presentan menor valor nutricional, que sus respectivos productos frescos. Esto puede deberse a reacciones químicas de degradación por el empleo de altas temperaturas o la lixiviación durante procesos como la descongelación por pérdida de la integridad estructural (Kalt, 2005). Sin embargo, se ha demostrado que el procesamiento puede inducir la formación de compuestos con nuevas propiedades antioxidantes o la liberación de compuestos fenólicos unidos a la matriz, conservando o incluso mejorando las propiedades antioxidantes del alimento (Nicoli *et al.*, 1997; Tomás & Espín, 2001).

7.9 Evaluación de vida de anaquel

Los datos obtenidos durante el periodo de vida de anaquel de los diferentes muffins se analizaron con ayuda del Software MiniTab 17 Statistical, reportando únicamente los promedios de cada uno de los parámetros evaluados en esta prueba. Los cuales se presentan a continuación:

Tabla 14. Evaluación de vida de anaquel del día 0

Parámetro/Formulación	Día 0						
	Control	HCA 30%	HCA 60%	HCB 30%	HCB 60%	HCM 30%	CHM 60%
Humedad(%)	22.29 ± 1.81 ^{ab}	18.89 ± 1.31 ^b	23.45 ± 0.12 ^{ac}	29.98 ± 0.66 ^d	31.42 ± 1.26 ^d	30.26 ± 0.13 ^d	26.25 ± 0.54 ^c
Volumen(mL)	125 ± 7.07 ^a	120.5 ± 12.02 ^a	122 ± 16.97 ^a	113 ± 1.41 ^a	120 ± 14.14 ^a	124 ± 4.24 ^a	113.5 ± 2.12 ^a
Fuerza (g) (Textura)	399.9 ± 4.47 ^a	466.55 ± 16.76 ^{ab}	452.90 ± 13.86 ^a	266.45 ± 12.80 ^c	365.95 ± 16.48 ^a	235.60 ± 24.75 ^c	301.40 ± 24.32 ^c
Trabajo (área bajo la curva) (Textura)	8871.32 ± 283.63 ^a	9113.31 ± 494.08 ^a	9176.80 ± 263.40 ^a	5431.43 ± 453.09 ^b	7816.23 ± 437.30 ^a	4749.69 ± 854.77 ^b	5867.60 ± 721.68 ^c

* a-d Las medias en un mismo renglón que no comparten una letra son significativamente diferentes (p<0.05).

HCA= Harina de camote amarillo

HCB= Harina de camote blanco

HCM= Harina de camote morado

Tabla 15. Evaluación de vida de anaquel del día 6

Parámetro/Formulación	Día 6						
	Control	HCA 30%	HCA 60%	HCB 30%	HCB 60%	HCM 30%	CHM 60%
Humedad(%)	24.21 ± 0.63 ^a	20.12 ± 1.11 ^c	23.69 ± 1.34 ^a	27.70 ± 0.42 ^b	25.09 ± 0.28 ^a	27.38 ± 0.08 ^b	25.09 ± 0.28 ^a
Volumen(mL)	112 ± 14.14 ^a	111 ± 7.07 ^a	100.5 ± 3.54 ^a	103.5 ± 0.71 ^a	107.5 ± 3.54 ^a	108 ± 4.24 ^a	107 ± 4.24 ^a
Fuerza (g) (Textura)	955 ± 117.7 ^a	1037.30 ± 139.87 ^c	1115.30 ± 161.64 ^c	778.30 ± 71.13 ^{ab}	904.65 ± 3.04 ^a	576.00 ± 29.70 ^b	728.95 ± 326.05 ^c
Trabajo (área bajo la curva) (Textura)	18376.40 ± 3991.28 ^a	21311.53 ± 2813.81 ^b	21755.91 ± 3525.41 ^b	15851.28 ± 2018.41 ^a	18286.91 ± 58.05 ^a	12126.42 ± 710.47 ^{ac}	15098.76 ± 7239.72 ^{ac}

* a-d Las medias en un mismo renglón que no comparten una letra son significativamente diferentes (p<0.05).

Tabla 16. Diferencia neta de color (ΔE) de los muffins durante el periodo de vida de anaquel

Parámetro/Formulación	Control	HCA 30%	HCA 60%	HCB 30%	HCB 60%	HCM 30%	CHM 60%
ΔE Superior	3.58 ± 0.13 ^a	6.05 ± 3.83 ^a	5.73 ± 0.41 ^a	6.52 ± 0.26 ^a	5.56 ± 1.55 ^a	8.79 ± 1.16 ^a	4.36 ± 2.25 ^a
ΔE Interno	3.03 ± 2.19 ^b	1.74 ± 0.86 ^b	3.84 ± 3.32 ^b	3.23 ± 1.38 ^b	1.21 ± 1.34 ^b	1.13 ± 0.22 ^b	2.02 ± 0.68 ^b
ΔE Inferior	9.81 ± 3.98 ^c	3.91 ± 2.79 ^c	3.86 ± 1.56 ^c	4.12 ± 1.44 ^c	3.52 ± 0.84 ^c	3.16 ± 0.47 ^c	4.52 ± 0.35 ^c

* a-d Las medias en un mismo renglón que no comparten una letra son significativamente diferentes (p<0.05).

Con base a los resultados del día 0, en cuanto a la humedad, se puede apreciar un incremento y diferencia significativa de la mayoría de las formulaciones de los diferentes muffins con respecto al pan control, a excepción del muffin con HCA al 30%, que presentó una humedad menor, siendo esta del 18.89 %.

Dicho incremento en la humedad se puede atribuir al mayor contenido de almidón que se presenta en cada una de las formulaciones, sin embargo, no en todos los casos este incremento fue directamente proporcional al aumento de sustitución de la harina de camote, dado que los muffins con HCM al 30 y 60% presentaron una humedad del 30.26 y 26.25 %, respectivamente. Teniendo así que los muffins que presentan semejanza con el pan control son los sustituidos con HCA al 30 y 60% y con HCM 60%.

En cuanto al volumen de los muffins, se observa una disminución con respecto al pan control, sin existir una diferencia significativa, pero al igual que la humedad, este no disminuye de manera proporcional al incremento de la sustitución con harina de camote, ya que en el caso de los muffins sustituidos con HCB al 30 % su volumen es de 113 mL, mientras que el sustituido al 60 % es de 120 mL.

Con respecto a la textura, está se determinó en base a los parámetros: fuerza y trabajo (área najo la cuerva), siendo los niveles de sustitución menos significativos y semejantes al pan control los muffins sustituidos con HCA al 30 y 60%, y con HCB al 60%. Mientras que los niveles de sustitución más significativos y diferentes son los muffins con HCB al 30% y HCM al 30 y 60%, debido a que estos tienen una miga más suave en comparación con el pan control.

Por otra parte, en la evaluación de los muffins en el día 6, se observó que la humedad de algunos de éstos se incrementa, mientras que en otros disminuye, esto puede deberse principalmente a las condiciones de humedad y temperatura no fueron controladas, puesto que se mantuvieron en condiciones de temperatura ambiente y no en una atmosfera controlada. En este caso los muffins que no presentaron diferencia significativa al ser similares al pan control fueron los sustituidos con HCA, HCB y HCM al 60%.

El volumen, al igual que en el día 0, no tuvo variaciones significativas con respecto al pan control. Sin embargo, se logra apreciar una reducción del volumen de cada uno de los muffins con respecto a su volumen inicial, siendo esta variación significativa. La pérdida del volumen va de un 5.72 % hasta un 17.62 %.

