



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“DISEÑO DE UN SNACK A BASE DE GRANOS DE MAÍZ NEGRO/MORADO *Zea mays* L. Y EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES FUNCIONALES”

Tesis previa a la obtención del título de ingeniero (a) agroindustrial.

Autor (a): De la Portilla Cazares Edwin Fabricio

Director (a): Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, M Sc

Ibarra – Ecuador

2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“DISEÑO DE UN SNACK A BASE DE GRANOS DE MAÍZ NEGRO/MORADO *Zea
mays* L. Y EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES FUNCIONALES”**

Tesis revisada por miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

FIRMA

Ing. Magali Cañarejo Antamba. M Sc

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Lucía Yépez. M Sc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Jimmy Cuarán. Mg.I

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Juan Carlos De la Vega. Mg.I

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100310567 - 1
APELLIDOS Y NOMBRES:	De la Portilla Cazares Edwin Fabricio
DIRECCIÓN:	Av. Atahualpa y Hualcopo Duchicela 7-21
EMAIL:	edwindelaportilla@hotmail.com
TELÉFONO MÓVIL	0981123938
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“DISEÑO DE UN SNACK A BASE DE GRANOS DE MAÍZ NEGRO/MORADO <i>Zea mays</i> L. Y EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES FUNCIONALES”
AUTOR:	De la Portilla Cazares Edwin Fabricio
FECHA: AAAMMDD	2018-01-10
PROGRAMA:	X PREGRADO POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agroindustrial
DIRECTORA:	Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, M Sc

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Edwin Fabricio De la Portilla Cazares, con cédula de identidad 100310567-1, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de marzo del 2018

Autor



De la Portilla Cazares Edwin Fabricio
C.C. 100310567-1

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Edwin Fabricio De la Portilla Cazares, con cedula de ciudadanía 100310567-1, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Magali Cañarejo', is positioned above a horizontal dotted line.

Ing. Magali Cañarejo Antamba. M Sc
DIRECTORA DE TESIS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Edwin Fabricio De la Portilla Cazares, con número de cédula de identidad Nro. 100310567-1, manifesté mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículo 4,5 y 6, en calidad de autor de la obra de grado denominado: **“DISEÑO DE UN SNACK A BASE DE GRANOS DE MAÍZ NEGRO/MORADO *Zea mays* L. Y EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES FUNCIONALES”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Agroindustrial en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 10 días del mes de enero del 2018

Autor



.....
De la Portilla Cazares Edwin Fabricio
C.C. 100310567-1

DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de enero del 2018

Autor



.....
De la Portilla Cazares Edwin Fabricio

C.C. 100310567-1

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
SUMARY	v
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 PROBLEMA	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 OBJETIVO	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4 HIPÓTESIS	4
1.4.1 HIPÓTESIS NULA	4
1.4.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 ORIGEN E IMPORTANCIA DE LOS MAÍCES	5
2.1.1 DIVERSIDAD GENÉTICA DE MAÍCES EN EL ECUADOR	6
2.1.2 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	6
2.1.3 TAXONOMÍA	7
2.1.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PLANTA	7
2.2 GRANO DE MAÍZ	7
2.2.1 DUREZA DE LOS GRANOS DE MAÍZ	8
2.2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE MAÍZ	9

2.3	PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS MAÍCES PIGMENTADOS	9
2.3.1	PIGMENTOS DE MAÍZ NEGRO/MORADO	10
2.4	USO DEL MAÍZ	10
2.5	ALIMENTOS FUNCIONALES.....	11
2.5.1	POLIFENOLES COMO COMPUESTOS FUNCIONALES.....	11
2.5.2	CLASIFICACIÓN DE LOS POLIFENOLES	12
2.5.3	FLAVONOIDES	12
2.5.4	POLIFENOLES Y ENFERMEDADES HUMANAS.....	13
2.5.5	PIGMENTOS NATURALES	14
2.5.6	ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN MAÍCES DE COLOR	15
2.5.7	COMPUESTOS ANTIOXIDANTES EN ALIMENTOS PROCESADOS...	16
2.6	SNACKS DE MAÍZ	17
2.6.1	FACTORES CRÍTICOS EN EL PROCESAMIENTO DE SNACKS.....	17
CAPÍTULO III		20
MATERIALES Y MÉTODOS.....		20
3.1	CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO	20
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS	21
3.3	MÉTODOS	21
3.3.1	FORMULACIÓN DEL SNACK A PARTIR DE GRANOS DE MAÍZ NEGRO/MORADO	21
3.3.2	EVALUACIÓN DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DEL SNACK.....	23
3.3.3	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD FUNCIONAL DEL SNACK ..	25
3.3.4	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL SNACK.....	27
3.4	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	29

3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DEL SNACK.....	30
CAPÍTULO IV	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GRANO DE MAÍZ NEGRO/MORADO	33
4.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE TORTILLA DE MAÍZ NEGRO/MORADO.....	35
4.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL SNACK A BASE DE MAÍZ NEGRO/MORADO	42
4.2.1 COLOR EN SNACKS	43
4.2.2 TEXTURA EN SNACKS	46
4.2.3 HUMEDAD EN SNACKS.....	47
4.2.4 COMPOSICIÓN FENÓLICA Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN SNACK DE MAÍZ NEGRO/MORADO	48
4.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL SNACK DE MAÍZ NEGRO/MORADO	52
4.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SNACK DE MAÍZ NEGRO/MORADO	52
4.3.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SNACK DE MAÍZ NEGRO/MORADO	53
4.3.3 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL SNACK DE MAÍZ NEGRO/MORADO	54
CAPÍTULO V	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
5.1 CONCLUSIONES.....	55
5.2 RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

ANEXOS	65
ANEXO 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS (COLOR, HUMEDAD Y DUREZA) DEL GRANO DE MAÍZ NEGRO/MORADO.....	65
ANEXO 2. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL SNACK A BASA DE GRANOS DE MAÍZ NEGRO/MORADO	66
ANEXO 2. PREPARACIÓN DE EXTRACTOS PARA LA MEDICIÓN DE FENOLES SOLUBLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE	67
ANEXO 3. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (2 561: 2010)	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del maíz.....	7
Tabla 2. Clasificación de los granos de maíz por su dureza mediante el índice de flotación y su correspondiente tiempo de nixtamalización.....	9
Tabla 3. Composición química proximal de las principales partes del grano de maíz.....	9
Tabla 4. Colorantes naturales hidrosolubles.....	14
Tabla 5. Colorantes naturales liposolubles.....	14
Tabla 6. Localización del experimento.....	20
Tabla 7. Variables y métodos utilizados para el análisis físico del grano de maíz negro/morado.....	21
Tabla 8. Tratamientos para la formulación del snack a base de grano de maíz negro/morado	22
Tabla 9. Variables paramétricas a evaluarse en las diferentes formulaciones tanto en masa y tortilla	22
Tabla 10. Primer factor en estudio (Método de deshidratado)	23
Tabla 11. Segundo factor en estudio (Temperatura de fritura).....	23
Tabla 12. Descripción de tratamientos a evaluarse en el snack.....	24
Tabla 13. Características del experimento.....	24
Tabla 14. ANOVA para un diseño completo al azar	24
Tabla 15. Parámetros y etapas de evaluación en el snack	25
Tabla 16. Análisis microbiológicos realizados en el snack	27
Tabla 17. Análisis físico-químico en el snack formulado	28
Tabla 18. Valores de humedad, color y dureza en granos de maíz negro/morados.	33
Tabla 19. Análisis de Varianza para parámetros de color, textura, Fenoles solubles totales (FST) y Actividad antioxidante (AA) en tortillas de diferentes mezclas de maíces	35
Tabla 20. Valores de color Luminosidad, Hue y Croma en tortillas de diferentes mezclas de maíces	36
Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% para la variable textura en tortillas de diferentes mezclas de maíces	38

Tabla 22. Prueba de Tukey al 5% para humedad en tortillas de diferentes mezclas de maíces	39
Tabla 23. Análisis de Varianza para parámetros de color, textura, humedad FST y AA en snacks	43
Tabla 24. Parámetros de color en snacks sometidos a tres métodos de deshidratación, y tres temperaturas de fritura.....	44
Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% en el Factor A (método de deshidratado) sobre contenido de FST en snack de maíz negro/morado.....	49
Tabla 26. Prueba de Tukey al 5% en el Factor B (temperatura de fritura) sobre contenido de FST en snack de maíz negro/morado	50
Tabla 27. Características físicas del snack de maíz negro/morado	52
Tabla 28. Características químicas del snack de maíz negro/morado	53
Tabla 29. Características microbiológicas del snack de maíz negro/morado.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución general del racimo de uva ecuatoriano.....	6
Figura 2. Partes estructurales del grano de maíz <i>Zea mays</i> L.	8
Figura 3. Principales grupos de polifenoles y su estructura química	12
Figura 4. Estructuras químicas de subclases de flavonoides	13
Figura 5. Proceso de elaboración del snack a base de granos de maíz negro/morado	29
Figura 6. Representación gráfica de los parámetros Hue y Croma de los granos de maíz negro/morados del INIAP y Cotacachi.....	34
Figura 7. Representación gráfica de los parámetros Hue y Croma en tortillas de diferentes mezclas de maíces	37
Figura 8. Fenoles solubles totales en tortillas de diferentes mezclas de maíz.....	40
Figura 9. Actividad Antioxidante en tortillas de diferentes mezclas de maíz	41
Figura 10. Representación gráfica de los parámetros Hue y Croma en snacks.....	45
Figura 11. Textura en snacks de maíz negro/morado	46
Figura 12. Fenoles solubles totales en snacks de maíz negro/morado	48
Figura 13. Actividad antioxidante en snacks de maíz negro/morado.....	51

RESUMEN

El maíz negro/morado *Zea mays* L. es un cereal con propiedades funcionales debido a sus compuestos antioxidantes naturales, principalmente los compuestos fenólicos. Los fenoles solubles totales (FST), son compuestos altamente susceptibles a factores como la luz y temperatura, por lo que el objetivo fue evaluar el efecto de tres métodos de una deshidratación (ambiente, flujo de aire caliente y horno), conjuntamente con una posterior fritura a 150, 170 y 190 °C, sobre las características texturales, contenido de FST y actividad antioxidante (AA), se plantearon cuatro tratamientos más un testigo con el fin de determinar la formulación del snack de maíz negro/morado, T1: (70% INIAP, 30% Cotacachi), T2: (50% INIAP, 50% Cotacachi), T3 (100% INIAP), T4 (100% Cotacachi) y T5: maíz amarillo. Las variables evaluadas fueron color con el espectrofotómetro de reflectancia (modelo Specord 250 plus), textura con el texturómetro (modelo EZ-9X), fenoles solubles totales (FST) mediante el método Folin-Ciocalteu y actividad antioxidante por el método DPPH. Se destaca el Tratamiento T1: (70% INIAP, 30% Cotacachi), ya que presentó un contenido de 44.02 mg GAE/100 g de materia seca en cuanto a fenoles solubles totales y una actividad antioxidante del 31.69% de inhibición, además demostraron cumplir con el criterio de extensibilidad, suavidad y manejabilidad. Posteriormente para la determinación del proceso de elaboración de snacks las tortillas se sometieron a tres métodos de deshidratación (ambiente, flujo de aire caliente y horno) y tres temperaturas de fritura (150, 170 y 190) °C , destacando el método de deshidratado por flujo de aire caliente y temperatura de fritura de 170°C, ya que generó una textura de 737.75 g^f similar al testigo que fue de 744.68 g^f, además presentó un un 80% más compuestos fenólicos que un snack de maíz amarillo y un 76% más actividad antioxidante que snacks comerciales.

SUMMARY

The purple corn *Zea mays* L. is a cereal with functional properties, for its natural antioxidant compounds, mainly the phenolic compounds. The total soluble phenols (TSP), they are compounds highly susceptible to factors such as light and temperature, the objective was to evaluate the effect of three methods of dehydration (ambient, hot air flow and oven), with a subsequent frying at 150, 170 and 190 °C, about the textural characteristics, TSP content and antioxidant activity (AA), four treatments plus a control were developed in order to determine the formulation of the purple corn snack, T1: (70% INIAP, 30% Cotacachi), T2: (50% INIAP, 50% Cotacachi), T3 (100% INIAP), T4 (100% Cotacachi) y T5: yellow corn. The variables evaluated were color with the reflectance spectrophotometer (model 250 plus), texture with the texturometer (model EZ-9X), Total Soluble Phenols (TSP) by the Folin-Ciocalteu method and antioxidant activity by the DPPH method. The T1 Treatment stands out: (70% INIAP, 30% Cotacachi), presented a content of 44.02 mg GAE/100 g of dry material of total soluble phenols (TSP) and antioxidant activity of 31.69% inhibition, They also proved to comply with the criteria of extensibility, smoothness and manageability. For the determination of the process of making snacks the tortillas were subjected to three dehydration methods (ambient, hot air flow and oven) and three frying temperatures (150, 170 and 190) °C, highlighting the method of dehydration by hot air flow and frying temperature of 170 °C, since it generated a texture of 737.75 g^f similar to the commercial snack, also presented an 80% more phenolic compounds than a yellow corn snack and 76% more antioxidant activity than commercial snacks.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA

En los últimos años, la tendencia de las personas a consumir alimentos sanos ha incrementado, debido a que mejoran las expectativas de vida. Al respecto, los alimentos funcionales ofrecen beneficios para la salud más allá de la nutrición normal, de acuerdo a los componentes propios de los alimentos (Ozen, Pons, y Tur, 2012). Los alimentos funcionales marcan nuevas inclinaciones en cuanto a producción y desarrollo de alimentos; entre ellos, los que poseen propiedades antioxidantes (Restrepo, 2007) como son las frutas, cereales, vegetales y alimentos procesados a partir de estos.

Los consumidores tienen un criterio de aceptación de los productos dependiendo de su apariencia, en tal razón, una de las principales características sensoriales de los alimentos es el color, en la actualidad existe una demanda elevada de colorantes naturales para alimentos. La coloración de ciertas frutas, vegetales y cereales se debe a compuestos bioactivos, como las antocianinas, carotenoides, betalaínas y clorofila que son metabolitos secundarios de origen vegetal identificados como polifenoles. Estos compuestos son altamente susceptibles a factores como: temperatura, pH, luz, oxígeno y respiración entre otros (Laleh, Frydoonfar, Heidary, Jameei, y Zare, 2006).

Durante el procesamiento de productos, el principal factor causante de la degradación de los compuestos biológicos es la temperatura y pH. En particular las antocianinas sufren cambios químicos durante el procesamiento que ocasionan su pérdida dando como resultado, alimentos de baja calidad nutricional y funcional, obligando a la industria agroalimentaria a la utilización de colorantes, edulcorantes, saborizantes y demás productos artificiales.

Actualmente en el Ecuador, el consumo y elaboración de alimentos funcionales con propiedades antioxidantes es bajo, por el desconocimiento de su composición química y la dificultad que presentan al mantener su valor funcional como producto terminado. Al respecto, los maíces pigmentados (negro/morado) podrían ser una alternativa como materia prima para diseñar este tipo de productos, ya que varios estudios identificaron en este cereal una gran cantidad de antioxidantes naturales, gracias a la diversidad de colores en comparación del maíz amarillo o blanco.

La mayoría del maíz pigmentado es usado para ornato debido a su apariencia colorida donde solamente una pequeña cantidad es utilizada en la producción de tortillas coloreadas azul y rosa (Ortíz *et al.*, 2011), y en el Ecuador solamente se lo utiliza como alimento ancestral en bebidas fermentadas.

Los maíces blancos y amarillos son utilizados principalmente como materia prima para la elaboración de snacks, sin embargo, en maíces de colores (rojo, negro, azul, morado) su utilización en la agroindustria es baja. Por los que este trabajo pretende investigar más sobre la elaboración de snacks a base de granos de maíz negro/morado, ofertando un producto nutritivo y funcional.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Según el Ministerio de Comercio Exterior (2014) se ha estimado, una producción nacional de Snacks de 4500 toneladas por año, esta producción de snacks genera un impacto inclusivo puesto que se logra beneficiar a pequeños productores que proveen de la materia prima, creando fuentes de trabajo y desarrollo económico para el sector. En cuanto a la exportación de Snack el Ecuador se ha posicionado en el mercado internacional de una forma muy aceptable, puesto que según los datos estadísticos del Ministerio de Comercio

Exterior en el 2014 se recibe un ingreso de 16.943.000 millones de dólares anuales por exportación.

Una de las materias primas para la elaboración de snacks es el maíz y de acuerdo con Yáñez, Zambrano, y Caicedo (2013), el Ecuador es uno de los países con mayor diversidad genética de maíz por unidad de superficie, actualmente se han conocido 29 razas de maíz, de las cuales 17 pertenecen a la sierra. Dentro de estas razas de maíz, se ubica a los maíces de color como lo es el maíz negro/morado “racimo de uva”. La coloración de estos granos se debe a los metabolitos secundarios identificados como polifenoles en los que resaltan las antocianinas.

En estudios realizados por Mayorga (2010), un cultivo nativo de la Sierra Ecuatoriana con una elevada actividad antioxidante es el maíz negro/morado “racimo de uva” ya que posee compuestos fenólicos entre los que sobresale el contenido de antocianinas (1.81ppm) y polifenoles de (57.82 mg/100g).