En relación con la textura, está si presentó diferencias significativas en los parámetros de fuerza y trabajo, siendo similares al pan control los muffins sustituidos con HCB al 30 y 60 % y con HCM al 30 % en cuanto a fuerza; mientras que los muffins sustituidos con HCB y HCM ambos al 30 y 60 % fueron semejantes al pan control con respecto al parámetro de trabajo.

De igual manera la textura de los muffins se ve afectada con respecto al día 0, presentando una variación significativa, puesto que hay incremento tanto en fuerza y trabajo de hasta 2.9 veces más con respecto a lo inicial.

Por último, la diferencia neta de color (ΔE) se determinó en tres partes diferentes de los muffins, en la parte superior, la parte interna y la parte inferior. Estas ΔE de color no presentan una diferencia significativa con respecto a los diferentes niveles de sustitución y tipos de harinas de camote con respecto al pan control, pero si presentan una diferencia significativa con respecto a cada muffin, es decir, que la ΔE Superior, la ΔE Interna y la ΔE Inferior en un muffin son completamente diferentes.

En general las ΔE Internas de todos los muffins son las que presentan menor variación, mientras que las ΔE Superiores son las que más diferencias muestran, esto puede deberse principalmente a que la luz afecta a los pigmentos como lo son los carotenoides y las antocianinas (Badui, 2006).

7.10 Análisis sensorial

Con base a los datos obtenidos en la evaluación de vida de anaquel, los muffins seleccionados para llevar a cabo el análisis sensorial se eligieron por los parámetros de fuerza y trabajo del día 0 (HCA al 30 y 60 %, y con HCB al 60 %).

Dicha evaluación se realizó mediante una escala hedónica de aceptación, los resultados se muestran en las Figuras 60, 61, 62, 63 y 64, que se presentan a continuación:



Figura 60. Evaluación del color en los muffins.

MHCA= Muffins con harina de camote amarillo y MHCB= Muffins con harina de camote blanco.

Al evaluar el color de los muffins, se muestra una diferencia considerable, dado que los panes que tuvieron una mejor aceptación visual entre el panel evaluador fueron los sustituidos con HCA al 30 y 60 %, con un 75 y 58 % de aceptación respectivamente.

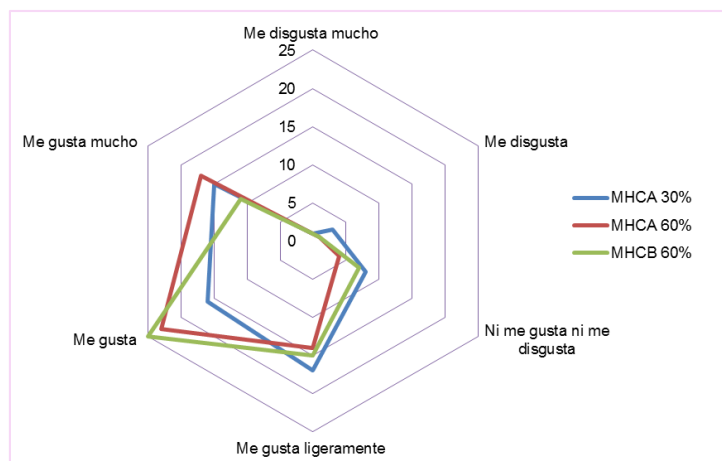


Figura 61. Evaluación del olor en los muffins.

En cuanto al atributo de olor, la diferencia de aceptación es mejor, ya que los tres muffins tuvieron un alto nivel de agrado entre el panel evaluador, con un porcentaje mayor al 50 %. Sin embargo, el muffin que fue más agradable al olfato entre los evaluadores fue el sustituido con HCA al 60 %, con un 66 % de aceptación.

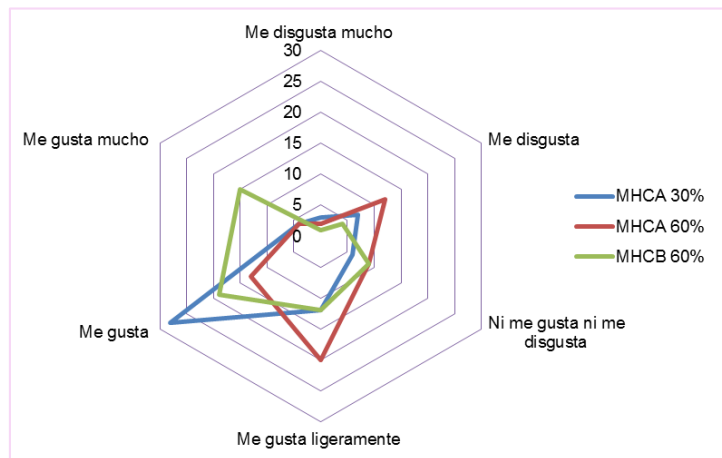


Figura 62. Evaluación del sabor en los muffins.

En este caso los muffins sustituidos con HCA al 30 % y HCB al 60 % fueron los que presentaron un mayor nivel de aceptación, con un 53 y 57 % de aceptabilidad entre los evaluadores.



Figura 63. Evaluación de la textura en los muffins.

Para este atributo, solo el muffin de HCA al 30 % presentó una aceptación de 56%, puesto que los evaluadores manifestaron que los muffins con HCA y HCB al 60% se desboronaban con mayor facilidad y siendo un poco más densos al masticar, de forma similar que productos elaborados con harinas integrales.



Figura 64. Evaluación de la apariencia en los muffins.

Con respecto a la apariencia, el muffin con HCA al 30 % tuvo una aceptación del 77%, seguido por el muffin de HCA al 60 % con un 55%.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos evaluados, se decidió que el parámetro para seleccionar los muffins con mejor aceptación entre el panel evaluador fuera el sabor, ya que este es un factor que difícilmente se puede modificar, siendo de esta manera los muffins con HCA al 30 % y HCB al 60 % los seleccionados para realizar posteriormente los análisis propios para la determinación de su contenido nutrimental (químico proximal) y la cuantificación de almidón (almidón disponible y tasa de digestión del almidón *in vitro*).

7.11 Análisis químico proximal de los muffins

Las pruebas para la determinación del químico proximal de los dos muffins seleccionados de la prueba sensorial se realizaron por triplicado, incluyendo también el muffin control para una tener datos de referencia. Reportando únicamente el promedio de los resultados, los cuales se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Contenido nutrimental por cada 100 g de cada uno de los muffins.

Muestra	Contenido					
	% Humedad	Cenizas (g)	Grasa (g)	Proteína (g)	Carbohidratos (g)	Fibra (g)
Muffin Control	22.45	4.07	19.57	13.36	36.38	4.18
Muffin HCA 30%	26.4	3.84	20.01	9.27	44.28	3.80
Muffin HCB 60%	23.64	4.68	17.91	6.73	50.76	3.71

HCA= Harina de camote amarillo

HCB= Harina de camote blanco

Se observa que el muffin con HCA al 30 % presenta un contenido de humedad con un 26.4%, seguido por el muffin con HCB al 60 % con 23.64 %, siendo el muffin control el que presenta la humedad más baja con un 22.45 %, este aumento en la humedad puede atribuirse al incremento en el almidón que como aporte de la harina de camote.

Pineda y Vázquez (2010), elaboraron un pan con un nivel de sustitución del 20 % con harina de papa, en el cual obtuvieron un contenido de humedad mayor en comparación de los de harina de camote (38.6 %).

En cuanto a cenizas, el muffin con HCA al 30 % es el que presenta menor contenido con 3.84 g, mientras que el muffin control y el de HCB al 60 % presentan un contenido de 4.07 g y 4.68 g, respectivamente; siendo mayores comparados con lo reportado por Pineda y Vázquez (2010), el cual presentó un contenido de 1.95 g.

Con respecto a las grasas, de igual forma el muffin con HCA al 30 % presenta el mayor contenido con 20.01 g, mientras que el muffin con HCB al 60 % contiene 17.91 g, quedando entre ambos el muffin control con 19.57 g. Estando todos por encima del valor registrado en el pan de Pineda y Vázquez (2010), el cual contiene 0.5 g de grasas.

Una de las posibles causas por la cual se presentó un mayor contenido de grasas en el muffin con HCA, es porque los carotenoides son pigmentos liposolubles, los cuales, al momento de la extracción de grasas, se ocasionó de forma indirectamente indirecta la extracción de estos pigmentos, los cuales pudieron afectar en la cuantificación de lípidos.

En relación con el contenido de carbohidratos, se puede observar que el contenido de estos aumenta de forma proporcional al aumento en el porcentaje de sustitución de la harina de camote, dado que el muffin control presentó un contenido de 36.38 g, el muffin con HCA 44.28 g y el muffin con HCB 50.76 g.

Teniendo el efecto opuesto en cuanto al contenido de fibra, ya que esta disminuye conforme aumenta el porcentaje de sustitución, teniendo en el muffin control 4.18 g, en el muffin con HCA 3.80 g y 3.71 g en el muffin con HCB.

Finalmente se aprecia que el contenido de proteínas de igual forma que la fibra, disminuye al aumentar el porcentaje de sustitución, teniendo 13.36 g en el muffin control, 9.27 g en el de HCA y 6.73 g en el de HCB, atribuido a la disminución en el contenido de gluten de los muffins.

7.12 Contenido de almidón disponible en los muffins

El contenido de almidón disponible se cuantificó en los muffins seleccionados del análisis sensorial, así como en un pan blanco de caja, como referencia. Las pruebas se hicieron por triplicado presentando únicamente el promedio de cada muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 18. Contenido de Almidón Disponible (AD) en panes

Muestra	Almidón Disponible (AD) %
PC	83.43
MC	64.85
MHCA 30%	69.63
MHCB 60%	64.28

PC= Pan blanco de caja

MC= Muffin control

MHCA= Muffin con harina de camote amarillo

MHCB= Muffin con harina de camote blanco

En lo que respecta al contenido de almidón disponible, se puede ver que el pan blanco de caja (PC) es el que presenta un mayor porcentaje con un 83.43%.

El muffin control presenta un 64.85 % de almidón disponible, mientras que el sustituido con HCB presentó un contenido similar (64.28 %); y el sustituido con HCA tiene un contenido mayor comparado con los demás muffins sustituidos (69.63 %). Estas variaciones en contenido de AD en los panes, depende no solo de la composición nutricional de cada uno de ellos, sino también a de qué manera el calor afecta durante el proceso de horneado al almidón presente en éstos.

La cantidad de almidón disponible nos indica la cantidad que puede ser digerida por completo, es decir, que la otra parte resiste el ataque enzimático y no puede ser absorbido a nivel del tracto gastrointestinal (Barrera *et al.*, 2004).

En un estudio realizado por Soto (2010), se cuantificó la cantidad de almidón disponible en harinas de plátano verde (*Musa cavendishii*) y banana verde (*Musa paradisiaca*), obteniendo un contenido de 47.07 y 48.59 %, respectivamente.

Siendo estos datos menores a los obtenidos en los diferentes muffins, sin embargo, cabe mencionar que Soto (2010) solo realizó la cuantificación en la harina, sin llegar

a la elaboración de un producto de panificación, como lo realizado en el presente estudio.

7.13 Tasa de digestión del almidón *in vitro* en los muffins

El porcentaje de almidón hidrolizado y la predicción del índice glucémico (pIG) se presentan en la Figura 65 y la Tabla 19.

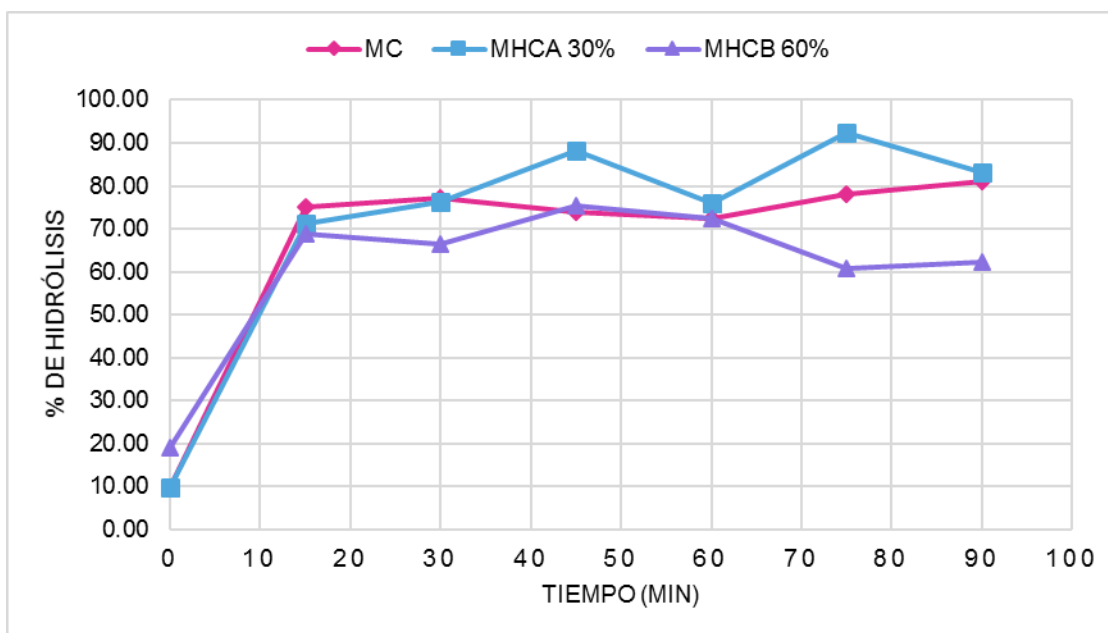


Figura 65. Hidrólisis del almidón en muffins elaborados con harina de camote.

Tabla 19. Predicción del índice glicémico al min 90 de la hidrólisis de almidón.

	MC	MHCA 30%	MHCB 60%
H90 (%)	81.03	83.06	62.23
pIG	78.05	79.80	61.84

MC= Muffin Control
 MHCA= Muffin con harina de camote amarillo
 MHCB= Muffin con harina de camote blanco

En cuanto a la hidrólisis de almidón en el muffin con HCA fue mayor en comparación con los otros dos muffins. Sin embargo, todas las tasas de digestión fueron superiores al 50 % a un tiempo de 90 min.

El porcentaje más importante de hidrólisis (H) del almidón es al min 90, siendo que el muffin control presentó un porcentaje de 81.03, lo que implica una pIG de 78.05,

el muffin con HCA sustituido al 30 % tiene un porcentaje de hidrólisis de 79.80, con una pIG de 79.80, ligeramente mayor en comparación con el muffin control, mientras que el muffin con HCB al 60 % presenta un porcentaje de hidrólisis menor con 61.84, y una pIG de 62.23.