Una de las propiedades funcionales en los alimentos son los antioxidantes, a los que se les atribuye beneficios específicos para la salud como: reducción de enfermedades coronarias, efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos (Ortíz *et al.*, 2011).

Al mismo tiempo, surge la necesidad de encontrar sustitutos naturales (colorantes) que beneficien las características físicas, nutricionales y biológicas de los productos procesados, lo que obliga a una investigación permanente de formulación y diseño de alimentos con este tipo de propiedades.

Sin embargo, estudios acerca de la elaboración de snacks a base granos de maíz de color negro/morado no se han realizado. Por lo antes mencionado, el presente trabajo pretende rescatar el cultivo de maíz pigmentado, al darle un uso industrial como un producto terminado, además de darle un valor agregado como producto funcional por las características antioxidantes que posee este maíz.

1.3 OBJETIVO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un Snack a base de granos de maíz negro/morado *Zea mays* L. y evaluar sus propiedades funcionales.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar la formulación del snack a partir de granos de maíz negro/morado.
- Evaluar el mejor proceso de elaboración de un snack con propiedades funcionales.
- Determinar la capacidad funcional mediante la cuantificación de Fenoles totales y Actividad Antioxidante del Snack.
- Determinar las características físico-químicas y microbiológicas del snack.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 HIPÓTESIS NULA

El tipo de deshidratación y la temperatura de fritura del snack no influye en el contenido de fenoles y actividad antioxidante.

1.4.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA

El tipo de deshidratación y la temperatura de fritura del snack influye en el contenido de fenoles y actividad antioxidante.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ORIGEN E IMPORTANCIA DE LOS MAÍCES

El maíz, junto con el trigo y el arroz son uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica de la industria de transformación, con la que se producen almidón, aceite, proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y desde hace poco, combustible (FAO, 2017).

Los maíces de color, poseen gran cantidad de pigmentos antioxidantes y una calidad nutricional mayor que el maíz típico; blanco o amarillo. Su nivel de fibra es uno de los más elevados comparado con el resto de cereales. Contiene altos niveles de carbohidratos de fácil digestión y es rico en magnesio, antioxidantes y vitaminas. Es un cereal que aporta grandes beneficios al consumidor (Castañeda-Sanchez, 2011).

Una de las variedades de los maíces de color es el maíz racimo de uva, siendo este es oriundo de América, único en el mundo por poseer la coronta y los granos de un color morado característico, debido al pigmento que posee denominado antocianina (Arroyo, Raez, Rodríguez, Chumpitaz, y Burga, 2007).

2.1.1 DIVERSIDAD GENÉTICA DE MAÍCES EN EL ECUADOR

En el Ecuador existe diversidad vegetal de maíces, entre ellos se encuentran los; blancos, amarillos y de color, actualmente, se han reconocido 29 razas de maíz, de las cuales 17 pertenecen a la sierra, por lo que se considera a esta región como fuente de las mayores riquezas genéticas por unidad de superficie (Yáñez, Zambrano, Caicedo, Sánchez, y Heredia, 2008).

2.1.2 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

En el Ecuador el maíz morado se cultiva en el callejón Interandino entre los 2200 y 2800 msnm, tal como se muestra en la Figura 1. Por lo general la mayoría de los productores siembran desde septiembre hasta mediados de enero, coincidiendo la siembra con el inicio del período de lluvias, obteniendo de esta manera un mayor grado de germinación y producción (Yáñez *et al.*, 2008).

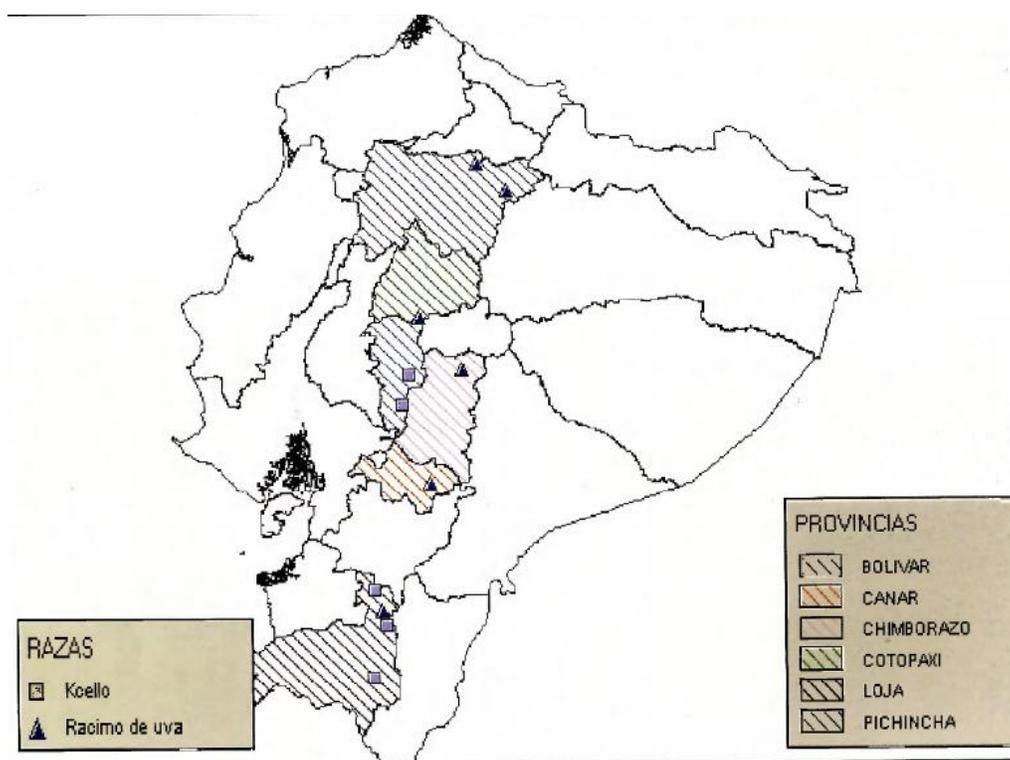


Figura 1. Distribución general del racimo de uva ecuatoriano

Fuente: (Yáñez *et al.*, 2008)

2.1.3 TAXONOMÍA

La clasificación taxonómica del maíz negro/morado “racimo de uva” se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del maíz

Taxonomía del maíz	
Reino:	Vegetal
División:	Angiosperma
Clase:	Monocotyledoneae
Orden:	Cereales
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>mays</i>
Nombre científico:	<i>Zea mays</i> L.

Fuente: (Mayorga, 2010)

2.1.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PLANTA

El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia de las gramíneas, tribus de las maideas. Es la única especie del género *Zea*. Se trata de una planta anual de gran desarrollo vegetativo (puede alcanzar 4 m de altura), cuyo tallo lleva de 12 a 20 hojas de limbo bien desarrollado (35 a 50 cm de longitud; 4 a 10 cm de ancho), el tallo puede emitir varios brotes. El sistema radicular de tipo fasciculado está formado por tres tipos de raíces: las raíces seminales (nacidas de la semilla), las raíces secundarias (que constituyen la casi totalidad del sistema radicular), y las raíces adventicias que aparecen en el último lugar, a nivel de los primeros nudos situados por encima de la superficie del suelo (Véles, 2004).

2.2 GRANO DE MAÍZ

Las semillas están contenidas dentro de un fruto denominado cariósido, la capa externa que rodea este fruto corresponde al pericarpio, estructura que está situada por sobre la testa de la semilla. A la vez está formada internamente por el endospermo y el embrión constituido por la coleoriza, la radícula, la plúmula o hojas embrionarias, el coleoptilo y el escutelo o cotiledón, ver Figura 2 (Mayorga, 2010).

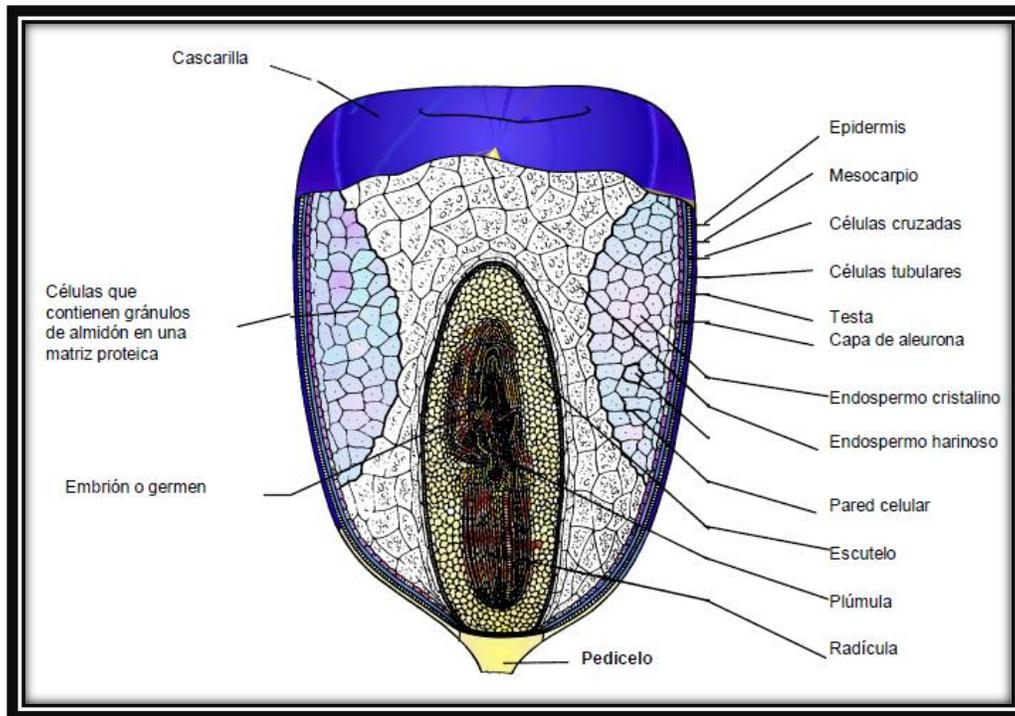


Figura 2. Partes estructurales del grano de maíz *Zea mays* L.

Fuente: (Véles, 2004)

2.2.1 DUREZA DE LOS GRANOS DE MAÍZ

Salinas y Vázquez (2006) definen a la dureza del grano de maíz como la fuerza necesaria para romperlo, las características de calidad del grano para cada tipo de industria son ligeramente diferentes, en particular lo que tiene que ver con la dureza del endospermo (Salinas y Aguilar, 2010).

Existen métodos indirectos para determinar la dureza del grano que se basan en medir alguna característica del grano asociada con su dureza. Tal es el caso del Índice de Flotación (IF), que es una medida relativa de la densidad del grano (Salinas y Vázquez, 2006).

En la Tabla 2 se indica la clasificación de los granos de maíz mediante el método indirecto del índice de flotación.

Tabla 2. Clasificación de los granos de maíz por su dureza mediante el índice de flotación y su correspondiente tiempo de nixtamalización

Granos flotantes	Dureza	Tiempo de cocción (minutos)
0 - 12	Muy Duros	45
13 - 37	Duros	40
38 - 62	Intermedios	35
63 - 87	Suaves	30
88 - 100	Muy Suaves	25

Fuente: (Salinas y Vázquez, 2006)

2.2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE MAÍZ

En la Tabla 3 se observa la composición química proximal de las principales partes de los granos de maíz en porcentaje (%).

Tabla 3. Composición química proximal de las principales partes del grano de maíz

Componente químico	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteínas	3.7	8	20.4
Extracto etéreo	1	0.8	35.2
Fibra cruda	86.7	2.7	9.8
Cenizas	0.8	0.3	11.5
Almidón	7.3	87.6	9.3
Azúcar	0.34	0.62	13.8

Fuente: (Mayorga, 2010)

2.3 PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS MAÍCES PIGMENTADOS

El consumo de maíz pigmentado está asociado indirectamente con beneficios para la salud, debido a la presencia de compuestos antioxidantes, los cuales retrasan el daño causado por radicales libres, con actividad anticancerígena, antineurodegenerativa y antiinflamatoria (Kraft *et al.*, 2008).

El maíz morado es un antioxidante natural que retarda el envejecimiento celular, principalmente por los mecanismos de acción de los compuestos fenólicos (Salinas *et al.*, 2013). Varias investigaciones (Rachelle *et al.*, 2014; Bhornchai *et al.*, 2014) validan sus propiedades farmacológicas, ya que contrarrestan los efectos nocivos de los radicales libres, estrés oxidativo y la carcinogénesis.

2.3.1 PIGMENTOS DE MAÍZ NEGRO/MORADO

La coloración morada que presenta las plantas, corontas y pericarpio de los granos de maíz nativo, son el resultado de la acción compleja de muchos genes localizados en distintos cromosomas, que producen pigmentos antocianínicos de diferente color, los cuales en combinación producen el color morado (combinación de pigmentos rojos y azules) (Mayorga, 2010).

Arroyo (como citó en Almeida, 2012) afirma que, en la estructura química de las semillas y las corontas del maíz negro se ha encontrado en forma predominante, el compuesto cianidina 3- β -glucósido.

También se ha encontrado en variedades de maíz negro pelargonidina 3-glucósido, peonidina 3-O-glucósido, cianidina 3-maloniglucósido, pelargonidina 3-maloniglucósido y peonidina 3-maloniglucósido, además, cianidina 3-dimaloniglucósido como compuesto minoritario en algunas variedades (Aoki, 2002, citado en Almeida, 2012).

Las antocianinas en los granos de maíz negro, son de tipo simple y no aciliadas, esto quiere decir que su estructura está formada por el grupo cromóforo y únicamente un azúcar, que es la glucosa (Salinas, 2005, citado en Almeida, 2012).

Los colores negros, morados y rojos que se observan en maíces pigmentados deben a las antocianinas, compuestos presentes en el pericarpio, en la capa aleurona o en ambas estructuras del grano (Moreno et al., 2003).

2.4 USO DEL MAÍZ

Actualmente, el dar valor agregado a los productores representa una buena alternativa para mejorar la producción y productividad. En caso del maíz existen empresas dedicadas a la producción de conservas como: baby corn (choclitos enlatados), chulpi tostado, refrescos; y en otros tipos de maíz como el morado o negro se están extrayendo pigmentos para elaboración de colorantes y saborizantes orgánicos con potenciales de exportación (Yáñez *et al.*, 2013).

De los ecotipos negros se extraen los pigmentos denominados antocianinas, las cuales imparten color a bebidas, dulces y confites, productos de panadería, vegetales, conservas de

pescado, grasas y aceites, mermeladas y jaleas, frutas confitadas y en almíbar, jarabes de frutas, sopas y saborizantes, coloración de jugos de frutas (fresa) y también en vermouth, vinos y vinagres. Se utilizan para colorear Caramelos, Helados y bebidas (Mayorga, 2010).

El cultivo de maíz se caracteriza por la producción de una amplia gama de variedades, por lo que es posible generar una gran cantidad de productos finales los principales son tortillas, snacks, forrajes, aceites, biocombustibles, almidones, glucosa, fructosa, dextrosa y etanol (Castañeda-Sanchez, 2011). En el mundo se hace mención principalmente a tres variedades de maíz, el blanco, amarillo y azul. El maíz blanco se produce exclusivamente para consumo humano por su alto contenido nutricional. El maíz amarillo se destina a procesamiento industrial y a la alimentación animal. El maíz azul se utiliza para la elaboración de comidas o bebidas tradicionales de cada región (De la Parra, Serna-Saldivar, y Liu, 2007).

2.5 ALIMENTOS FUNCIONALES

Según Jiménez, Amador, y Centrángolo (2013), expresaron que el término “alimento funcional” surgió en Japón en el año 1980, para referirse a alimentos con efectos especiales sobre la salud como consecuencia del agregado de algún componente distinto a los de su composición original. Luego, se expandió hacia Estados Unidos y Europa.

Los alimentos funcionales proporcionan beneficios para la salud más allá de la nutrición normal. Los alimentos funcionales son diferentes de alimentos medicinales y suplementos dietéticos, pero estos pueden superponerse a los alimentos desarrollados para dietas especiales y los alimentos fortificados. El mercado global de los alimentos funcionales, tiene el potencial para mitigar la enfermedad, promover la salud y reducir los costos del cuidado de la salud (Smith y Charter, 2010).

2.5.1 POLIFENOLES COMO COMPUESTOS FUNCIONALES

Los compuestos fenólicos constituyen una de las principales clases de metabolitos secundarios de los vegetales, actualmente existe gran interés en estos compuestos debido a la gran variedad de actividades biológicas que presentan, considerándose uno de los compuestos fitoquímicos alimentarios más importante por su contribución al mantenimiento de la salud humana (Pandey y Rizvi, 2009).

Estudios epidemiológicos han demostrado repetidamente una asociación inversa entre el riesgo de enfermedades humanas crónicas y el consumo de una dieta rica en polifenoles, los grupos fenólicos pueden aceptar un electrón para formar un fenoxilo que es un radical relativamente estable (Pandey y Rizvi, 2009).

2.5.2 CLASIFICACIÓN DE LOS POLIFENOLES

Los polifenoles pueden clasificarse en diferentes grupos en función del número de anillos de fenol que contienen y sobre la base de elementos estructurales que unen estos anillos entre sí. Las clases principales incluyen ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos y lignanos (Spencer *et al.*, 2008). La Figura 3 ilustra los diferentes grupos de polifenoles y sus estructuras químicas.