De acuerdo a la clasificación de los alimentos en base a su índice glucémico, los tres muffins se consideran como productos de un alto IG. Sin embargo, el IG de los tres muffins son menores al del pan blanco sin gluten, el cual es de 90 (NUTRIMONT, 2004), siendo este uno de los productos con más alto IG.

Por su parte Romero *et al.* (2011), realizaron un estudio de hidrólisis de almidón y pIG en muffins sustituidos únicamente con fibra de naranja (gabazo), en el cual determinaron que muffins sustituidos al 10 % con fibra de naranja tienen un porcentaje de hidrólisis de almidón al min 90 de 45.6, teniendo una pIG de 75.8, mientras que en muffins sustituidos al 15 % obtuvieron un porcentaje de hidrólisis de 38.9, con una pIG de 70.4, siendo de igual manera productos de alto IG. Cabe mencionar que el porcentaje de hidrólisis a lo largo de los 90 min, se mantuvo por debajo del 50%.

Sánchez-Pardo *et al.* (2006), de igual forma realizaron la predicción del IG en panques cambiando las condiciones de elaboración, obteniendo así un IG de 41.40 para el panque convencional y un IG de 31.97 para panque en microondas. Cabe mencionar que en este caso no hay cambios en las formulaciones, si no únicamente en el proceso de cocción.

Estas variaciones presentes en las hidrólisis de cada tipo de muffin se deben a las diferencias de las características físicas del producto, tales como textura, tamaño de partícula y la viscosidad, así como las características intrínsecas tales como la estructura, además de las propiedades fisicoquímicas del sustrato de almidón (Romero *et al.*, 2011).

8. Conclusiones

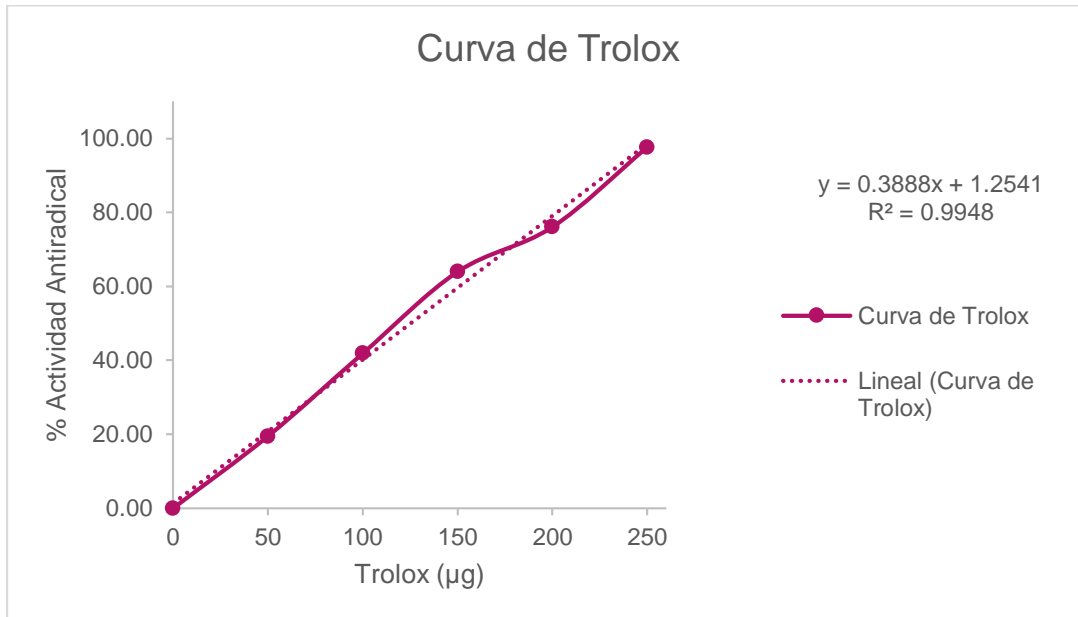
1. El camote es una raíz reservante con alto porcentaje de humedad y un alto contenido de hidratos de carbono, así como un escaso contenido de grasas, representando una buena fuente de energía para la dieta diaria.
2. El proceso de pelado se controló adecuadamente, ya que las pérdidas registradas durante este proceso fueron menores al 20%, mientras que el tratamiento con ácido ascórbico logró retardar el pardeamiento enzimático.
3. Después del proceso de secado, las harinas de camote conservaron su alto contenido de carbohidratos, siendo así una buena fuente de almidones. Además, su humedad es menor en comparación con las harinas de trigo, al igual que su acidez y pH, permitiendo que sean un alimento estable si se conservan adecuadamente.
4. A su vez, estas harinas requieren de mayor cantidad de agua para la formación de una masa, y no tienen un porcentaje alto de expansión como las harinas de trigo, dado que no contienen gluten.
5. El contenido de antocianinas en la harina de camote morado se encuentra en un valor medio, sin embargo, representan una buena fuente de estos compuestos ya que al ser un producto procesado conserva una cantidad considerable de antocianinas.
6. En cuanto a carotenoides en la harina de camote amarillo, ésta de igual forma representa una buena fuente de dichos compuestos, debido a que su contenido es mayor en comparación con las harinas de cereales como trigo y maíz.
7. A lo largo de todo el proceso, en cada una de las variedades de camote, se observa un cambio en la actividad antioxidante; en algunos casos esta se ve afectada de forma favorable, además de que se logra conservar hasta la elaboración de los muffins.
8. Se logró la elaboración de seis muffins con dos niveles de sustitución de harina de camote, presentando las mejores características, en cuanto a la vida de anaquel los muffins elaborados con HCA al 30 y 60 % y con HCB al 60 %, siendo aceptados sensorialmente, con respecto a su sabor, los muffins

sustituidos con HCA al 30 % y con HCB al 60 % presentaron mejores puntuaciones.

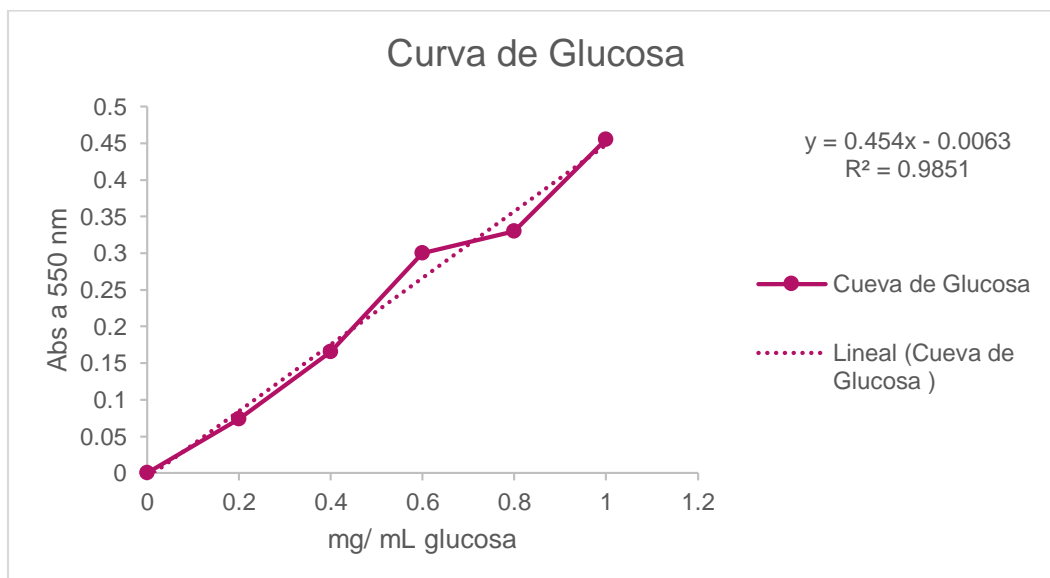
9. Dichos panes presentaron una reducción en su contenido de proteínas lo cual indica una disminución en su contenido de gluten, su porcentaje de almidón disponible es menor en comparación con un pan blanco de caja, sin embargo, la hidrólisis que presenta dicho almidón permite que tengan un IG menor al que puede tener un pan blanco sin gluten, siendo así estos una buena alternativa de consumo para personas celiacas y público en general.

9. Anexos

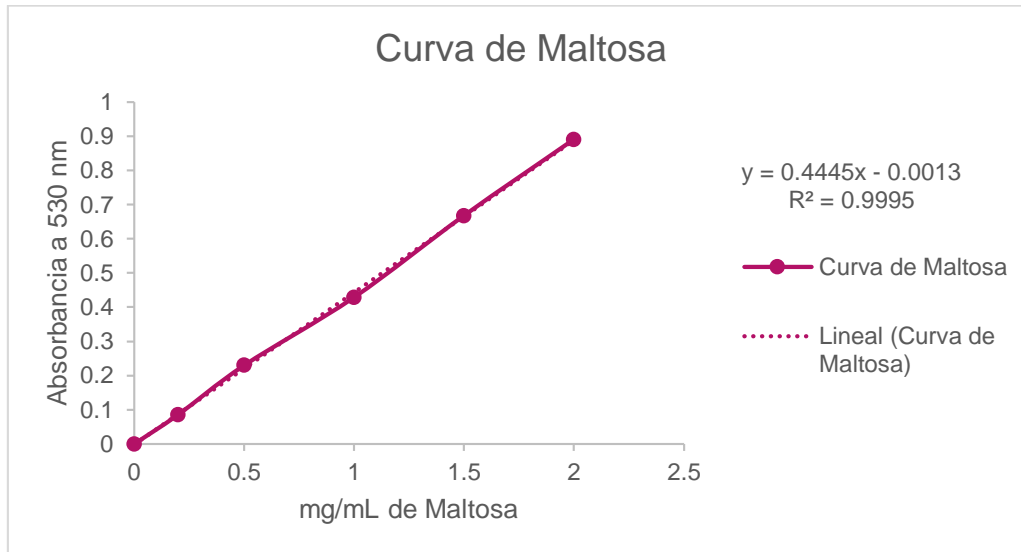
Anexo A. Curva de Trolox



Anexo B. Curva de glucosa



Anexo C. Curva de maltosa



Anexo D. ANOVA

Modelo lineal general: Fuerza vs. Formulación, Día

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Formulación	Fijo	7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Día	Fijo	2	0, 6

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	6	455776	75963	6.12	0.003
Día	1	1858429	1858429	149.69	0.000
Formulación*Día	6	65151	10858	0.87	0.537
Error	14	173812	12415		
Total	27	2553168			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
111.423	93.19%	86.87%	72.77%

ICs simultáneos de 95% de Tukey

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Fuerza, Término = Formulación*Día

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Formulación*Día	N	Media	Agrupación
3 6	2	1115.30	A
2 6	2	1037.30	A
1 6	2	955.05	A B
7 6	2	904.65	A B C
6 6	2	778.30	A B C D
5 6	2	728.95	A B C D E
4 6	2	576.00	B C D E F
2 0	2	466.55	C D E F
3 0	2	452.90	D E F
1 0	2	399.90	D E F
7 0	2	365.95	D E F
5 0	2	301.40	E F
6 0	2	266.45	F
4 0	2	235.60	F

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Modelo lineal general: Trabajo vs. Formulación, Día

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Formulación	Fijo	7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Día	Fijo	2	0, 6

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	6	166787147	27797858	4.08	0.014
Día	1	736070736	736070736	108.14	0.000
Formulación*Día	6	19146437	3191073	0.47	0.820
Error	14	95290417	6806458		
Total	27	1017294737			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2608.92	90.63%	81.93%	62.53%

ICs simultáneos de 95% de Tukey

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Trabajo, Término = Formulación*Día

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Formulación*Día	N	Media	Agrupación
3 6	2	21755.9	A
2 6	2	21311.6	A
1 6	2	18376.4	A B
7 6	2	18286.9	A B
6 6	2	15851.3	A B C
5 6	2	15098.8	A B C D
4 6	2	12126.4	A B C D
3 0	2	9176.8	B C D
2 0	2	9113.3	B C D
1 0	2	8871.3	B C D
7 0	2	7816.2	C D
5 0	2	5867.6	C D
6 0	2	5431.4	D
4 0	2	4749.7	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Modelo lineal general: Volumen vs. Formulación, Día

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Formulación	Fijo	7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Día	Fijo	2	0, 6

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	6	317.9	52.99	0.73	0.635
Día	1	1118.9	1118.89	15.38	0.002
Formulación*Día	6	147.4	24.56	0.34	0.906
Error	14	1018.5	72.75		
Total	27	2602.7			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
8.52936	60.87%	24.53%	0.00%

ICs simultáneos de 95% de Tukey

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Volumen, Término = Formulación*Día

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Formulación*Día	N	Media	Agrupación
1 0	2	125.0	A
4 0	2	124.0	A
3 0	2	122.0	A
2 0	2	120.5	A
7 0	2	120.0	A
5 0	2	113.5	A
6 0	2	113.0	A
1 6	2	112.0	A
2 6	2	111.0	A
4 6	2	108.0	A
7 6	2	107.5	A
5 6	2	107.0	A
6 6	2	103.5	A
3 6	2	100.5	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Modelo lineal general: Humedad vs. Formulación, Día

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Formulación	Fijo	7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Día	Fijo	2	0, 6

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	6	301.514	50.2523	72.52	0.000
Día	1	16.289	16.2893	23.51	0.000
Formulación*Día	6	46.813	7.8021	11.26	0.000
Error	14	9.701	0.6930		
Total	27	374.317			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.832441	97.41%	95.00%	89.63%

ICs simultáneos de 95% de Tukey

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Humedad, Término = Formulación*Día

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Formulación*Día	N	Media	Agrupación
7 0	2	31.4177	A
4 0	2	30.2622	A B
6 0	2	29.9829	A B
6 6	2	27.7006	B C
4 6	2	27.3826	B C D
5 0	2	26.2468	C D E
7 6	2	25.0883	C D E F
1 6	2	24.2111	D E F
5 6	2	24.1776	D E F
3 0	2	23.4525	E F
3 6	2	23.1885	E F G
1 0	2	22.2927	F G
2 6	2	20.1185	G H
2 0	2	18.8905	H

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Modelo lineal general: ΔE Superior vs. Formulación

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Formulación	Fijo	7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	6	33.17	5.528	1.63	0.268
Error	7	23.74	3.391		
Total	13	56.91			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1.84157	58.28%	22.53%	0.00%

ICs simultáneos de 95% de Tukey

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = ΔE Superior, Término = Formulación

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Formulación	N	Media	Agrupación
6	2	8.78906	A
4	2	6.51526	A
2	2	6.04683	A
3	2	5.73074	A
5	2	5.55554	A
7	2	4.36203	A
1	2	3.57640	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Modelo lineal general: ΔE Interior vs. Formulación