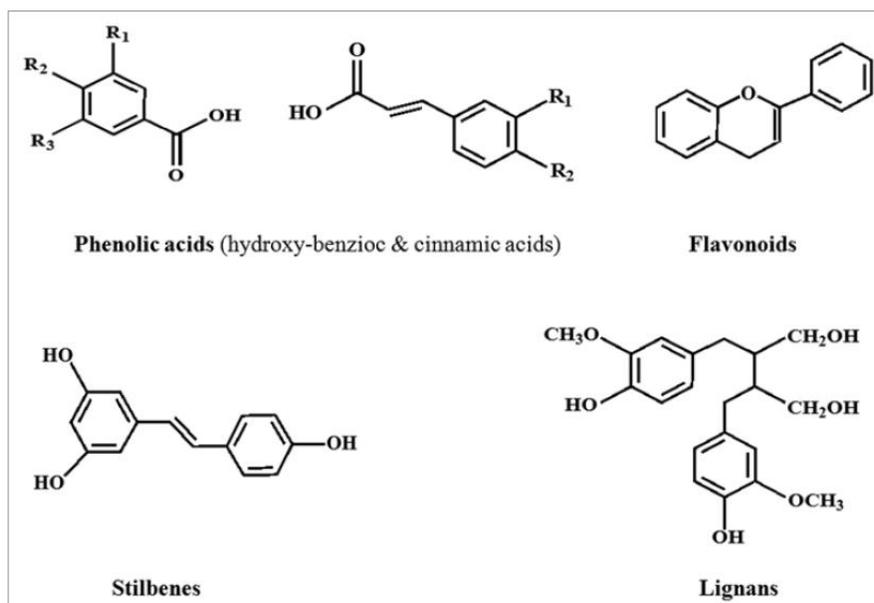


Figura 3. Principales grupos de polifenoles y su estructura química

Fuente: (Pandey y Rizvi, 2009)

2.5.3 FLAVONOIDES

Los flavonoides comprenden el grupo más estudiado de polifenoles. Este grupo tiene una estructura básica común que consiste en dos anillos aromáticos unidos por tres átomos de carbono que forman un heterociclo oxigenado (Figura 3). Se han identificado más de 4.000 variedades de flavonoides, muchos de los cuales son responsables de los colores atractivos de las flores, frutos y hojas (Groot y Rauen, 1998). Los flavonoides pueden dividirse en

seis subclases: flavonol, flavones, flavanones, flavanols, antocianinas e isoflavones. La Figura 4 muestra las diferentes subclases de flavonoides y su estructura química.

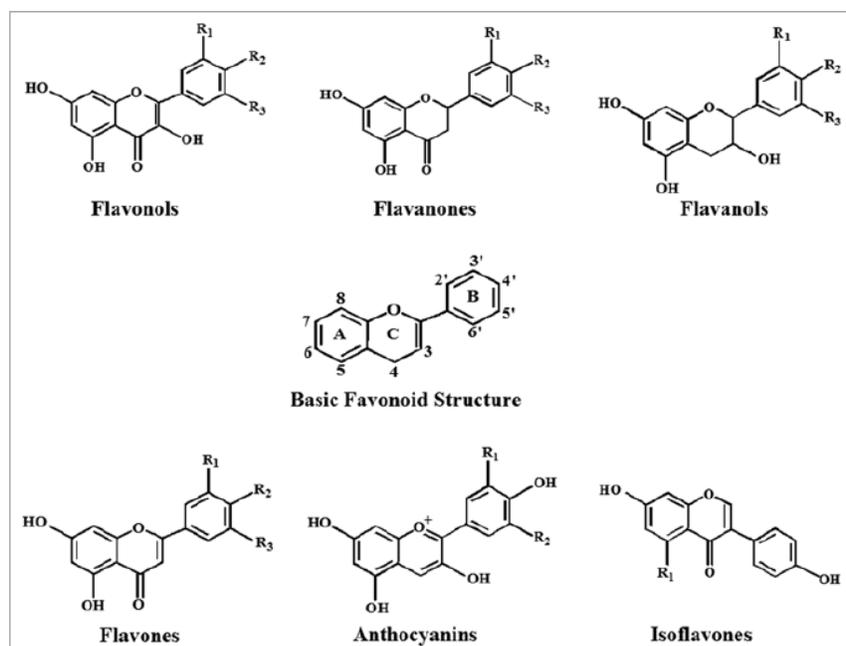


Figura 4. Estructuras químicas de subclases de flavonoides

Fuente: (Pandey y Rizvi, 2009)

2.5.4 POLIFENOLES Y ENFERMEDADES HUMANAS

Los estudios epidemiológicos han demostrado repetidamente una asociación inversa entre el riesgo de enfermedades humanas crónicas y el consumo de una dieta rica en polifenoles (Scalbert *et al.*, 2005). Los polifenoles pueden aceptar un electrón para formar radicales fenoxilo relativamente estables, perturbando así las reacciones de oxidación de las cadenas en los componentes celulares (Pandey y Rizvi, 2009).

Está bien establecido que los alimentos y bebidas ricas en polifenoles pueden aumentar la capacidad antioxidante del plasma, cada vez existen más evidencias de que los polifenoles pueden proteger los componentes celulares contra el daño oxidativo y, por lo tanto, limitar el riesgo de varias enfermedades degenerativas asociadas con el estrés oxidativo (Cruz-Vega *et al.*, 2009).

2.5.5 PIGMENTOS NATURALES

El aspecto de los alimentos tiene una importancia significativa y los colorantes naturales tienen un papel relevante entre los aditivos alimentarios. Muchas veces se emplean para resaltar el color de los alimentos y otras para devolver el color perdido durante su procesamiento. Esto último es lo que ocurre por ejemplo con las conservas de fresa y de guisantes que sin la adición de colorantes, resultarían de un color poco apetitoso (Sánchez, 2013).

Entre los pigmentos naturales se distinguen los hidrosolubles Tabla 4, solubles en agua, los liposolubles Tabla 5 o solubles en la grasa, y los minerales.

Tabla 4. Colorantes naturales hidrosolubles

Colorantes naturales hidrosolubles	
Curcumina	Riboflavina, lactoflavina
Cochinilla o ácido carmínico	Caramelo
Betanina o rojo de remolacha	Antocianos

Fuente: (Sánchez, 2013)

Tabla 5. Colorantes naturales liposolubles

Colorantes naturales liposolubles	
Clorofilas	Carotenoides
Xantofilas	

Fuente: (Sánchez, 2013)

2.5.5.1 Antocianinas

Según Strack y Wray (1994) citado por (Garz, 2008), las antocianinas representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles detectables en la región visible por el ojo humano. Estos pigmentos son responsables de la gama de colores que abarcan desde el rojo hasta el azul en varias frutas, vegetales y cereales.

2.5.5.2 Factores que afectan la estructura de las antocianinas

El color de las antocianinas se modifica fácilmente por efecto de gran cantidad de reacciones que ocurren en los alimentos y se presenta mayores variaciones durante el

almacenamiento debido a su inestabilidad por diversos factores como: pH, temperatura, oxígeno, luz, entre otras (Fossen, 1998, citado en Almeida, 2012).

La pérdida de color de las antocianinas también se da por la presencia de compuestos reactivos como azúcares reductores, fenoles y aminoácidos (Zeiger & Taiz, 2006). Otra causa de degradación de las antocianinas son las reacciones enzimáticas que se producen en forma natural en los frutos; la enzima β -glucosidasa hidrolizan al enlace glucosídico en el átomo de carbono 3, separando al aglicón del azúcar. Existen enzimas del tipo de las polifenolasas que también pueden causar una decoloración de los frutos. Algunos microorganismos presentan actividad enzimática de antocianinas, capaz de inducir la destrucción de las antocianinas (Fennema, 2000, citado en Almeida, 2012).

- **Efecto del pH**

Las antocianinas tienen cambios importantes de color con las variaciones de pH, cuando el pH es ácido su color es rojo intenso mientras que a pH neutro se encuentra de manera incolora y a pH alcalino su coloración es amarilla y pasa posteriormente a ser azul (Cuevas, 2008, citado en Almeida, 2012).

- **Efecto de la temperatura**

Las antocianinas durante el procesamiento son destruidas por efecto del calor. El aumento de la temperatura produce la pérdida de una molécula de azúcar en la posición 3 y como consecuencia la ruptura del anillo y como efecto la formación de chalconas incoloras (Garzon, 2008, citado en Almeida, 2012).

- **Efecto de la luz**

Laleh *et al.* (2006) afirman que la luz es otro factor que afecta la estabilidad de los compuestos fenólicos, su investigación menciona que la exposición de zumo de uva a la luz acelera la destrucción de antocianinas.

2.5.6 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN MAÍCES DE COLOR

Existe un creciente interés de los consumidores por comprar alimentos con alto contenido de antioxidantes, lo que ha sido impulsado por informes científicos y de prensa sobre la posible correlación entre dietas ricas en bioactivos (antioxidantes) y una menor incidencia de enfermedades crónicas degenerativas (Wootton-Beard y Ryan, 2011).

La tendencia de consumir granos de maíz pigmentados ha incrementado, debido a que estos presentan más antioxidantes que los granos blancos u amarillos, esta mayor actividad antioxidante se debe a la presencia de polifenoles, (De la Parra *et al.*, 2007).

El uso beneficioso del grano de maíz pigmentado en la preparación de tortillas y bocadillos ha sido reportado previamente, no obstante, se producen altas pérdidas (56-70%) de compuestos funcionales durante el procesamiento de grano de maíz en tortillas (De la Parra *et al.*, 2007).

2.5.7 COMPUESTOS ANTIOXIDANTES EN ALIMENTOS PROCESADOS

La investigación sobre los cambios antioxidantes en la cadena de producción de alimentos es escasa. Hasta la fecha, la mayoría de la información se ha centrado en los cambios de compuestos como el contenido de vitamina C, tocoferol y carotenoides. Los estudios sobre polifenoles son aún menores, sin embargo durante los últimos años, éstos compuestos han recibido más atención (Smith y Charter, 2010).

Durante la transformación de productos alimenticios, existen grandes pérdidas de los compuestos presentes encargados del valor funcional del alimento, por lo que el uso de métodos menos nocivos para la determinación de estos compuestos es de gran importancia para la industria. Entre los métodos de menor daño para los antioxidantes y que en la actualidad se encuentran en auge son: el procesamiento de campo eléctrico a alta presión, el secado al vacío o a baja temperatura y la cocción corta en pequeñas cantidades (Smith y Charter, 2010).

Sahlin, Savage, y Lister (2004) afirman que la influencia de cocinar, freír y tostar tomates en su potencial antioxidante, mostró que estos tratamientos previos resultaron en una reducción significativa en el contenido de ácido ascórbico, fenoles totales y contenido de licopeno en comparación con las frutas frescas. El proceso de fritura causó la mayor pérdida de antioxidantes y nutrientes a causa de la alta temperatura del proceso. Las pérdidas del ácido ascórbico alcanzaron más del 60%. Los efectos de hervir y hornear fueron similares, aunque las pérdidas de antioxidantes y nutrientes fueron significativamente menores.

2.6 SNACKS DE MAÍZ

Desde tiempos precolombinos, los aztecas producían el totopochtli mediante el tostado de las tortillas en un comal caliente. Después se hizo una práctica común entre las amas de casa al freír las tortillas sobrantes de la comida para mejorar su sabor. A las tortillas fritas se les dio el nombre de tostadas cuando mantenían su forma original y totopos o tortilla chips si se moldean o seccionaban en partes (Serna-Saldivar y Rooney, 1987, citado por Véles, 2004).

En los EE.UU., la fritura se ha expandido en el mercado para alimentos de masa-base, debido a que el producto final tiene un excelente sabor, textura y una larga vida útil. Los Snacks (Tortilla Chip) se cuecen al horno antes de ser fritos, y por lo tanto absorber menos aceite y tienen una textura más firme y un sabor más fuerte de alcalinidad que los chips de maíz. La masa para Snacks normalmente se corta en triángulos o círculos pequeños, luego pasa al horno, fritura, salado y condimentado (FAO, 2016).

2.6.1 FACTORES CRÍTICOS EN EL PROCESAMIENTO DE SNACKS

Los factores de control de la nixtamalización de maíz se encuentran a través de todo proceso incluyendo: a) el perfil de tiempo temperatura empleado durante el cocimiento y reposo, b) el tipo de lavado de nixtamal, c) las condiciones de molienda, d) el tipo de mezclado, laminado y cortado de masa, y e) el perfil del tiempo-temperatura del horno. Para la elaboración de productos fritos como tostadas y totopos, estas condiciones deben ajustarse apropiadamente en combinación con el perfil de tiempo-temperatura del freído para desarrollar la estructura adecuada del producto, el color y nivel de absorción de aceite deseado. Las condiciones de proceso deben promover los cambios físicos y químicos necesarios en el maíz para obtener la funcionalidad de textura y humedad deseadas para el manejo y procesamiento del nixtamal, masa y la calidad de los productos (Almeida, 1996, citado en Véles, 2004).

2.6.2 Nixtamalización

El cocimiento del grano de maíz en una solución alcalina tiene como propósitos principales solubilizar el pericarpio e hidratar el grano para que se pueda tener una masa con características favorables para la elaboración de las tortillas (Salinas y Vázquez, 2006).

La dureza del grano de maíz es el principal factor a considerar al momento de definir el tiempo de nixtamalización que se dará al grano (Salinas y Vázquez, 2006). En este sentido Gomes (1993) citado por Salinas y Vázquez (2006) desarrollo un modelo matemático que relaciona la dureza del grano medida mediante el índice de flotación (IF) con el tiempo óptimo de nixtamalización.

2.6.3 Efecto de la nixtamalización sobre las Antocianinas

Durante el procesamiento por nixtamalización el maíz es sometido a condiciones de alto contenido humedad, calor (80 a 105 °C) y un pH elevado (11 a 12). La nixtamalización reduce significativamente el contenido de antocianinas en los maíces pigmentados, pérdida que se debe a que gran cantidad de estos compuestos se solubilizan en el agua de cocción con pH elevado y temperatura extrema, lo que degrada a los compuestos. Además, otras estructuras químicas derivadas de los polifenoles son afectadas por el rompimiento de enlaces éster, y como consecuencia se liberan los fenoles a la solución de cocimiento. La mayor parte de estos compuestos se encuentran en el pericarpio del grano, y son eliminados durante el lavado del nixtamal (De la Parra, 2007, citado en Escalante-Aburto *et al.*, 2013).

2.6.4 Fritura

Saguy y Dana (2006) citado por Lizano (2012) definen a la fritura como la cocción y secado de los alimentos por su inmersión en aceite o grasa a temperaturas elevadas (160 - 180°C), donde el aceite actúa como transmisor del calor produciendo un calentamiento rápido y uniforme del producto.

Es también considerado un proceso de deshidratación, porque a medida que un producto alimenticio es frito, las células internas se van deshidratando y el agua evaporada es parcialmente remplazada por aceite (Fillion y Henry, 1998, citado en Lizano, 2012). La razón por la que las temperaturas de fritura se encuentran entre 160 -180°C, se debe a que temperaturas mayores favorecen el deterioro del aceite y temperaturas menores

incrementan el tiempo de fritura; además que las temperaturas bajas son insuficientes para recuperar las pérdidas de calor por evaporación (Toledo, 1982, citado en Lizano, 2012).

2.6.5 Temperatura de fritura

La temperatura de fritura depende del tipo y forma del alimento. En términos generales, la temperatura apropiada de fritura es 160 °C a 190 °C. Temperaturas más elevadas provocan oscurecimiento, oxidación, hidrólisis y polimerización. Si la temperatura es muy baja, el tiempo de fritura requerido es muy largo, afecta la calidad de los alimentos y se absorbe más grasa o aceite (INEN, 2014).

2.6.6 Fritura en snacks

Matiacevich, Henríquez, Mery, y Pedreschi (2014) afirman que, el contenido de aceite total en chips de tortilla fue absorbido principalmente durante los primeros 10 segundos de fritura, y en total absorción de aceite es independiente de la temperatura de fritura del aceite.

2.6.7 Efecto de la fritura sobre compuestos fenólicos

Hoshino, Matsumoto, Goto, y Harada (1982) citado por Garz (2008) demostró, que cuando la concentración de antocianinas alcanza valores altos, se presentan fenómenos de auto asociación entre dos cationes flavilio, dos formas hemiacetal o dos bases quinoidales, e inclusive entre una base quinoidal y un catión flavilio, protegiendo de esta manera la molécula de antocianina y aumentando su estabilidad.

Investigaciones más recientes como la de Zhao, Corrales, y Zhang (2008) citado por Lizano (2012), describieron la estabilidad térmica de las antocianinas presentes en extractos de maíz morado chino por calorimetría diferencial de barrido. Reportaron la degradación del 50% de antocianinas sometidas a un proceso de calentamiento a 150°C por 10 min.

Con estos antecedentes (Badui, 2006) afirma que, los sistemas de alta temperatura y corto tiempo son los más adecuados para conservar el color de los alimentos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

La investigación relacionada con el diseño de un snack a base de granos de maíz negro/morado, se realizó en el Laboratorio de Análisis Físico Químicos y Microbiológicos de la Facultad de Ingenierías en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte, ver Tabla 6.

Tabla 6. Localización del experimento

Localización del experimento	
Provincia:	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia:	El Sagrario
Temperatura:	18°C
Altitud:	2250 m.s.n.m
HR promedio:	73%
Latitud:	0°20'Norte

Fuente: INAMHI, 2017

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

El maíz negro/morado *Zea mays* L. fue obtenido de dos localidades, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) estación experimental Santa Catalina y del cantón Cotacachi de la provincia de Imbabura.