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Formulación	Fijo	7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	6	13.44	2.241	0.76	0.625
Error	7	20.74	2.962		
Total	13	34.18			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1.72112	39.33%	0.00%	0.00%

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = ΔE Interior, Término = Formulación

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Formulación	N	Media	Agrupación
3	2	3.83831	A
4	2	3.22885	A
1	2	3.02638	A
7	2	2.01777	A
2	2	1.73509	A

5	2	1.20679	A
6	2	1.12847	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Modelo lineal general: ΔE Inferior vs. Formulación

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Formulación	Fijo	7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	6	63.09	10.515	2.52	0.126
Error	7	29.17	4.167		
Total	13	92.26			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2.04143	68.38%	41.28%	0.00%

ICs simultáneos de 95% de Tukey

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = ΔE Inferior, Término = Formulación

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Formulación	N	Media	Agrupación
1	2	9.80884	A
7	2	4.51702	A
4	2	4.12262	A
2	2	3.90912	A
3	2	3.85785	A
5	2	3.52449	A
6	2	3.16381	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

10. Bibliografía

Artículos de Revistas

1. Aguilera Ortiz , M., Reza Vargas, M., Chew Madinaveitaia , R., & Meza Velázquez , J. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad de Sonora*, 13(2), 16-22.
2. Akubor, P. I. (Diciembre de 2014). Efecto del tratamiento con ácido ascórbico y ácido cítrico en las propiedades funcionales y sensoriales de harina de papa dulce. *Industria Alimentaria*, 22-32.
3. Arteaga Llona, A. (2006). El Índice glicémico. Una controversia actual. *Nutrición Hospitalaria*, 21(2), 55-60.
4. Arts, M., Haenen, G., Voss, H. P. and Bast, A. Antioxidant capacity of reaction products limits the applicability of the trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay. *Food and Chemical Toxicology*, 2003. 42: 45-49.
5. Belén Camacho, D. R., Moreno Álvarez, M. J., Alemán, R., & Álvarez, F. (Julio de 2004). Efecto de la temperatura de secado sobre la degradación de carotenoides en frutos de coroba (*Jessenia polycarpa* Karst). *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 4(3), 206-210.
6. Bellail, A., Shaltout, O., Youssef, M., & El Gamal, A. (April de 2012). Effect of Home-Cooking Methods on Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) Cultivars Grown in Egypt. *Food and Nutrition Sciences*, 3(4), 490-499.
7. Biruete Guzmán, A., Juárez Hernández , E., Sieiro Ortega , E., Romero Viruegas , R., & Silencio Barrita , J. (Mayo-Junio de 2009). Los nutraceuticos. Lo que es conveniente saber. *Revista Mexicana de Pediatría*, 76(3), 136-145.
8. Bridgers, E.N.; Chinn, M.S.; Truong, V.D. (2010). Extraction of anthocyanins from industrial purple-fleshed sweetpotatoes and enzymatic hydrolysis of residues for fermentable sugars. *Industrial*, en: *Crops and Products*, 32 (3): 613–620.

9. Cardos, M., Lupano, C., & Añon, M. (2000). Caracterización proteica y calidad panadera de diferentes pasajes de molienda de trigo argentino. *Información Tecnológica*, 11(6), 53-58.
10. Figueroa, I., Martínez, M., Rodríguez, E., Colinas, M., Valle, S., Ramírez, S., & Gallegos, C. (Octubre-Noviembre de 2010). Contenido de pigmentos, otros compuestos y capacidad antioxidante en 12 cultivares de tuna (*Opuntia* spp.) de México. *Agrociencia*, 44(7), 763-771.
11. Garzón, G. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 27-36.
12. Gorriti G., A., Quispe J., F., Arroyo A., J., Córdova R., A., Jurado T., B., Santiago A., I., & Taype E., E. (2009). Extracción de antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. "Máiz morado". *CIENCIA E INVESTIGACIÓN. FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA UNMSM*, 12(2), 64-74.
13. Hernández, P., Mata, C., Lares, M., Velazco, Y., & Brito, S. (2013). Índice glicémico y carga glucémica de las dietas de adultos diabéticos y no diabéticos. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 26(1), 5-13.
14. Horbowicz, M., Kosson, R., Grzesiuk, A., & Debski, H. (Julio de 2008). anthocyanins of fruits and vegetables - The occurrence, analysis and role in human nutrition. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 68, 5-22.
15. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ). (Enero/Febrero 2013). Evolución de los Productos sin gluten y el estudio de enfermedad celiaca. *Industria Alimentaria*, 32-37. Alfa Editores Técnicos.
16. Kalt, W. (2005). Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. *J. Food Sci.* 70(1), R11-R19.
17. Laguado, N., Pérez, E., Alvarado, C., & Marín, M. (1999). Características fisicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla Roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 16, 382-397.

18. Lattanzio, V., Di Venere, D., Linsalata, V., Bertolini, P., Ippolito, A., Salerno, M. (2001). Low temperature metabolism of apple phenolics and quiescence of *Phlyctaena vagabunda*. *J. Agric. Food Chem.* 49(12), 5817-5821.
19. Li, H., Tsao, R., Deng, Z. (2012). Factors affecting the antioxidant potential and health benefits of plant foods. *Can. J. Plant Sci.* 92(6), 1101-1111.
20. Lima CHAM, Ascheri DPR & Bastos SMC (2012) Características de adsorção de água de farinhas cruas e pré-gelatinizadas de duas variedades de arroz de terras altas. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 30:91-102.
21. Linares, E., Bye, R., Rosa R., D., & Pereda M., R. (2008). El Camote. *Biodiversitas* 81. CONABIO.
22. Meléndez Martínez , A., Vicario , I., & Heredia, F. (Junio de 2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *ALAN (Archivos Latinoamericanos de Nutrición)* [online], 54(2), 209-215.
23. Martín , H., Corbino , Corbino, G., & Chludil, H. (Febrero-Marzo de 2011). La batata: el redescubrimiento de un cultivo. *Ciencia Hoy*, 21(121), 17-23.
24. Niba, L.L., Bokonga, M.M., Jackson, E.L., Schlimme, D.S., Li, B.W., 2001. Physicochemical properties and starch granular characteristics of flour from various *Manihot esculenta* (cassava) genotypes. *J. Food Sci.* 67 (5), 1701–1705.
25. Nicoli, M., Anese, M., Parpinel, M., Franceschi, S., Lerici, C. (1997). Loss and/or formation of antioxidants during food processing and storage. *Cancer Letters*, 114(1), 71-74.
26. Pacheco de Delahaye, E. (2002). Efecto de tratamientos térmicos sobre las propiedades funcionales de concentrado protéico de salvado de arroz. *Información tecnológica*, 13(4), 7-10
27. Pérez, E., & Pacheco de Delahaye, E. (Marzo de 2005). Características químicas, físicas y reológicas de la harina y el almidon nativo aislado de *Ipomoea batatas* Lam. *Acta Científica Venezolana*, 9-15 .