Materiales: vasos de precipitación, matraces Erlenmeyer, probetas, embudos de vidrio, tubos de ensayo, celdas de cuarzo, papel Watman N°4, micro pipetas, crisoles, balón volumétrico, papel Glacin

Equipos: espectrofotómetro Jenway (modelo 6705 UV/Vis), Espectrofotómetro de reflectancia (modelo Specord 250 plus), texturómetro (modelo EZ-9X), micro centrífuga (modelo Mini-14K), liofilizador (modelo Advantage Plus ES-53), shaker, balanza analítica, termómetro, desecador, refrigerador, molino de discos, deshidratador de bandejas, horno, termómetro laser,

Reactivos: Oxido de Calcio Sigma Aldrich, ácido Fumárico Sigma Aldrich, Agua destilada, metanol 99%, ácido tricloroacético 99%, Folin-Ciocalteu 1N Sigma Aldrich, carbonato de sodio al 19%, DPPH Sigma Aldrich.

3.3 MÉTODOS

3.3.1 FORMULACIÓN DEL SNACK A PARTIR DE GRANOS DE MAÍZ NEGRO/MORADO

La buena calidad del grano de maíz tiene relevancia, al momento del procesamiento tanto en la industria de harinas nixtamalizadas como en las industrias de los derivados de maíz, por lo tanto, las pruebas físicas del grano de maíz son fundamental para el estudio, en la Tabla 7 se describen los análisis realizados al grano de maíz negro/morado.

Tabla 7. Variables y métodos utilizados para el análisis físico del grano de maíz negro/morado

Característica	Variable	Método / Equipo
Físicas	Humedad del grano	(AOAC 925.10)
	Dureza	(Método indirecto por el índice de flotación)
	Color	Espectrofotómetro UV – VIS

3.3.1.1 Tratamientos para la formulación del snack

Para la formulación del snack se utilizó dos tipos de maíces de color negro/morado obtenidos de dos localidades, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) estación experimental Santa Catalina y del cantón Cotacachi de la provincia de Imbabura.

Tabla 8. Tratamientos para la formulación del snack a base de grano de maíz negro/morado

Tratamientos	Proporción (%)	Descripción
T1	70 : 30	70% INIAP, 30% Cotacachi
T2	50 : 50	50% INIAP, 50% Cotacachi
T3	100	Maíz negro/morado (Cotacachi)
T4	100	Maíz negro/morado (INIAP)
Testigo	100	Maíz amarillo

Para el análisis de datos se utilizó un diseño completamente al azar (D.C.A) mediante el paquete estadístico InfoStat. En caso de que se detecte diferencia significativa entre tratamientos se realizó la prueba de Tukey (5%).

3.3.1.2 Nixtamalización y preparación de tortillas

Este proceso se realizó utilizando el método descrito por Vázquez-Carrillo, García-Lara, Salinas-Moreno, Bergvinson, y Palacios-Rojas (2011) con modificaciones (Cañarejo, 2014), el cual consiste en utilizar 100g de grano de maíz, agregar 200ml de agua y 0.7g de óxido de calcio (CaO). El tiempo de cocción varió con la dureza del grano, estimado por el índice de flotación (Secretaría de Economía, 2002).

Tabla 9. Variables paramétricas a evaluarse en las diferentes formulaciones tanto en masa y tortilla

Análisis	Metodología o Instrumento
Textura	Texturometro
Color	Espectrofotómetro UV - VIS
pH	AOAC 981.12
Fenoles solubles totales	Método Folin – Ciocalteu
Humedad	AOAC 925.10
Actividad Antioxidante	DPPH

Se seleccionó el mejor tratamiento de acuerdo a parámetros de Actividad Antioxidante, Fenoles Totales, Color y Textura, para continuar con el experimento.

3.3.2 EVALUACIÓN DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DEL SNACK

Para la evaluación del proceso de elaboración del snack con propiedades funcionales se utilizó un diseño completamente al azar (D.C.A) con un arreglo factorial $A \times B + 1$, donde el factor A correspondió al método de deshidratado y el factor B la temperatura de fritura, el testigo fue el snack comercial.

A continuación, se describe el diseño experimental que se utilizó en la elaboración del snack.

3.3.2.1 Factores de estudio para la elaboración del snack

Se estableció como primer factor en estudio el método de deshidratado, según la Tabla 10.

Tabla 10. Primer factor en estudio (Método de deshidratado)

Nivel	Método de deshidratado
A1	Ambiente
A2	Por flujo de aire
A3	Horno

Como segundo factor en estudio se estableció la temperatura de fritura, según la Tabla 11.

Tabla 11. Segundo factor en estudio (Temperatura de fritura)

Nivel	Temperatura de fritura (°C)
B1	150
B2	170
B3	190

3.3.2.6 Tratamientos

Se realizó una combinación de los factores de estudio A (método de deshidratado) y B (tiempo de fritura), donde se obtuvo los siguientes tratamientos. Ver Tabla 12.

Tabla 12. Descripción de tratamientos a evaluarse en el snack

Tratamientos	Combinaciones	Descripción
T5	A1B1	Ambiente, Fritura a 150 °C
T6	A1B2	Ambiente, Fritura a 170 °C
T7	A1B3	Ambiente, Fritura a 190 °C
T8	A2B1	Flujo de aire, Fritura a 150 °C
T9	A2B2	Flujo de aire, Fritura a 170 °C
T10	A2B3	Flujo de aire, Fritura a 190 °C
T11	A3B1	Horno, Fritura a 150 °C
T12	A3B2	Horno, Fritura a 170 °C
T13	A3B3	Horno, Fritura a 190 °C
Testigo	Testigo	Snack comercial

3.3.2.3 Características del experimento

En la tabla 13 se detalla las características del experimento

Tabla 13. Características del experimento

Características del experimento	
Número de repeticiones por tratamiento	3
Número de tratamientos	10
Unidades experimentales	30

3.3.2.4 Unidad experimental

El material empleado para cada unidad experimental fue de 1kg de maíz negro/morado libre de impurezas.

3.3.2.5 Esquema del análisis estadístico

En la Tabla 14 se detalla el esquema del análisis estadístico

Tabla 14. ANOVA para un diseño completo al azar

Fuente de variación	Grados de Libertad
Total	29
Tratamientos	9
Factor A método de deshidratado	2
Factor B tiempo de fritura	2
Interacción (A x B)	4
Testigo vs resto	1
Error experimental	20

3.3.2.6 Análisis funcional

En caso de que se detecte diferencia significativa entre tratamientos se realizó la prueba de Tukey (5%), con el paquete estadístico InfoStat.

3.3.2.7 Variables evaluadas

En la Tabla 15, se describe los parámetros y etapas del proceso de evaluación, tanto en tortilla, y snack. En snack se realizó un análisis proximal al mejor tratamiento, mismo que fue seleccionado de acuerdo a los parámetros de Actividad Antioxidante, Fenoles totales, Color y Textura.

Tabla 15. Parámetros y etapas de evaluación en el snack

Etapa del proceso	Análisis	Metodología o Instrumento
Tortilla de nixtamal	Textura	Texturometro
	Color	Espectrofotómetro UV – VIS
	Humedad	AOAC 925.10
	Fenoles solubles totales	Método Folin – Ciocalteu
	Actividad antioxidante	Método DPPH
Snack	Textura	Texturometro
	Color	Espectrofotómetro UV – VIS
	Humedad	AOAC 925.10
	Fenoles solubles totales	Método Folin – Ciocalteu
	Actividad antioxidante	Método DPPH
	Proximal (humedad, ceniza, proteína, extracto etéreo, fibra), Ca, Mg, Fe	(AOAC 925.10) (AOAC 923.03) (AOAC 920.87) (AOAC 920.85) (AOAC 978.10)

3.3.3 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD FUNCIONAL DEL SNACK

Para la determinación de la capacidad funcional del snack se cuantificó fenoles solubles totales, además de evaluar la actividad antioxidante tanto en masa como en snack.

3.3.3.1 Cuantificación de fenoles solubles totales

El método se basa en la medición del color azul que se desarrolla por la reacción de los compuestos que presentan en su estructura del grupo fenol con el reactivo Folin – Ciocalteu. Para lo cual se utilizó la metodología descrita por Makkar (2002)

- Preparación de muestra

Se liofilizó las muestras con el fin de reducir las pérdidas de los compuestos funcionales presentes.

- Preparación del extracto

Se molió la muestra previamente liofilizada, se pesó 1 g de muestra en papel glacin, se mezcló con 20mL de metanol acidificado (99% metanol y 1% de ácido trifluoroacético, v/v). Las muestras se agitaron durante 15 min en un shaker y se refrigeraron a 4°C durante 105 minutos. Se centrifugaron las muestras a 2200 rpm durante 15 min, se filtró la muestra en papel Whatman N°4, el sobrenadante se retiró y se aforó a 20 mL con el disolvente de extracción, se almacenó a -20°C hasta la medición. Este extracto se utilizó para cuantificar el contenido de fenoles solubles totales (FST) y para la evaluación de actividad antioxidante (AA).

- Cuantificación de Fenoles Totales en Cada Extracto

Para el ensayo colorimétrico se utilizó el método de Folin – Ciocalteu (F-C). Se utilizó 500uL del extracto y se añadió 125uL de F-C, se agitó la mezcla suavemente y se dejó actuar el reactivo durante 6 minutos, antes de agregar 1.25mL de carbonato de sodio al 19%. El volumen final se ajustó a 3mL con agua destilada. Se procedió a dar lectura en el espectrofotómetro a 760 nm, una vez que las muestras han reposado 90 minutos.

Los resultados se informaron en función de ácido gálico, para lo cual se preparó una curva patrón con ácido gálico.

3.3.3.2 Determinación de Actividad Antioxidante por el método DPPH

La capacidad para capturar radicales libres de los extractos se determinó utilizando como referencia el ensayo (DPPH) de acuerdo al método reportado por Wu *et a*, (2006). EL DPPH se caracteriza por poseer un electrón desapareado que es un radical libre. Por lo cual se utilizó como material de referencia para determinar el poder antioxidante en extractos.

Con una solución 60 µM de 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) (Sigma - Aldrich) en metanol al 80%. Se tomó alícuotas de 200 µl de extracto y se adicionó 2,8 ml de DPPH en celdas de cuarzo, y la absorbancia se monitoreo cada 5 min durante un período de 30 min a 515 nm, utilizando una disolución de metanol al 80% como blanco.

La actividad antioxidante se expresa como porcentaje de inhibición lo cual corresponde a la cantidad de radical DPPH neutralizado por el extracto a una determinada concentración, de acuerdo a la Ecuación 1:

$$\% \text{ Inhibición} = \%I = \frac{A - A_1}{A} * 100 \quad (1)$$

A: es la absorbancia del blanco

A₁: es la absorbancia de la muestra a los 30 minutos.

3.3.4 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL SNACK

En la determinación de las características físico-químicas y microbiológicas del snack se realizó un análisis proximal y análisis microbiológicos de acuerdo al mejor tratamiento, mismo que fue seleccionado de acuerdo a los parámetros de Actividad Antioxidante, Fenoles totales, Color y Textura.

3.3.4.1 Análisis microbiológicos en el snack

En la Tabla 16, se describe los análisis microbiológicos realizados en el snack, de acuerdo a la NTE INEN 2 561:2010.

Tabla 16. Análisis microbiológicos realizados en el snack

Momento de evaluación	Variable a evaluarse	Metodología
Al final del experimento	Recuento estándar en placa, ufc/g	NTE INEN 1529-5
Al final del experimento	Recuento de Mohos ufc/g	NTE INEN 1529-10
Al final del experimento	Recuento de E. coli ufc/g	NTE INEN 1529-7

3.3.4.2 Análisis proximal en el snack

En la Tabla 17, se describe los análisis físico- químicos realizados en el snack, de acuerdo a la NTE INEN 2 561:2010.

Tabla 17. Análisis físico-químico en el snack formulado

Momento de evaluación	Variable a evaluarse	Metodología
Al final del experimento	Humedad	(AOAC 925.10)
	Ceniza	(AOAC 923.03)
	Proteína	(AOAC 920.87)
	Extracto Etéreo	(AOAC 920.85)
	Fibra	(AOAC 978.10)
	Ca, Mg, Fe	

3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

El proceso para la elaboración del snack que se utilizó se describe en el siguiente diagrama, ver Figura 5.

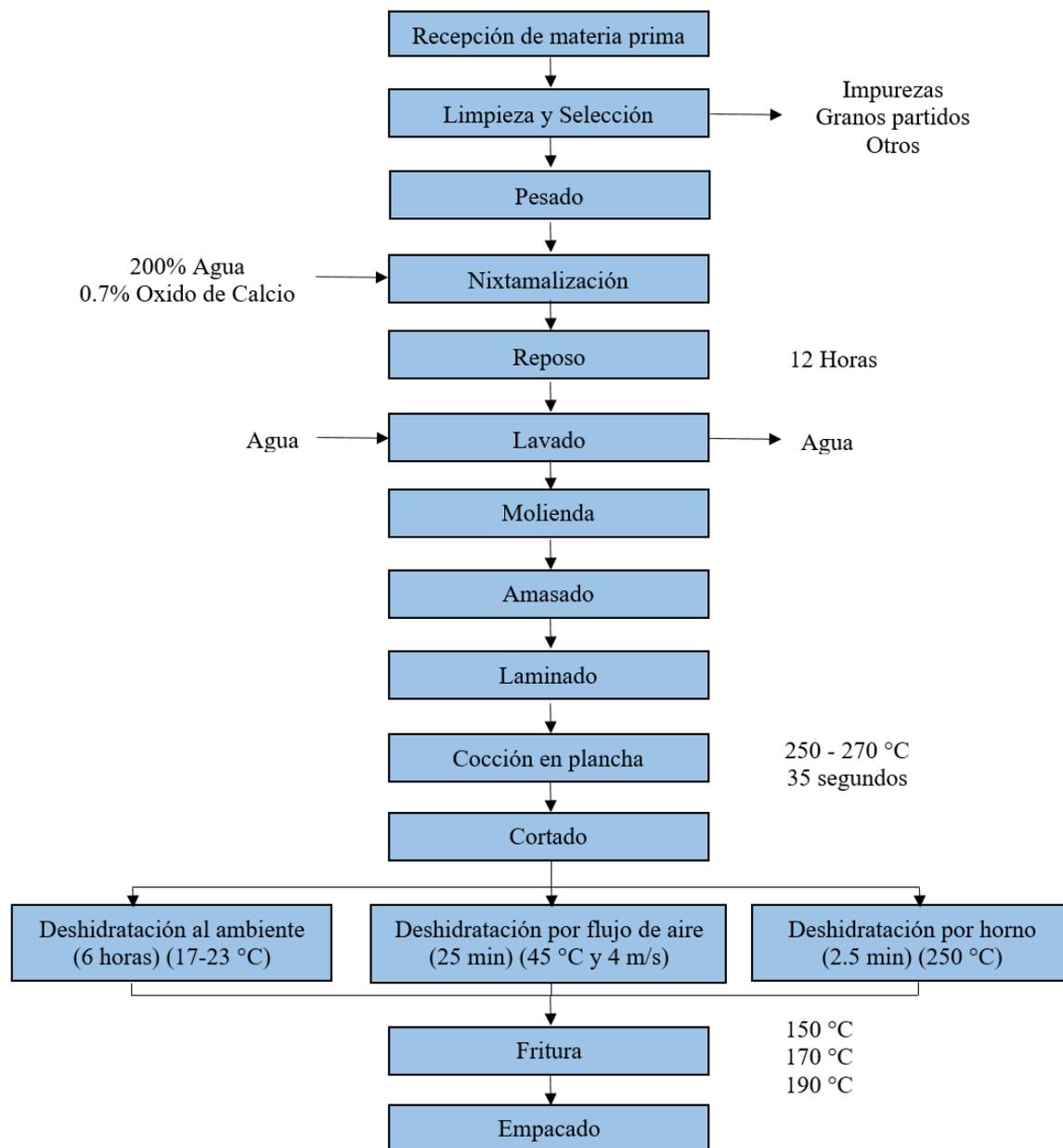


Figura 5. Proceso de elaboración del snack a base de granos de maíz negro/morado

3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DEL SNACK

- Recepción de materia prima

La materia prima fue proporcionada por la Estación Santa Catalina perteneciente al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Se utilizó una variedad mejorada del maíz “racimo de uvas”. Además, se utilizó maíz criollo negro/morado del sector Cotacachi.

- Limpieza y Selección

Se eliminó cualquier tipo de impureza o granos partidos, además se seleccionó los granos de distinto color.

- Pesado

Se procedió a pesar la materia prima en una balanza digital, y como indicábamos anteriormente cada unidad experimental fue de 1 Kg de grano limpio y sano, por lo que se repartió en dos vasos de precipitados de 1000mL.

- Nixtamalización

El proceso de cocción y remojo del grano de maíz, se realizó utilizando el método descrito por Vázquez-Carrillo, García-Lara, Salinas-Moreno, Bergvinson, y Palacios-Rojas (2011) con modificaciones (Cañarejo, 2014). Por lo que se utilizó muestras de 1 kg de maíz negro/morado de Cotacachi y del INIAP, el tiempo de cocción depende de la dureza del grano para estos tipos de granos fue de 30 minutos y 25 minutos respectivamente agregando oxido de calcio, una vez finalizado el tiempo de cocción, se retiró y se dejó en reposo durante 12 horas. Finalizado el tiempo de reposo se procedió a lavar el grano de maíz, previa la molienda se realizó la mezcla de maíces en proporción 70:30 (INIAP:Cotacachi). La mezcla de maíces se molió en un molino eléctrico de discos para la obtención de una masa uniforme. Además, se amasó y acondicionó la masa de forma tradicional. Para la obtención de tortillas se pesó 25 g de masa y se colocó en una prensa manual para obtener tortillas de 11 cm de diámetro y 2 mm de espesor, después se cocinaron en una plancha metálica a una temperatura de 210°C durante 15 segundos girando la tortilla cada 5 segundos.

- Cortado

Se cortó la tortilla en forma de triángulos.

- Deshidratado

En el deshidratado de tortilla chip se utilizó tres métodos, se estandarizó para los tres métodos por lo cual la tortilla deshidratada tuvo una humedad de $28\% \pm 2$ al finalizar.

❖ Deshidratación al ambiente

Método tradicionalmente utilizado, que implica deshidratar las tortillas de maíz a temperatura ambiente entre 19 a 23 °C, las tortillas chips se deshidrataron en bandejas plásticas, en un sitio que no se encuentren expuestas a la luz por el tiempo 6 horas o hasta obtener una humedad del 28% aproximadamente.

❖ Deshidratación por flujo de aire

Morales-Pérez & Vélez-Ruiz (2011) describen que, con una temperatura de 48°C y con un flujo de aire caliente de 4 m/s, la deshidratación de tortilla chip tarda 25 minutos, método que fue el más satisfactorio para obtener un producto bajo en grasa, y con la textura adecuada.

❖ Deshidratación por horno

Las tortillas chips se hornean o se cocinas en un sartén eléctrico que previamente se calentó a 250°C durante 2 minutos, (Matiacevich *et al.*, 2014).

- Fritura

Se realizó una fritura por inmersión en proporción 1:6 (Tortilla deshidratada: Aceite), se empleó una freidora eléctrica con el aceite previamente calentado a diferentes temperaturas 150, 170 y 190°C, con el fin de determinar el rango en el que exista menor pérdida de fenoles.

- Enfriado

Se enfriaron los snacks en bandejas recubiertas con papel absorbente, para eliminar el excedente de aceite.

- Empacado

Se empacaron en fundas de polietileno resistentes y se sellaron para evitar la hidratación de los snacks.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El maíz negro/morado *Zea mays* L. fue obtenido de dos localidades, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Experimental Santa Catalina - Quito y del cantón Cotacachi de la provincia de Imbabura.

4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GRANO DE MAÍZ NEGRO/MORADO

Previo el desarrollo del experimento se realizó análisis físicos al grano de maíz negro/morado de acuerdo al color, humedad y dureza, con la finalidad de categorizar a los granos y homogenizar la unidad experimental. Los análisis se realizaron por triplicado.

Tabla 18. Valores de humedad, color y dureza en granos de maíz negro/morados.

Variedad	L	Tono (h) (°)	Croma	Humedad %	IF %
Maíz negro/morado INIAP	20.12	310.5	1.5	11.52	96
Maíz negro/morado Cotacachi	19.55	332.6	1.2	11.65	80
DHS	0.4	1.97	0.2	0.2	1.17

L: Luminosidad; IF: Índice de flotación; DHS: diferencia honesta significativa

En la Tabla 18 se observa los parámetros de color, donde luminosidad indica brillantez, si L es igual a 0 es negro u oscuro, o si es igual a 100 es blanco o claro, para maíz negro/morado INIAP, presentó un valor L de 20.12 lo que indica ser granos oscuros.

El ángulo de tono comienza en el eje $+a^*$ (rojo), y consecutivamente $+b^*$ (amarillo), $-a^*$ (verde) y es $-b^*$ (azul), para maíz INIAP se obtuvo un ángulo de tono de 310.5° (ver Figura 6), cuyo color del grano es púrpura oscuro. El croma muestra la saturación de color, en donde valores elevados son colores puros y valores bajos presentan una menor pureza, la cromaticidad para el maíz INIAP fue de 1.5 lo que indica una baja pureza.

Para granos de maíz negro/morados de la localidad de Cotacachi sus parámetros de color en cuanto a luminosidad, ángulo de tono (Hue) y Croma fueron de 19.55, 332.6° y 1.2 respectivamente (Tabla 15).

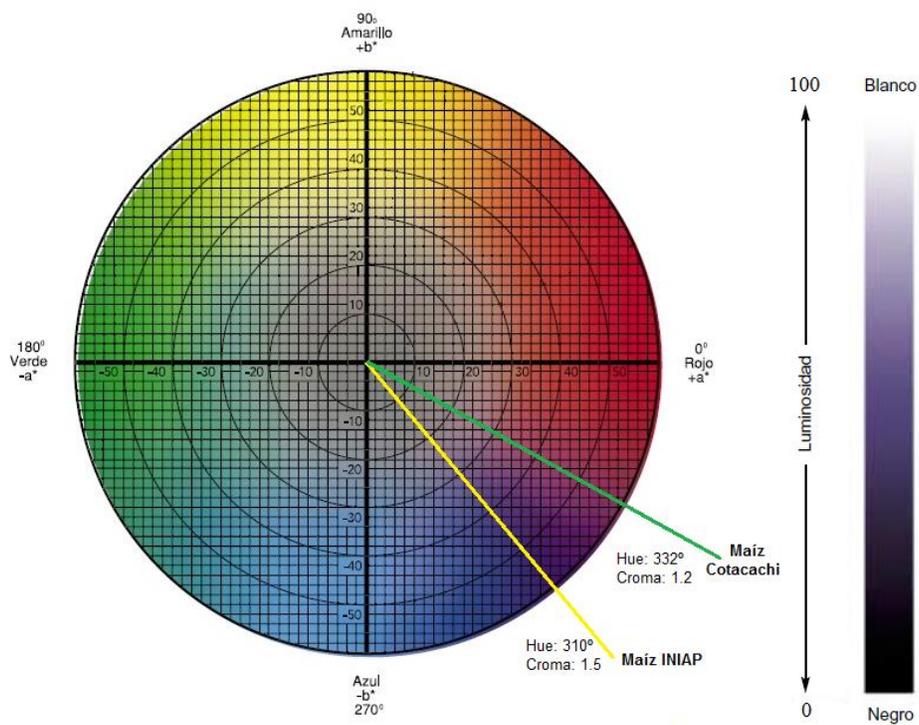


Figura 6. Representación gráfica de los parámetros Hue y Croma de los granos de maíz negro/morados del INIAP y Cotacachi.

En cuanto a la humedad de los granos de maíz se obtuvo valores similares a lo indicado en la Norma Técnica Mexicana NMX-FF-034/1-SCFI-2002 para calidad de maíz, cuyo valor fue entre 11.52% y 11.65%, lo que indica que los granos de maíz fueron secados y almacenados de una manera adecuada.

La variable dureza del grano, analizada de acuerdo a la metodología descrita por la Norma Mexicana de calidad para maíz nixtamalizado (NMX-FF-034/1-2002), expresado por el índice de flotación en porcentaje de los granos de maíz, en cuanto a granos de maíz negro/morado INIAP se obtuvo valores de 96%, lo que indica que es un maíz muy suave, en tanto que, para granos de maíz negro/morado Cotacachi se obtuvo un 80% considerado como un maíz suave con características de endospermo vítreo.

4.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE TORTILLA DE MAÍZ NEGRO/MORADO

El análisis estadístico mostró que hubo diferencias significativas ($p < 0.05$), entre los tratamientos (T1, T2, T3, T4 y Testigo), sobre los parámetros de color L^* , Hue, Croma, así también en Textura, Humedad, Fenoles Solubles Totales y Actividad Antioxidante (ver Tabla 19).

Tabla 19. Análisis de Varianza para parámetros de color, textura, Fenoles solubles totales (FST) y Actividad antioxidante (AA) en tortillas de diferentes mezclas de maíces

Variable	gl	F cal	R ²	C.V
Luminosidad (L^*)	3	29446.07 **	0.96	0.23
Hue (°)	3	62856.38 **	0.89	0.23
Cromaticidad	3	279.21 **	0.78	2.30
Textura (g^f)	3	13349.59 **	0.87	0.79
Humedad	3	63.01 **	0.96	0.72
Fenoles solubles Totales (mg GAE)	3	475.58 **	0.92	2.01
Actividad antioxidante (% Inhibición)	3	1647.04 **	0.88	1.57

gl: grados de libertad; R²: coeficiente de determinación del ajuste; F cal: prueba estadística F calculada; C.V: coeficiente de variación; ** altamente significativo; *significativo; n.s: no significativo

4.1.1.1 Color en tortillas de diferentes mezclas de granos de maíz

Los colorantes naturales son importantes por su impacto sobre las características sensoriales de los alimentos y su implicación en la salud humana a través de diferentes vías (De Pascual-Teresa y Sanchez-Ballesta, 2008).

En base a estas consideraciones se evaluó la variable color mediante los parámetros Luminosidad (L^*), a^* y b^* que permiten calcular el ángulo Hue y el Croma de los tratamientos.

Los resultados de acuerdo al análisis de varianza (Tabla 17), muestra que la luminosidad es diferente ($p < 0.05$) en todos los tratamientos (T1, T2, T3, T4 y Testigo). En cuanto al valor de ángulo de tono, se observó que el tratamiento T3 obtuvo un valor Hue de 331.27° que es superior y diferente al resto de tratamientos, lo que indica que tiende a ser de color rojizo. En los valores de Croma muestra una diferencia significativa entre tratamientos con valores entre 6.09 y 7.64, esto muestra que el color de las tortillas de maíz negro/morado presentan tonos grises y de baja pureza, a comparación del testigo (maíz amarillo) que muestra un croma de 28.42 característica de una tortilla de maíz amarillo.

Al existir diferencia estadística significativa entre tratamientos se realizó la prueba de Tukey al 5%, ver Tabla 20.

Tabla 20. Valores de color Luminosidad, Hue y Croma en tortillas de diferentes mezclas de maíces

Tratamiento	Color		
	Luminosidad (L)	Hue ($^\circ$)	Croma
T1	45.27 ± 0.05 d	309.46 ± 0.97 c	7.64 ± 0.06 b
T2	47.32 ± 0.05 b	321.12 ± 0.24 b	6.80 ± 0.62 c
T3	42.46 ± 0.20 e	331.27 ± 0.76 a	6.09 ± 0.31 d
T4	46.34 ± 0.15 c	306.87 ± 0.34 d	6.99 ± 0.30 bc
Testigo	71.24 ± 0.11 a	112.36 ± 0.57 e	28.41 ± 0.56 a
DHS	0.31	1.71	0.69

Letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0,05$); DHS: Diferencia Honesta Significativa (Tukey 0.05)

De acuerdo a las medias del parámetro luminosidad la prueba de Tukey al 5%, permitió evidenciar la diferencia significativa entre los tratamientos y el testigo, dentro de los cuales resalta el tratamiento T2 con el valor más elevado, mientras que el T3 muestra el valor más bajo. Sin embargo, todos los tratamientos presentan valores similares a lo reportado por Hernández-martínez *et al.*, (2016) cuyos valores para luminosidad, ángulo de tono (Hue) y croma fueron: 41.50 ± 2.8 , $301.22^\circ \pm 0.2$ y 3.5 respectivamente.

Con respecto al ángulo de tono Hue los tratamientos T4: 306.87; T1: 309.46 tienden a un color azul-purpura oscuro, mientras que los tratamientos T2: 321.12; T3: 331.27 presentan un tono púrpura oscuro- rojizo.

El color de la tortilla depende del color de los granos de maíz y de las interacciones de sus componentes químicos con el pH alcalino presente durante la nixtamalización (Salinas-

Moreno *et al.*, 2012), durante la nixtamalización, el pericarpio es solubilizado por el óxido de calcio y las antocianinas se exponen directamente al pH altamente alcalino, razón por la cual el pigmento cambia. El color de los tratamientos T4 y T1 es similar a lo informado por Cevallos-Casals y Cisneros-Zevallos (2004), quienes examinaron el pH de la masa y tortilla de distintas razas de maíz, y a un pH de 7 a 8 observaron que color de un extracto de grano de maíz morado era púrpura oscuro-rojo.

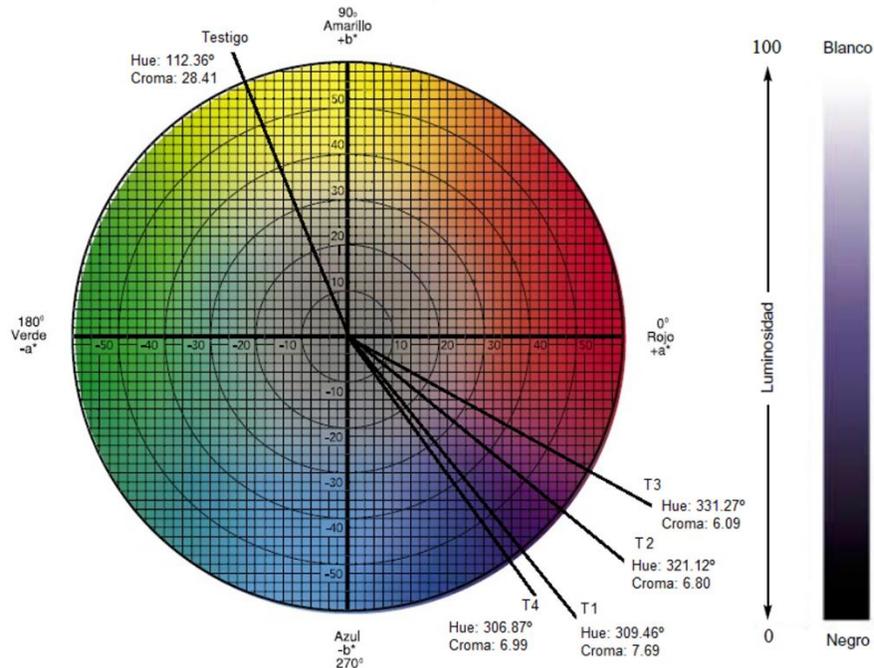


Figura 7. Representación gráfica de los parámetros Hue y Croma en tortillas de diferentes mezclas de maíces

4.1.1.2 Textura en tortillas de diferentes mezclas de granos de maíz

La textura puede ser definida como una manifestación de las propiedades reológicas de un alimento. Es un atributo muy importante que afecta al proceso de producción, manejo e influye en los hábitos alimenticios y, por tanto, en la elección final del consumidor (Cruz Chávez *et al.*, 2013).

Teniendo en cuenta este antecedente se evaluó la variable textura mediante la fuerza de ruptura de la tortilla, en la Tabla 16, se muestra el análisis de varianza para el parámetro de textura, en el cual se observa una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre

tratamientos, lo que indica que la dureza del grano influye en las características texturales de la tortilla.

Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% para la variable textura en tortillas de diferentes mezclas de maíces

Tratamientos	Textura g^f	Rangos
T3	302.78	A
T2	286.62	B
T1	282.83	B
Testigo	169.69	C
T4	166.87	C
DHS	4.7	

Letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0,05$); DHS: Diferencia Honesta Significativa (Tukey 0.05)

En la Tabla 21 se muestra al tratamiento T3 con una fuerza de ruptura superior a los demás, seguido del T2 y T1, entre estos últimos tratamientos no se observa diferencia estadística significativa ($p < 0.05$), por último, los tratamientos T4 y Testigo presentaron una fuerza de ruptura inferior al resto, indicando que la dureza del grano de maíz influye sobre la textura final de las tortillas.

Cruz Chávez *et al.*, (2013) afirman que las tortillas al requerir una menor fuerza son suaves, mientras que, las que requieren mayor fuerza son consideradas como duras, es deseable obtener una textura intermedia para la masticación. La Tabla 18, permite apreciar que tortillas elaboradas con granos de maíz muy suave tienen una fuerza de ruptura baja que concuerda con lo reportado por Salinas-moreno y Castillo-linares (2011), quienes indican que la adición de maíz ceroso (maíz suave) en la elaboración de tortillas incrementa la extensibilidad y la suavidad de las mismas, pero al mismo tiempo se tornan poco manejables desfavoreciendo las características texturales de las totillas.

Cruz Chávez *et al.*, (2013) concluyeron que, tortillas con fuerza de entre 250 y 350 g^f son de mayor agrado para las personas, ya que cumplen con el criterio de flexibilidad y textura adecuada que le permita ser doblada y enrollada, lo que se aprecia en los tratamientos estudiados donde se determina que T3, T2 y T1 cumplen con los parámetros en cuanto a textura para la elaboración de tortillas.

4.1.1.3 Humedad en tortillas de diferentes mezclas de granos de maíz

Las características texturales de las tortillas están relacionadas con las formas de unión y con la cantidad de agua contenida, La retención de agua en masa y tortilla es importante ya que la pérdida de agua excesiva hace un producto inaceptable (Arambula *et al.*, 1999).

En base a estas consideraciones se evaluó el parámetro de humedad, De acuerdo al análisis de varianza (Tabla 16) existió diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) entre tratamientos y al existir diferencia se realizó la prueba de significación Tukey al 5%.