28. Pérez Grana, R. (Abril-Junio de 2013). Exactitud de las tablas de composición de alimentos en la determinación de nutrientes. *Sanidad Militar. Revista de Sanidad de las Fuerzas Armadas de España* , 69(2), 102-111.
29. Pérez Leonard, H. (Septiembre-Diciembre de 2006). Nutracéuticos: componentes emergentes para el beneficio de la salud. *Instituto Cubano de Investigación de los Derivados de la Caña de Azúcar*, 40(3), 20-28.
30. Pineda Muñoz, B., & Vázquez Chávez , L. (2010). XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de alimentos. Evaluación fisicoquímica y sensorial de pan suplementado con diferentes concentraciones de harina de papa (págs. ES511-ES515). Guanajuato, Guanajuato: Universidad de Guanajuato .
31. Ramírez Hernández, J. H., García Flores, C. F., Vizcaíno Reséndiz, J. A., Mariel Cárdenas, J., Gutiérrez Cantú, F. J., Mariel Murga, H., & Villagrán Rueda, S. (Mayo-Agosto de 2012). ¿Qué son y para qué sirven los antioxidantes? *La Ciencia y el Hombre (Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana)* [online], 25(2).
32. Romero López , M., Osorio Díaz, P., Bello Pérez , L., Tovar Juscelino, & Bernardino Nicanor, A. (2011). Fiber Concentrate from Orange (*Citrus sinensis* L.) Bagase: Characterization and Application as Bakery Product Ingredient. *Internacional Journal of Molecular Sciences*, 12, 2174-2186.
33. Sánchez-Mata, M., Cámara-Hurtado, M., Díez-Marqués, C., Torija-Isasa, M. (2000). Comparison of high-performance liquid chromatography and spectrofluorimetry for vitamin C analysis of Green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Eur. Food Res. Technol.* 210(3), 220-225.
34. Sánchez-Pardo, M., Ortiz Moreno, A., & Mora Escobedo, R. (Abril de 2006). Evaluación de la predicción del índice glucémico en panqué procesado con microondas y convencionalmente. IV Congreso Internacional XV Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica.
35. Soto Azurduy, V. (Diciembre de 2010). Ciantificación de almidon total y de almidon resistente en harina de platano verde (*Musa cavendishii*) y banana verde (*Musa paradisíaca*). *Revista Boliviana de Química*, 27(2), 94-99.

36. Teow, C., Truong, V.-D., McFeeters, R., Thompson, R., Pecota, K., & Yencho, G. (2007). Antioxidant activities, phenolic and B-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chemistry*, 103, 829-838.
37. Tomás-Barberán, F., Espin, J. (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *J. Sci. Food Agr.* 1(9), 853-876.
38. Torres y Torres, N., Palacios-González, B., Noriega-López, L., & Tovar-Palacio, A. (Septiembre-Octubre de 2006). Índice glicémico, índice insulinémico y carga glicémica de bebidas de soya con un contenido bajo y alto en hidratos de carbono. *Revista de Investigación Clínica*, 58(5), 487-497.
39. Vilaplana, M. (Noviembre de 2007). Antioxidantes presentes en los alimentos. *Vitaminas, minerales y suplementos. Ámbito Farmacéutico*, 26(10), 79-84.
- 40.

Libros

41. American Association of Cereal Chemists (A.A.C.C.). (1976). *Approved Methods of the AACC*. April 1961. The Association, St. Paul. MN.
42. Anzaldúa Morales, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. México: ACRIBIA.
43. A.O.A.C. (1997). *Official Methods of Analysis*. E.E.U.U. International Gaithersburg.
44. A.O.A.C. (2006). *Official Methods of Analysis*. E.E.U.U. International Gaithersburg.
45. Arendt, E., & Dal Bello, F. (2008). *Gluten-Free Cereal. Products and beverages*. Estados Unidos de América: ELSEVIER.
46. Badui Dergal, Salvador, (2006). *Química de alimentos*. 4ta edición, México: Pearson.

47. Barreiro Méndez, J. A., & Sandoval Briceño, A. J. (2006). Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Caracas, Venezuela: EDITORIAL EQUINOCCIO.
48. Barrera, V., Tapia, C., & Monteros, A. (Edits.). (2004). Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. (Vol. 4). Quito, Ecuador -Lima, Péru: Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.
49. Basurto, F., Castro, D., Matínez, D., & et, al. (Agosto de 2012). Colecta, caracterización y uso del camote (*Ipomoea batatas*). Hortalizas. Resúmenes ejecutivos: ejercicio fiscal 2010. Texcoco, Edo. de México, México : Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos.
50. Boucher, F., & Blanco, M. (1997). La agricultura rural. Marco genral y gestión de tecnología. Granada, Nicaragua: Prodar.
51. Camacho de la Rosa, N. A., Díaz Gutierrez, K.M., Santillana Hinojosa, M. del R. & Velásquez Madrazo, O. del C. (2007). Manual de Practicas: Productos de Cereales y Leguminosas. 4ta edición, México, UNAM.
52. Costa López, J., Cervera March, S., Cunill García, F., Esplugas Vidal, S., Mans Teixidó, C., & Meta Álvarez, J. (2004). Curso de Ingeniería Química. Introducción a los procesos, las operaciones unitarias y los fenómenos de transporte. Barcelona, España: Editorial REVERTÉ, S.A
53. Cusumano, C., & Zamudio, N. (2013). Manuel técnico para el cultivo de Batata (camote o boniato) en la provincia de Tucumán (Argentina). Tucumán, República Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
54. Dadzie, B.K. & Orchard, J.E. (1997) Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos. Francia: Bioversity International.
55. Fellows, P. (2000). Tecnología del procesado de los alimentos: principios y práctica (2a. ed.). Zaragoza, España : Acribia Editorial S.A.

56. Galaviz Rodríguez, V., & Martínez Carmona, R. (2012). Estrategia Tecnológica Sustentable Para Deshidratar Frutas, Verduras y Legumbres. España: Edit. Palibrio.
57. Gil Hernández, Á. (2010). Tratado de Nutrición. Tomo II Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos (2da ed.). Madrid : Medica Panamericana
58. Gisslen Wayne (2010). Panadería y repostería para profesionales. México: Limusa.
59. Hernández, A. (2003). Microbiología Industrial. Editorial Universidad Estatal a Distancia .
60. Hernández Rodríguez, M., & Sastre Gallego, A. (199). TRATADO DE NUTRICIÓN. Madrid, España : Díaz de Santos, S. A.
61. Holm, J., Björck, I., Drews, A., and Asp, N. G. (1986). A rapid method for the analysis of starch. Starch/Stärke.
62. Huamán, Z. (1992). Botánica Sistemática y Morfología de la Planta de Batata o Camote. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa
63. Hutchings JH.(1999). Food Color and Appearance. 2da edición. Gaithersburg, Md.:Aspen Publishers, Inc.
64. Jeantet, R., Croguennec, T., Schuk, P., & Brulé, G. (2006). Ciencia de los Alimentos. Bioquímica-Microbiología-Procesos-Productos. Volumen 1 Estabilización biológica y fisicoquímica (1ra ed.). Zaragoza, España: Acribia S.A.
65. Kohli , M., & Martino, D. (Edits.). (1998). Explorando Altos Rendimientos del Trigo. Estanduella, Uruguay: Uruguay; CIMMYT-INIA.
66. Maron, S.H. & Prutton C.F. (1993). Fundamentos de Fisicoquímica, México: Limusa-Noriega.
67. OMS, & FAO. (2007). Codex Alimentarius. Cereales, legumbres, leguminosas y productos proteínicos vegetales. Roma, Italia.
68. Sancho Peñasco, F. (s.f.). Metodos de análisis de trigo y harinas por el Centro de Cerealicultura del Intituto Nacional de Investigaciones Agronómicas. Madrid, España: Sección de Publicaciones Prensa y Propaganda.