Tabla 22. Prueba de Tukey al 5% para humedad en tortillas de diferentes mezclas de maíces

Tratamientos	Humedad (%)	Rangos
T2	43.03	A
T3	42.47	A
T1	42.24	A
T4	40.96	B
Testigo	39.64	C
DHS	0.80	

Letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0,05$); DHS: Diferencia Honesta Significativa (Tukey 0.05)

En la Tabla 22 se muestra que los tratamientos T1, T2 y T3 son iguales ($p > 0.05$), en tanto que el tratamiento T4 tiene un valor de humedad bajo al resto y es estadísticamente diferente ($p < 0.05$) al testigo. En el presente estudio la humedad no era útil para separar los tratamientos en vista que todos los tratamientos cumplen con la Norma Mexicana de calidad para maíz nixtamalizado (NMX-FF-034/1-2002), la cual expresa que la humedad óptima para tortillas de maíz es del 42 al 36 % \pm 1%.

4.1.1.4 Fenoles Solubles Totales (FST) en tortillas de diferentes mezclas de granos de maíz

El consumo de maíces de color está asociado indirectamente con beneficios para la salud, debido a la presencia de compuestos antioxidantes entre estos los fenoles solubles totales, los cuales retrasan el daño causado por los radicales libres, como actividad anticancerígena, antitumorales y antineurodegenerativa (Kraft *et al.*, 2008).

En las mezclas de los diferentes granos de maíz se observó diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos (Tabla 16) para el contenido de fenoles solubles totales, al existir diferencia estadística se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

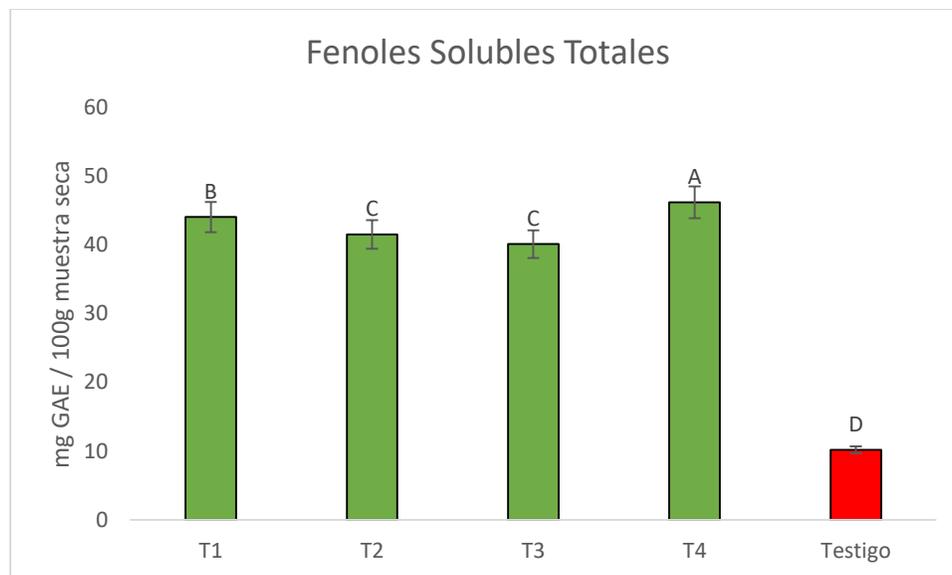


Figura 8. Fenoles solubles totales en tortillas de diferentes mezclas de maíz

Barras con letras iguales no son diferentes, de acuerdo a la comparación de medias de Tukey ($p > 0.05$).

Los resultados obtenidos muestran que, el tratamiento T4 presenta un mayor contenido de FST con un promedio de 46.15 mg GAE/100 g de materia seca, como segundo mejor tratamiento está el T1 con un promedio de 44.02 mg GAE/100 g de materia seca, por último se observa que los tratamientos T2 y T3 son iguales ($p > 0.05$) con un promedio de 41.48 y 40.08 mg GAE/100 g de materia seca respectivamente, sin embargo, se muestra (ver Figura 8) una notable diferencia entre el testigo y los tratamientos, se concluye que las tortillas elaboradas con maíces de color contienen hasta cuatro veces más FST que las tortillas elaboradas con granos de maíz amarillo.

Mayorga en el 2010, menciona que los granos de maíz negro/morados ecuatorianos, presentan una concentración de 57.82 mg GAE/100 g de muestra, en el presente trabajo se obtuvo para el tratamiento T4 un contenido del 44.02 mg GAE/100 g de materia seca y retuvo el 76% de contenido de Fenoles Solubles Totales

Sin embargo, estudios realizados por Mora-Rochin *et al.*, (2010), afirma que tortillas elaboradas con maíces azules mexicanos contienen entre 81.5 y 68.2 mg GAE/100 g de materia, la diferencia observada entre el contenido de fenoles de las tortillas elaboradas con granos de maíz negro/morado ecuatoriano y granos de maíz azules de México, puede atribuirse a las propiedades físicas del grano y particularmente a la relación relativa de las partes anatómicas del grano, ya que la capa de aleurona del pericarpio y el endospermo son las estructuras más ricas en compuestos fenólicos (Adom, Sorrells, y Rui, 2005), así como la variabilidad genética de la especie en cada país.

4.1.1.5 Actividad Antioxidante (AA) en tortillas de diferentes mezclas de maíz

Los maíces de color poseen gran cantidad de pigmentos antioxidantes y una calidad nutricional mayor que el maíz típico; blanco o amarillo, es un cereal que aporta grandes beneficios al consumidor (Castañeda-Sanchez, 2011).

De acuerdo al análisis de varianza (Tabla 16) existió diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos y al existir diferencia entre tratamientos se realizó la prueba de Tukey al 5%.

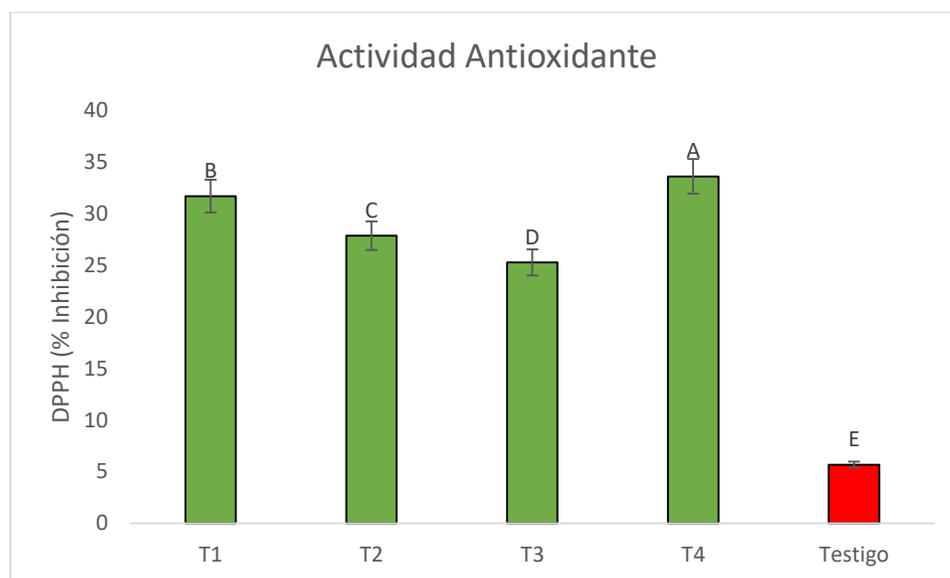


Figura 9. Actividad Antioxidante en tortillas de diferentes mezclas de maíz

Barras con letras iguales no son diferentes, de acuerdo a la comparación de medias de Tukey ($p > 0.05$).

En la Figura 9 se puede apreciar el % de inhibición del radical DPPH, expresado como actividad antioxidante, que poseen las tortillas elaboradas con granos de maíz negro/morado, las tortillas del tratamiento T4 tuvo la AA más elevada con un promedio del 33.60 % de inhibición, mientras que la AA más baja corresponde al testigo con un promedio del 5.66 % de inhibición.

Al respecto De la Parra *et al.*, (2007), menciona que el maíz blanco posee una bajo perfil fitoquímico, ya que el contenido de fenoles, antocianinas y carotenoides es mínimo, desafortunadamente la mayoría de productos fabricados industrialmente se obtienen de maíz amarillo o blanco.

Por otra parte, la AA presente en productos a base de maíz se atribuye a ciertos metabolitos secundarios conocidos como polifenoles (Del Pozo-Insfran *et al.*, 2007), por tanto tortillas elaboradas con granos de color presentan una mayor cantidad de FST, otorgando la capacidad de inhibir una mayor cantidad de radicales libres.

Además, Lopez-martinez *et al.*, (2009) afirman que el contenido de FST en granos de maíz esta indudablemente relacionado con la AA, existe una relación general entre el volumen de FST y la capacidad para inhibir radicales libres. En el presente estudio los tratamientos más ricos en FST fueron los que en su totalidad o en su mayoría se elaboraron a partir de granos de maíz provenientes del INIAP.

Una vez realizado el análisis de los resultados se seleccionó el tratamiento T1 (70% INIAP y 30% Cotacachi), ya que su contenido de fenoles solubles totales y actividad antioxidante es elevado, además demostró cumplir con el criterio de extensibilidad, suavidad y manejabilidad para la elaboración de un snack.

4.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL SNACK A BASE DE MAÍZ NEGRO/MORADO

El análisis estadístico mostró que hubo diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos (T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13 y Testigo), sobre los parámetros de color L*, Hue, Cromo, así también en Textura, Fenoles Solubles Totales y Actividad Antioxidante. No se notó diferencia estadística significativa en cuanto al parámetro humedad, por lo que se considera a dicho parámetro como una variable a controlar.

Tabla 23. Análisis de Varianza para parámetros de color, textura, humedad FST y AA en snacks

Variable	gl	F cal	R ²	C.V
Luminosidad (L*)	3	491.01 **	0.97	0.52
Hue (°)	3	124853.97 **	0.99	0.11
Cromaticidad	3	10145.12 **	0.98	1.28
Textura (N)	3	16338.27 **	0.99	0.54
Humedad	3	1.71 n. s	0.43	15.03
Fenoles Solubles Totales (mg GAE)	3	243.37 **	0.95	3.64
Actividad Antioxidante (% Inhibición)	3	99.54 **	0.96	7.71

gl: grados de libertad; R² : coeficiente de determinación del ajuste; F cal: prueba estadística F calculada; C.V: coeficiente de variación; ** altamente significativo; *significativo; n.s: no significativo

4.2.1 COLOR EN SNACKS

En la última década, ha incrementado la utilización de pigmentos naturales en las industrias alimentarias, reemplazando la aplicación de colorantes artificiales, con el fin de proporcionar un alimento más saludable para los consumidores (Laleh *et al.*, 2006).

No obstante, en comparación con los colorantes naturales, los colorantes artificiales muestran una mayor resistencia y estabilidad cuando se exponen a oxidación, cambios de temperatura, pH y otros factores (Laleh *et al.*, 2006).

En base a lo mencionado anteriormente, se puede mencionar que uno de los factores esenciales para la fabricación de snacks: son las altas temperaturas, las cuales superan los 100 °C. Teniendo en cuenta este aspecto, se evaluó el color mediante los parámetros Luminosidad (L*), a* y b* que permiten calcular el ángulo Hue y el Croma de los tratamientos.

El análisis de varianza que muestra la Tabla 23 revela que la luminosidad del snack es afectada por el factor: A (método de deshidratado), pero no por el factor B (temperatura de fritura), además la luminosidad aumentó significativamente por acción de la fritura, debido a la absorción de aceite que es característica propia de los alimentos fritos (Bravo Vasquez, 2008).

En cuanto al ángulo (Hue) se observó una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos, el parámetro Hue fue afectado tanto por el factor A y factor B como se muestra en la Tabla 20, además se evidencia el menor cambio ($p > 0.05$), del ángulo Hue

para los tratamientos T8, T9 y T10 al momento de procesamiento. Por lo que, una deshidratación por flujo de aire a bajas temperaturas contribuye en estabilidad del color.

En los valores de Cromo muestra una diferencia significativa ($p < 0.05$), entre tratamientos y testigo, previamente ya mencionado, pero no se evidenció un cambio significativo ($p > 0.05$) en cuanto a la transformación de tortilla en snack.

Al existir diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos se realizó la prueba de Tukey al 5%, ver Tabla 24.

Tabla 24. Parámetros de color en snacks sometidos a tres métodos de deshidratación, y tres temperaturas de fritura

Tratamiento	Color		
	Luminosidad (L*)	Hue (°)	Croma
T5	60.84 ± 0.52 f	326.40 ± 0.65 bc	7.72 ± 0.15 c
T6	61.41 ± 0.22 f	327.17 ± 0.30 ab	7.87 ± 0.08 bc
T7	60.48 ± 0.44 f	327.61 ± 0.43 a	8.10 ± 0.13 b
T8	65.30 ± 0.04 b	318.25 ± 0.08 d	6.78 ± 0.10 d
T9	64.49 ± 0.44 bc	318.28 ± 0.10 d	6.95 ± 0.18 d
T10	64.33 ± 0.14 cd	318.30 ± 0.34 d	7.03 ± 0.03 d
T11	62.64 ± 0.22 e	326.25 ± 0.22 bc	8.04 ± 0.07 bc
T12	63.42 ± 0.23 de	326.24 ± 0.07 c	8.15 ± 0.02 b
T13	63.67 ± 0.46 cd	326.23 ± 0.24 c	8.22 ± 0.03 b
Testigo	75.39 ± 0.26 a	117.70 ± 0.31 e	31.21 ± 0.30 a
DHS	0.96	0.93	0.37

Letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); DHS: Diferencia Honesta Significativa (Tukey 0.05)

De acuerdo a los promedios del valor luminosidad en la prueba de Tukey al 5%, revela que los tratamientos sometidos a una deshidratación por flujo de aire caliente, existe un mayor valor de L, que los tratamientos sometidos a una deshidratación por horno y al ambiente. Estos resultados concuerdan con estudios realizados por Koyuncu, Tosun, y Ustun (2003), quienes afirman que L se ve afectada por la temperatura de secado.

De las muestras tratadas con una deshidratación previa por flujo de aire caliente, los tratamientos que destacan por su elevada luminosidad son el T8 y T9, no obstante, al comparar estos tratamientos con el testigo, notamos una alta diferencia ($p < 0.05$), demostrando que snack elaborado con granos de maíz de negro/morado, mostraran una inferior luminosidad que snack elaborados con granos de maíz amarillo o blanco.

En cuanto al ángulo de tono Hue los tratamientos T5, T6 y T7 fueron los más afectados, su variación de tono es notable, esta se debe al tiempo que pasaron expuestos a una deshidratación al ambiente, posiblemente ocasionando una oxidación en los compuestos fenólicos, dando como resultado una degradación del tono Hue.

Por otra parte, se observa que una deshidratación rápida por flujo de aire caliente contribuye en la estabilidad del ángulo de tono Hue, dando como resultado un ángulo entre 318.30° y 318.25°, mostrando un color azul-purpura oscuro (Figura 10). Zilic, Serpen, Akillioglu, Gökmen, y Vancetovic (2012) mencionan que el color se relaciona con el contenido de FST y granos de color rojo presentan menor contenido que granos púrpura o magenta. Por tanto, se puede afirmar que en los tratamientos T8, T9 y T10, hubo menor pérdida de FST, compuestos a los que se les atribuye el color de los snacks.

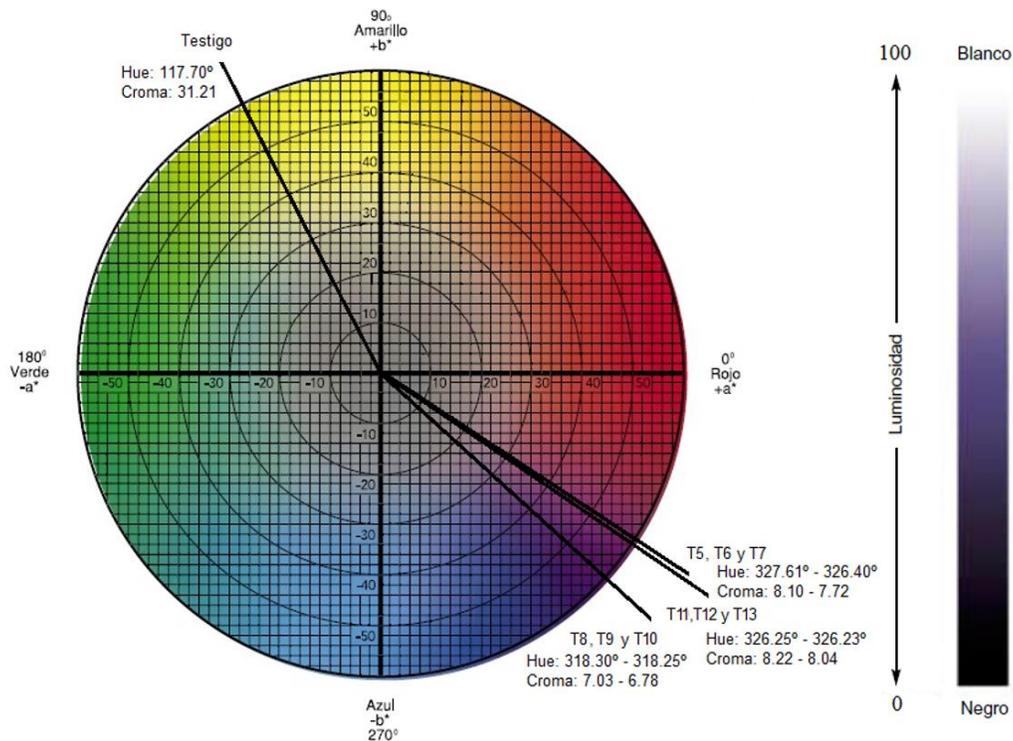


Figura 10. Representación gráfica de los parámetros Hue y Cromo en snacks

4.2.2 TEXTURA EN SNACKS

La textura es una de las características de calidad más significativas para los snacks de granos de maíz ya que la textura hace una contribución dominante a la calidad general y aceptabilidad (Kayacier y Singh, 2003).

Teniendo en cuenta este antecedente, en la Tabla 20, se muestra el análisis de varianza para el parámetro de textura, en el cual se observa una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos, lo que muestra que tanto el factor A (método de deshidratado) y B (temperatura de fritura), influyen sobre la textura del snack. Al existir diferencia estadística significativa se aplicó la prueba de Tukey al 5%, como se indica en la Figura 11.

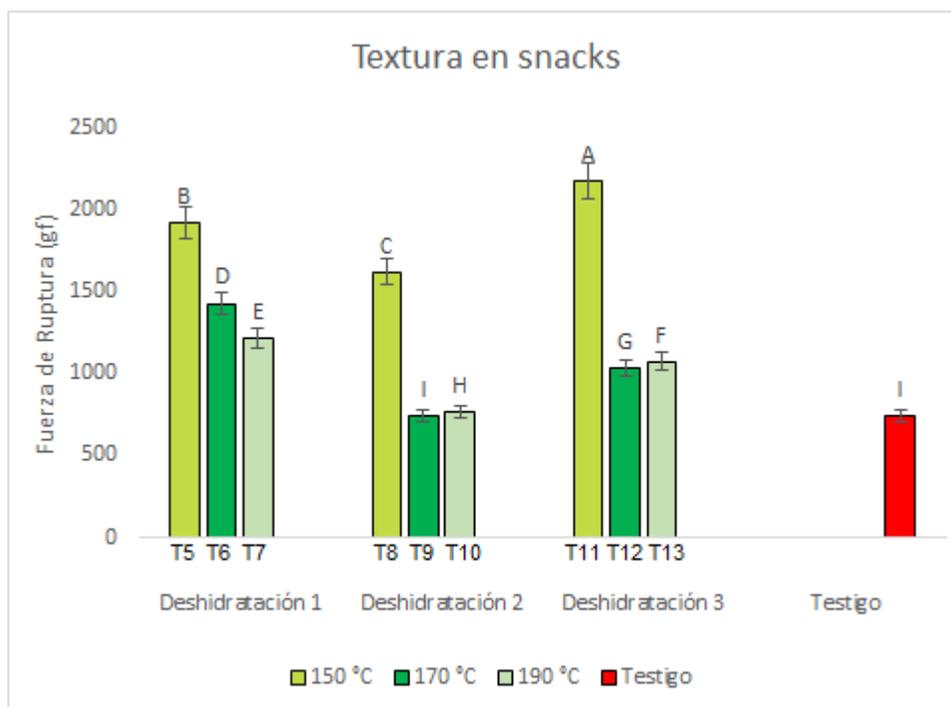


Figura 11. Textura en snacks de maíz negro/morado

Barras con letras iguales no son diferentes, de acuerdo a la comparación de medias de Tukey al 5%.

En la Figura 9 se observa que existe una diferencia ($p < 0.05$) entre tratamientos, siendo el tratamiento T9 el mejor con un promedio de 737.75 g^f ya que es similar al Testigo que presentó un valor 744.68 g^f. Además, permite apreciar que la Temperatura a 150 °C ocasiona una textura desfavorable para los snacks, según, Kayacier y Singh (2003) afirman

que la propiedad textural de los snacks se ve influenciado por la temperatura de fritura, temperaturas elevadas contribuyen a la generación de ampollas de aire, característica propia de los snacks fabricados a base de maíz, sin embargo no son muy aceptables en cuanto a su textura .

Por otra parte, Morales-Pérez y Vélez-Ruiz (2011) mencionan que deshidratar tortillas de maíz a temperaturas elevadas, por periodos cortos de tiempo, ocasiona la formación de costras superficiales. Esta consideración dificulta la salida de agua durante la fritura, provocando una fuerza de ruptura elevada en los snacks.

En cuanto a los tratamientos T5, T6 y T7 se observa fuerza de ruptura de 1921.93, 1426.06 y 1209.62 g^f respectivamente, probablemente ocasionada por la exposición al ambiente. Este patrón de endurecimiento al transcurrir el tiempo ha sido mencionado por otros autores (Salinas-Moreno & Aguilar-Modesto, 2010). Se atribuyó el endurecimiento y la pérdida de flexibilidad de las tortillas de maíz, a la retrogradación del almidón (Rooney y Suhendro, 1999).

Finalmente se concluye que la deshidratación por flujo de aire caliente y posterior fritura sobre los 170 °C, contribuyen a generar un producto más fracturable en comparación con el resto de tratamientos.

4.2.3 HUMEDAD EN SNACKS

En la Tabla 20, se muestra el análisis de varianza para el parámetro de humedad, en el cual no se observa una diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) entre tratamientos. Por lo cual la humedad no fue tomada en cuenta como un parámetro de respuesta.

Sin embargo, la humedad es de fundamental importancia al momento de procesamiento, ya que es un parámetro de control y de acuerdo a la NTE INEN 2 561:2010, se especifica que los snacks pueden contener un máximo del 5 % de humedad. En el presente experimento se obtuvo valores entre 4.61 y 3.26 % de humedad, por lo que todos los tratamientos cumplen con esta especificación.

4.2.4 COMPOSICIÓN FENÓLICA Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN SNACK DE MAÍZ NEGRO/MORADO

Las tortillas de mesa y los snacks de maíz, se obtienen después de un tratamiento térmico alcalino, posterior secado y finalmente fritura. Estos tratamientos causan profundos cambios en la estructura, composición química y valor nutricional de los alimentos (Yolanda Salinas-Moreno *et al.*, 2003). Sin embargo, poco se sabe del efecto causado por la nixtamalización, secado y fritura sobre los compuestos fenólicos y actividad antioxidante de snacks (Kern, Bennett, Mellon, Kroon, y Garcia-Conesa, 2003; Kern *et al.*, 2005).

4.2.4.1 Fenoles solubles totales (FST)

De acuerdo al análisis de varianza (Tabla 20) existió diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), para el parámetro de FST entre tratamientos, al existir diferencia entre tratamientos se realizó la prueba de significación Tukey al 5%.

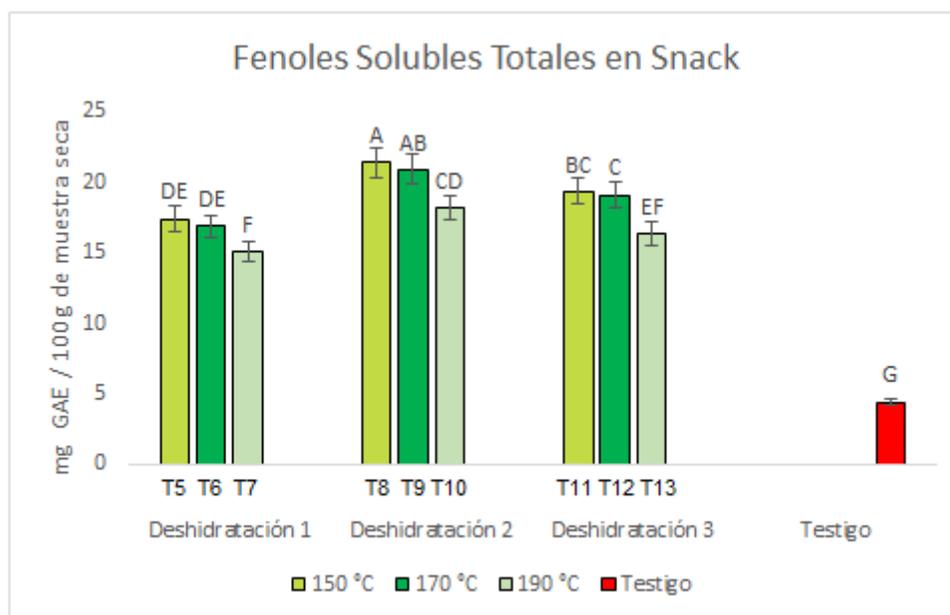


Figura 12. Fenoles solubles totales en snacks de maíz negro/morado

Barras con letras iguales no son diferentes, de acuerdo a la comparación de medias de Tukey al 5%.

En la Figura 12 se presenta el promedio de FST en snack de maíz negro/morado, y de acuerdo a la prueba de Tukey 5% existe siete rangos, destacando los tratamientos T8 y T9

siendo sus promedios 21.40 y 20.89 mg GAE/100 g de muestra respectivamente, su contenido de FST fue superior, con respecto a los demás tratamientos.

El contenido de FST se estandarizó en tortilla dando como resultado 44.02 mg GAE/100 g de muestra (valor de inicio previa deshidratación y fritura). Para el tratamiento T8 se observa un contenido de 21.40 mg GAE/100 g de muestra, lo que indica que hubo un decremento del 52.07% del contenido de FST. Del Pozo-Insfran *et al.* (2007) menciona que tortillas de maíz azul durante la fritura pierden entre un 61 y 83 % de compuestos fenólicos.

Sin embargo, se puede observar (ver Figura 12) una notable diferencia ($p < 0.05$) entre tratamientos y testigo, por lo que un snack de maíz negro/morado contiene hasta un 80% más compuestos fenólicos que un snack de maíz amarillo o blanco.

De acuerdo al análisis de varianza (Tabla 20) existió diferencia estadística significativa ($p < 0.05$), para el parámetro de FST entre factores en estudio, al existir diferencia entre factores de estudio se realizó la prueba de significación Tukey al 5%.

Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% en el Factor A (método de deshidratado) sobre contenido de FST en snack de maíz negro/morado

Factor A (Método de deshidratación)	FST (mg GAE/100g de muestra)	Rangos
Deshidratación 2	20.16	a
Deshidratación 3	18.26	b
Deshidratación 1	16.44	c
DHS	0.67	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$); DHS: Diferencia Honesta Significativa Tukey al 5%

De acuerdo a la prueba de Tukey al 5% (ver Tabla 22), se observa una diferencia ($p < 0.05$) estadística entre métodos de deshidratación, destacando la deshidratación por flujo de aire caliente, por su mayor retención de FST, en comparación con el resto de tratamientos. Sin embargo, pese a que una deshidratación al ambiente no utiliza temperaturas elevadas, probablemente sus largos tiempos de espera contribuyen en la oxidación, ocasionando que la degradación de compuestos fenólicos sea mayor.

Por otra parte, Laleh *et al.* (2006) afirman que la luz es otro factor que afecta la estabilidad de los compuestos fenólicos, su investigación menciona que la exposición de zumo de uva

a la luz acelera la destrucción de antocianinas. Por lo cual se puede mencionar que la luz también tuvo un papel fundamental sobre la degradación de FST en la tortilla deshidratada al ambiente.

Tabla 26. Prueba de Tukey al 5% en el Factor B (temperatura de fritura) sobre contenido de FST en snack de maíz negro/morado

Factor B (Temperatura de fritura)	FST (mg GAE/100g de muestra)	Rangos
150 °C	19.39	a
170 °C	18.95	a
190 °C	16.52	b
DHS	0.67	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$); DHS: Diferencia Honesta Significativa Tukey al 5%

En la Tabla 23 se presenta el contenido de FST, respecto al papel que ejecuta la temperatura de fritura, y de acuerdo a la prueba de Tukey al 5% existe dos rangos: en el primero se ubica las temperaturas de 150 °C y 170 °C y en el segundo rango se ubica la temperatura de 190 °C. Siendo las temperaturas de 150 °C y 170 °C estadísticamente ($p < 0.05$) iguales, se puede concluir que son las mejores en cuanto a retención de compuestos fenólicos.

Finalmente, se puede concluir que una deshidratación por flujo de aire caliente y posterior fritura a 150 °C o 170 °C, generaran snack con una mayor retención de compuestos fenólicos.

4.2.4.2 Actividad Antioxidante (AA)

La capacidad para inhibir radicales libres depende estrictamente del contenido fenólico de los alimentos, lo cual ya se mencionó anteriormente, con esta consideración se tomó en cuenta el contenido de FST, para el análisis de Actividad Antioxidante.

De acuerdo al análisis de varianza (Tabla 20) existió diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), para el parámetro de Actividad Antioxidante entre tratamientos y testigo, al existir diferencia entre tratamientos y testigo se realizó la prueba de significación Tukey al 5%.

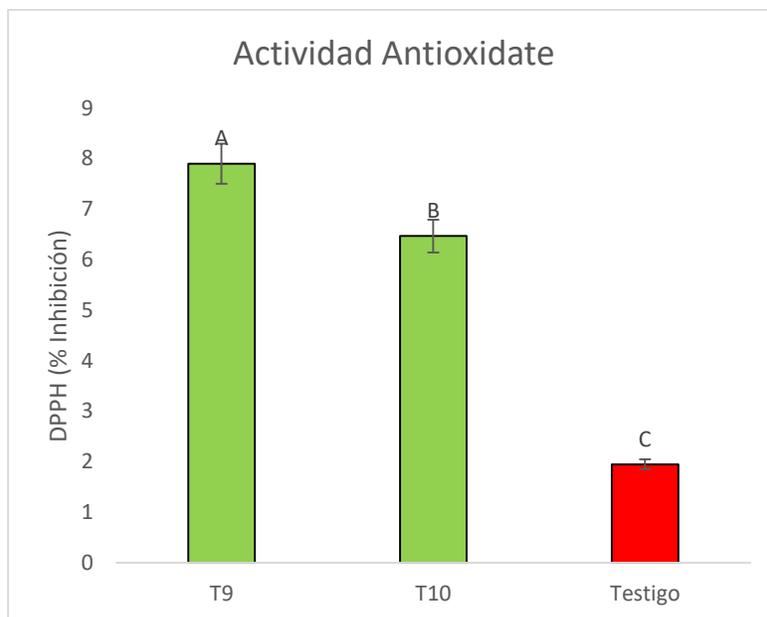


Figura 13. Actividad antioxidante en snacks de maíz negro/morado

Barras con letras iguales no son diferentes, de acuerdo a la comparación de medias de Tukey ($p > 0.05$).

En la Figura 13 se aprecia que la AA depende del contenido de FST en los snacks, por lo tanto, se puede mencionar que tanto el factor A (método de deshidratado) y B (temperatura de fritura), influyen significativamente ($p \leq 0.05$) en el % de inhibición que poseen los snacks de maíz negro/morado.

En la Figura 13 se puede apreciar tres rangos, destacando el tratamiento T9 con un promedio de 7.90 % inhibición, seguido está el tratamiento T10 con un promedio de 6.47 % de inhibición, por ultimo tenemos al testigo que muestra un promedio de 1.95 % de inhibición.

La pérdida de AA durante la deshidratación y posterior fritura fue del 75%, De la Parra *et al.* (2007) afirma que durante la fritura de tortillas de maíz azul existe una pérdida de aproximadamente el 95% de compuestos antioxidantes. Por lo que se estima que deshidratando la tortilla y disminuyendo el tiempo de fritura se logra retener en mayor cantidad la actividad antioxidante.

Sin embargo, al comparar ($p \leq 0.05$) la AA entre los tratamientos y el testigo se observa que, a pesar de la notable degradación de los compuestos antioxidantes, los snacks de maíz

negro/morado contienen hasta un 76% más contenido de AA que los snacks de maíz amarillo o blanco.

4.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL SNACK DE MAÍZ NEGRO/MORADO

Los maíces pigmentados poseen gran cantidad de pigmentos antioxidantes y una calidad nutricional mayor que el maíz típico blanco o amarillo, su nivel de fibra es uno de los más elevados comparado con el resto de cereales. Contiene altos niveles de carbohidratos de fácil digestión, es un cereal que aporta grandes beneficios al consumidor (Castañeda-Sanchez, 2011).

4.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SNACK DE MAÍZ NEGRO/MORADO

La Tabla 24 muestra las características físicas del mejor tratamiento, de acuerdo a los parámetros de color y textura.

Tabla 27. Características físicas del snack de maíz negro/morado

Tratamiento	Color		Croma	Textura (gf)	Humedad %
	L	Hue (°)			
T9	64.49	318.28	6.95	737.75	3.26

La luminosidad aumentó significativamente por acción de la fritura, debido a la absorción de aceite que es característica propia de los alimentos fritos (Bravo Vasquez, 2008). En cuanto al ángulo de tono Hue (°), en el tratamiento T9, se observa el menor cambio durante la fritura. Respecto al croma no vario significativamente ($p < 0.05$) por lo que, no representa interés en la presente investigación.

En el tratamiento T9 la textura del snack es similar al testigo. Morales-Pérez y Vélez-Ruiz (2011) estudiaron el efecto que tiene la deshidratación previa sobre las características texturales en snacks de maíz, concluyeron que snack que poseen una fuerza de ruptura entre 500gf y 900gf, corresponden a productos más fracturables y aceptables, en este estudio los valores de textura estuvieron dentro de lo reportado por dicho autor.

4.3.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SNACK DE MAÍZ NEGRO/MORADO

En la Tabla 28 se indica las características químicas del mejor tratamiento T9, snack de maíz negro/morado, cuya conservación de los componentes nutricionales al finalizar el procesamiento son de importancia para el consumidor.