69. Serna Saldívar, S. R. (2003). Manufactura y control de calidad de productos basados en cereales. México: AGT Editores, S.A.
70. The Nuffield Foundation. (1984). Química Avanzada Nuffield. Ciencia de la alimentación. Barcelona, España: Editorial REVERTÉ, S.A
71. Torres Vitela , M. (2011). Probióticos. Un nuevo concepto universal para la salud. Jalisco, Guadalajara , México : SCROM.
72. Vaclavik, A. V. (2002). Fundamento de ciencia de los alimentos. España: Acribia.
73. Yaque Sánchez, A. (2013). Operaciones auxiliares elementales en laboratorio y procesos en la industria química y afines. QUIE0308. Málaga, España: IC Editorial

Páginas y/o documento web

74. Elías, L. (1999). Concepto y Tecnología para la elaboración y uso de harinas compuestas. Recuperado en Julio de 2015. Obtenido de Instituto de nutrición de Centro América y Panamá. .
<http://bvssan.incap.org.gt/local/file/PPNT006.pdf>
75. FAO. (1993). Capítulo 5: Procesos. Recuperado en Julio del 2015, de Deposito de documentos de la FAO: Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala.
<http://www.fao.org/docrep/x5062s/x5062s08.htm>
76. FAO. (8 de Septiembre de 2014). Fichas Técnicas. Recuperado el 13 de Junio de 2016, de PRODAR (Programa de Desarrollo de la Agroindustria Rural de América Latina y el Caribe): <http://www.fao.org/3/a-ae620s.pdf>
77. Mínguez Mosquera, M., Pérez Gálvez , A., & Hornero Méndez , D. (Mayo de 2005). Recuperado el Julio de 2016, de Pigmentos Carotenoides en frutas y vegetales; mucho más que simples "colorantes" naturales.:
http://digital.csic.es/bitstream/10261/5754/1/IG_AGROCSIC_4.pdf
78. NUTRIMONT. (2004). Méthode Montignac Depuis 1986. Recuperado el Octubre de 2016, de <http://www.montignac.com/es>

79. Osuna, M., Judis, M. A., Romero, A., & Bertola, N. (13 de 11 de 2013). Características textuales y de color en panes con mezclas de harinas. Recuperado el 14 de Septiembre de 2015, de Publitec Argentina S.A.: http://www.publitec.com.ar/system/noticias.php?id_prod=414
80. Ruiz M., L. Á., & Rodriguez W., J. (Febrero de 2011). Obtención de harina de camote para su aplicación como base en la elaboración de productos tipo galletas. Recuperado en Mayo de 2015. Obtenido de REPOSITORIO DE ESPOL (Escuela Superior Politécnica del Litoral): <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/16099>
81. SAGARPA. (2008). Informe de la calidad del trigo (Ciclo Otoño-Invierno 2005/2006). Baja California. Recuperado el 26 de Junio de 2016, de <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Industrializacion/InformeCalidad.pdf>
82. Sanidad Alimentaria. (2014). ANALISIS FISICO-QUIMICOS. Recuperado el 21 de Junio de 2016, de ANALISIS ALIMENTOS: <http://sanidadalimentaria.com/analisis-fisico-quimicos/>
83. SIAP. (2014). Cierre de la producción agrícola por cultivo. Obtenido de SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA, MÉXICO: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

Normas oficiales

84. NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo (método soxhlet) en alimentos. Foodstuff-determination of ether extract (soxhlet). NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.
85. NMX-F-090-S-1978. Determinación de fibra cruda en alimentos. Foodstuff determination of crude fiber. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

86. NMX-F-312-1978. Determinación de reductores directos y totales en alimentos. Method of test for total and direct reducing substances in food. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.
87. NOM-086-SSA1-1994. bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales. NORMA OFICIAL MEXICANA. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.
88. NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. NORMA OFICIAL MEXICANA. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

XXXI CONGRESO NACIONAL DE NUTRICIÓN AMMFEN

“Retos de la nutrición en el contexto actual de salud”

Realizado en Puebla, Pue. del 26 al 29 de abril 2016.

APROVECHAMIENTO DEL CAMOTE (*Ipomoea batatas*) PARA LA OBTENCIÓN DE HARINAS EMPLEADAS EN LA ELABORACIÓN DE MUFFINS REDUCIDOS EN GLUTEN.

Autores: Dra. Ramos Cassellis María Elena, Dra. Romero López María del Rosario, Alumna Neri González Mary Carmen

RESUMEN

En México se siembra camote (*Ipomea batatas* L.) blanco, amarillo, naranja, rojizo o púrpura. El cual ha presentado una disminución en su producción debido al bajo consumo³. El objetivo de este trabajo fue buscar una alternativa de uso para conservar e incentivar su consumo mediante la obtención de harinas de camote (blanco, amarillo y morado) utilizando secado convectivo, así como elaborar y evaluar muffins para la reducción del contenido en gluten. Para ello, primero se obtuvieron las harinas, después se establecieron dos niveles de sustitución en la formulación de muffins (30 y 60%), obteniendo 6 formulaciones, a estas se les evaluó textura, midiendo fuerza y trabajo, además del volumen. Las formulaciones que presentaron mayor fuerza (466.55, 452.9 y 365.95 g) se sometieron a un análisis sensorial de aceptación; con un panel no entrenado de 60 personas (18 a 25 años), obteniendo los muffins sustituidos al 30% y 60% de harina de camote amarillo y blanco, respectivamente, con una aceptación del 53 y 57%. Posteriormente se determinó el contenido nutrimental de los muffins, comparado con un control (trigo) observando: 13.36%, 9.27% y 6.73% de contenido de proteína¹, un 19.57%, 20.01% y 17.91% de grasa¹ y un 36.38%, 44.28% y 50.76% de hidratos de carbono⁴ para el muffin control (trigo) y los muffins sustituidos al 30 y 60%, respectivamente. El contenido de proteína disminuye conforme aumenta el porcentaje de sustitución con la harina de camote, lo cual indica una disminución en el contenido de gluten (gliadina y gluteína)² en los muffins.

Palabras clave: Camote, *Ipomea batatas*, muffin, gluten, harina.

Bibliografía:

1. A.O.A.C. (2006). Association of Official Analytical Chemist, Official Methods of Analysis of AOAC International. 18 th (ed.). International Gaitherstourg. Whashington, DC, USA.
2. Badui, D. S. (2006). Química de alimentos. México: Pearson Education.
3. SIAP. (2014). Cierre de la producción agrícola por cultivo. Obtenido de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca, México: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>.
4. NMX. (1978). NMX-F-312-1978. Determinación de reductores directos y totales en alimentos. Dirección General de Normas. México.

XXXI
CONGRESO NACIONAL DE NUTRICIÓN
AMMFEN

3er Lugar

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS ALUMNOS



La Asociación Mexicana de Miembros
de Facultades y Escuelas de Nutrición, A.C.

Otorga la presente:

Constancia

Mary Carmen Neri González

Asesores: Dra. María del Rosario Romero López

Dra. María Elena Ramos Cassellis

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Por su valiosa participación en el
concurso de trabajos libres, desarrollo de productos
y material didáctico del congreso

"Retos de la nutriología en el contexto actual de salud"
realizado en Puebla, Pue.
del 26 al 29 de abril 2016

Por la formación y desarrollo del nutriólogo

M.A.S.S. Jannelly Gómez Rodríguez
Presidenta de la AMMFEN

Mtra. Beatriz Abundis Vargas
Coordinadora General del Comité
Organizador, IBERO Puebla