Tabla 28. Características químicas del snack de maíz negro/morado

Parámetro analizado	Unidad	Contenido
Humedad	%	3.26
Cenizas	%	1.66
Proteína total	%	10.19
Extracto etéreo	%	19.5
Fibra bruta	%	11.26
Carbohidratos totales	%	65.39
Calcio	mg/100 g	145
Magnesio	mg/100 g	0.4
Hierro	mg/100 g	2.2

La humedad es de fundamental importancia al momento de procesamiento, ya que es un parámetro de control y de acuerdo a la NTE INEN 2 561:2010, nos especifica que los snacks pueden contener un máximo del 5 % de humedad. El snack de maíz negro/morado en esta investigación presentó una humedad del 3.26 % (Tabla 28), lo que muestra que está dentro de la normativa.

En cuanto al extracto etéreo la NTE INEN 2 561:2010, nos especifica que los snacks pueden tener un máximo del 40 % de grasa. El snack de maíz negro/morado presentó 19.5% (Tabla 28), lo que muestra que está dentro de la normativa. Además, snacks comerciales de maíz amarillo o blanco presentan un 20 % de grasa total. Por lo cual se puede mencionar que el porcentaje de grasa de snacks comerciales es similar al snack de maíz negro/morado.

Por otra parte, Rivera (2013) menciona que el procesamiento alcalino para convertir el maíz a tortilla y posteriormente en snack, aumenta significativamente el contenido de calcio, obteniendo un valor de 124 mg de Calcio/100g de masa seca, según estudios realizados un 85% de dicho calcio es absorbible. Por lo que se puede indicar que el snack elaborado con

maíz negro/morado contiene una cantidad elevada de calcio del 145 mg de Calcio/100g de masa seca (Tabla 28).

4.3.3 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL SNACK DE MAÍZ NEGRO/MORADO

El criterio microbiológico para un alimento define la aceptabilidad de un proceso o producto, basado en la ausencia o presencia de microorganismos, y/o cantidad de sus toxinas, por unidad o unidades de masa, volumen, superficie o lote, asegurado de esta manera la calidad e inocuidad del alimento (FAO, 2017).

En la Tabla 29 se indica las características microbiológicas del snack de maíz negro/morado.

Tabla 29. Características microbiológicas del snack de maíz negro/morado

Parámetro analizado	Unidad	Contenido
Recuento estándar en placa	UFC/g	15
Recuento de E. coli	UFC/g	0
Recuento de mohos	UFC/g	< 10

En cuanto a los análisis realizados al mejor tratamiento T9, snack de maíz negro/morado se puede observar la presencia de 15 UFC/g para recuento estándar en placa, 0 UFC/g para E. coli y < 10 UFC/g colonias en cuanto a mohos, la NTE INEN 2 561:2010, nos especifica que los snacks pueden contener un máximo de 10^4 UFC para recuento estándar en placa, no se debe evidenciar crecimientos de E. coli y en cuanto a los mohos pueden contener un máximo de 10^2 UFC/g, por lo que se puede mencionar que el snack cumple con los requerimientos microbiológicos de acuerdo a la normativa ecuatoriana.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Después de realizar la fase experimental se llegó a las siguientes conclusiones:

- La mezcla de maíces 70% INIAP y 30% Cotacachi (Tratamiento T1), presentó un contenido de 44.02 mg GAE/100 g de materia seca y una actividad antioxidante del 31.69% de inhibición, que demostró cumplir con el criterio de extensibilidad, suavidad y manejabilidad para la elaboración de un snack.
- El Tratamiento T9 (método de deshidratado por flujo de aire caliente y temperatura de fritura de 170°C) obtuvo los mejores parámetros de textura para elaboración del snack a base de granos de maíz pigmentado, ya que genera una fuerza de ruptura de 737.75 g^f similar a un snack comercial y retiene un 52.07% de compuestos fenólicos.
- En cuanto al color, el tratamiento T9 fue de tonalidad purpura oscura (Hue: 318.28) y presentó una menor variación al aplicar una deshidratación por flujo de aire caliente y una temperatura de fritura de 170°C, que puede ser correlacionado con una menor degradación de compuestos fenólicos y por ende la obtención de un producto con altas propiedades funcionales.
- Los snacks elaborados a bases de granos de maíz negro/morado contienen hasta un 80% más de compuestos fenólicos y un 76% más de actividad antioxidante en comparación con snacks comerciales.

- Los factores de deshidratación y temperatura de fritura durante la cadena de producción de un snack sí influyen sobre los compuestos fenólicos y actividad antioxidante con una degradación de 47.93% y 75% respectivamente, por lo que se acepta la hipótesis alternativa.
- En cuanto a los análisis físico-químicos y microbiológicos los snacks de maíz negro/morado cumplen con los requisitos mínimos de acuerdo a la normativa NTE INEN 2 561:2010.

5.2 RECOMENDACIONES

Finalmente se emitieron las siguientes recomendaciones

- Se recomienda realizar pruebas organolépticas en posteriores investigaciones.
- Para posteriores estudios se recomienda realizar una investigación sobre, la vida de anaquel y tipo de empaque para snacks de maíz negro/morado, que conserve las mejores condiciones y reduzcan la pérdida de compuestos funcionales durante el almacenamiento.
- Se recomienda emplear el método de fritura al vacío, con el fin de conservar las propiedades funcionales de alimentos a base de granos de maíz negro/morado
- Otro aspecto importante a tomar en cuenta es, investigar la estabilidad de las antocianinas, ya que tiene relación directa con el color y propiedades organolépticas del snack.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adom, K. K., Sorrells, M. E., & Rui, H. L. (2005). Phytochemicals and antioxidant activity of milled fractions of different wheat varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 2297–2306. <http://doi.org/10.1021/jf048456d>
- Almeida, J. (2012). *Extracción y Caracterización del colorante natural del maíz negro (Zea mays L.) y Determinación de su Actividad Antioxidante. Tesis. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.*
- Arambula, V. G., Mauricio, S. R. A., Figueroa, C. J. D., Gonzalez-Hernandez, J., & Ordorica, F. C. A. (1999). Corn masa and tortillas from extruded instant corn flour containing hydrocolloids and lime. *Journal of Food Science*, 64(1), 120–124. <http://doi.org/DOI 10.1111/j.1365-2621.1999.tb09873.x>
- Arroyo, J., Raez, E., Rodríguez, M., Chumpitaz, V., & Burga, J. (2007). REDUCCIÓN DEL COLESTEROL Y AUMENTO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIADANTE POE EL CONSUMO CRÓNICO DE MAÍZ MORADO (Zea mayz L.) EN RATAS HIPERCOLESTEROLÉMICAS, 24(2), 157–162.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. (E. Q. Duarte, Ed.) (PEARSON ED). México.
- Bravo Vasquez, J. E. (2008). *Contribución al estudio de la fritura al vacío: deshidratación de rodajas de manzana*. Universidad Politécnica de València. <http://doi.org/10.4995/Thesis/10251/3401>
- Castañeda-Sanchez, A. (2011). Propiedades nutricionales y antioxidantes del maíz azul (Zea mays L.). *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 5(2), 75–83.
- Cevallos-Casals, B. A., & Cisneros-Zevallos, L. (2004). Stability of anthocyanin-based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants. *Food Chemistry*, 86(1), 69–77. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.08.011>

- Cruz-Vega, D., Verde-Star, M. J., Salinas-Gonzalez, N. R., Rosales-Hernandez, B., Estrada-Garcia, I., Mendez-Aragon, P., ... Castro-Garza, J. (2009). Review of pharmacological effects of Glycyrrhiza radix and its bioactive compounds. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi = Zhongguo Zhongyao Zazhi = China Journal of Chinese Materia Medica*, 22(April 2008), 557–559. <http://doi.org/10.1002/ptr>
- Cruz Chávez, Cadena Iñiguez, Salinas Moreno, G. R. (2013). Características Industriales de maíces pigmentados de Chiapas.
- De la Parra, C., Serna-Saldivar, S., & Liu, R. (2007). Effect of Processing on the Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas, and tortilla chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 4177–4, 14–17.
- De Pascual-Teresa, S., & Sanchez-Ballesta, M. T. (2008). Anthocyanins: from plant to health. *Phytochem Review*, (October 2007), 281–299. <http://doi.org/10.1007/s11101-007-9074-0>
- Del Pozo-Insfran, D., Serna Saldivar, S. O., Brenes, C. H., & Talcott, S. T. (2007). Polyphenolics and antioxidant capacity of white and blue corns processed into tortillas and chips. *Cereal Chemistry*, 84(2), 162–168. <http://doi.org/10.1094/CCHEM-84-2-0162>
- Escalante-Aburto, A., Ramirez-Wong, B., Torres-Chavez, P. I., Barron-Hoyos, J. M., Figueroa-Cardenas, J. D., & Lopez-Cervantes, J. (2013). The Nixtamalization Process and Its Effect on Anthocyanin Content of Pigmented Maize, a Review. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(4), 429–437.
- FAO. (n.d.). INFORME DE LA 28a REUNION DEL COMITE DEL CODEX SOBRE HIGIENE DE LOS ALIMENTOS. Retrieved July 25, 2017, from <http://www.fao.org/docrep/meeting/005/W0124S/W0124S04.htm>
- FAO. (2016). TORTILLA -TORTILLA CHIPS. *Cereals Processing Toolkit*, 1, 6. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-au110e.pdf>

- FAO. (2017). El maíz en la nutrición humana - Introducción. Retrieved July 26, 2017, from <http://www.fao.org/docrep/T0395S/T0395S02.htm#Capitulo 1 Introducci3n>
- Garz, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisi3n. *Acta Biol. Colomb.*, 13(3), 27–36.
- Groot, H., & Rauen, U. (1998). Tissue injury by reactive oxygen species and the protective effects of flavonoids. *Fundamental & Clinical Pharmacology*, 12(3), 249–255. <http://doi.org/10.1111/j.1472-8206.1998.tb00951.x>
- Hernández-martínez, V., Salinas-moreno, Y., Ramírez-, J. L., Vázquez-carrillo, G., Domínguez-l3pez, A., Ramírez-romero, G., ... Vázquez-carrillo, G. (2016). Color , phenolic composition and antioxidant activity of blue tortillas from Mexican maize races. *CyTA - Journal of Food*, 14(3), 473–481. <http://doi.org/10.1080/19476337.2015.1136842>
- INAMHI. (2017). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Retrieved April 23, 2017, from <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- INEN. (2014). P3gina 1 de 6 2014-086, (599), 1–6.
- Jiménez, M. F., Amador, A. C., & Centr3ngolo, H. (2013). LA PRODUCCI3N DE ALIMENTOS FUNCIONALES DESDE EL SECTOR PRIMARIO. PERSPECTIVAS Y POTENCIALIDADES. *Agronomía & Ambiente*, 32, 31–47.
- Kayacier, A., & Singh, R. K. (2003). Textural properties of baked tortilla chips. *LWT - Food Science and Technology*, 36(5), 463–466. [http://doi.org/10.1016/S0023-6438\(02\)00222-0](http://doi.org/10.1016/S0023-6438(02)00222-0)
- Kern, S. M., Bennett, R. N., Mellon, F. A., Kroon, P. A., & Garcia-Conesa, M. T. (2003). Absorption of hydroxycinnamates in humans after high-bran cereal consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(20), 6050–6055. <http://doi.org/10.1021/jf0302299>
- Koyuncu, T., Tosun, I., & Ustun, N. S. (2003). Drying Kinetics and Color Retention of Dehydrated Rosehips. *Drying Technology*, 21(7), 1369–1381. <http://doi.org/10.1081/DRT-120023184>

- Kraft, T. F. B., Dey, M., Rogers, R. B., Ribnicky, D. M., Gipp, D. M., Cefalu, W. T., ... Lila, M. A. (2008). Phytochemical composition and metabolic performance-enhancing activity of dietary berries traditionally used by native North Americans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 654–660. <http://doi.org/10.1021/jf071999d>
- Laleh, G. H., Frydoonfar, H., Heidary, R., Jameei, R., & Zare, S. (2006). The effect of light, temperature, pH and species on stability of anthocyanin pigments in four Berberis species. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5(1), 90–92. <http://doi.org/10.3923/pjn.2006.90.92>
- Lizano, A. (2012). *Efecto del proceso de fritura en el contenido de antocianinas en empanadas elaboradas con mezclas de harina de trigo - maíz morado (Zea mays L.)*. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO.
- Lopez-martinez, L. X., Oliart-ros, R. M., Valerio-alfaro, G., Lee, C., Parkin, K. L., & Garcia, H. S. (2009). LWT - Food Science and Technology Antioxidant activity , phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT - Food Science and Technology*, 42(6), 1187–1192. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.10.010>
- Matiacevich, S. B., Henríquez, O. C., Mery, D., & Pedreschi, F. (2014). Oil Content Fraction in Tortilla Chips During Frying and their Prediction by Image Analysis Using Computer Vision. *International Journal of Food Properties*, 17(2), 261–272. <http://doi.org/10.1080/10942912.2011.631245>
- Mayorga, V. (2010). *Estudio de las propiedades reológicas y funcionales del maíz nativo “racimo de uva” (Zea mays L.)*. UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO.
- Ministerio de Comercio Exterior. (2014). PERFIL SECTORIAL DE SNACKS DE SAL GOURMET.
- Mora-Rochin, S., Gutiérrez-Urbe, J. A., Serna-Saldivar, S. O., Sánchez-Peña, P., Reyes-Moreno, C., & Milán-Carrillo, J. (2010). Phenolic content and antioxidant activity of tortillas produced from pigmented maize processed by conventional nixtamalization or extrusion cooking. *Journal of Cereal Science*, 52(3), 502–508. <http://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.08.010>

- Morales-Pérez, J., & Vélez-Ruiz, J. F. (2011). Estudio del efecto combinado del secado y freído en las propiedades de tortillas tostadas. *Informacion Tecnologica*, 22(2), 55–68. <http://doi.org/10.4067/S0718-07642011000200007>
- Moreno, S., Bustos, M., Hernández, S., Paczka, O., Vázquez, A., & José, L. (2003). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30237607>.
- Ortíz, M. A., Reza, C., Gerardo, R., Madinaveitia, C., Ciencias, F. De, Universidad, Q., ... Artículo, A. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas, 16–22.
- Ozen, A. E., Pons, A., & Tur, J. A. (2012). Worldwide consumption of functional foods: A systematic review. *Nutrition Reviews*, 70(8), 472–481. <http://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00492.x>
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009a). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxid Med Cell Longev*, 2(5), 270–278.
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009b). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(5), 270–8. <http://doi.org/10.4161/oxim.2.5.9498>
- Restrepo, M. (2007). Sustitución de colorantes en alimentos. *Lasallista de Investigación*, 4(1), 35–39.
- Rivera, S. (2013). *IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE CALCIO Y HIERRO, COMO SUPLEMENTOS NUTRICIONALES, EN TORTILLAS ELABORADAS A BASE DE HARINA DE MAÍZ FABRICADA INDUSTRIALMENTE, EN TORTILLERÍAS DE LA ZONA 15 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA*. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. Retrieved from http://sitios.usac.edu.gt/wp_facfarmacia/wp-content/uploads/2013/11/CATALOGO-DE-ESTUDIOS-ACTUALIZADO-AL-2013.pdf
- Rooney, L. W., & Suhendro, E. L. (1999). Perspectives on Nixtamalization (Alkaline Cooking) of Maize for Tortillas and Snacks. *Cereal Foods World*, 44(7), 466–470.

- Sahlin, E., Savage, G. P., & Lister, C. E. (2004). Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17(5), 635–647. <http://doi.org/10.1016/j.jfca.2003.10.003>
- Salinas-Moreno, Y., & Aguilar-Modesto, L. (2010). EFFECT OF MAIZE (*Zea mays* L.) GRAIN HARDNESS ON YIELD AND QUALITY OF TORTILLA. *Ingeniería Agrícola Y Biosistemas*, 2(1), 5–11. <http://doi.org/10.5154/r.inagbi.2010.08.009>
- Salinas-moreno, Y., & Castillo-linares, E. B. (2011). Blends of Waxy With Normal Maize and Their. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2, 689–702.
- Salinas-Moreno, Y., Martínez-Bustos, F., Soto-Hernández, M., Ortega-Paczka, R., & Arellano-Vázquez, J. L. (2003). Efecto de la nixtamalización sobre las antocianinas del grano de maíces pigmentados. *Agrocencia*, 37(6), 617–628.
- Salinas-Moreno, Y., Pérez-Alonso, J. ., Vázquez-Carrillo, G., Aragón-Cuevas, F., & Velázquez-Cardelas, G. . (2012). Anthocyanin content and antioxidant activity of maize grain (*Zea mays* L.) from the races Chalqueño, Elotes Cónicos, and Bolita. *Agrociencia*, 47, 693–706.
- Salinas, M., & Vázquez, C. (2006a). Metodologías de análisis de calidad nixtamalera-tortillas en maíz. *Folleto Técnico No. 23 INIFAP. Campo Experimental Valle de México. Chapingo*, 91.
- Salinas, M., & Vázquez, C. (2006b). Metodologías de análisis de la calidad nixtamalera-tortillera en maíz.
- Salinas, Y., García, C., Coutiño, B., & Vidal, V. (2013). Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(SUPPL.3), 285–294.
- Sánchez, R. (2013). La química del color en los alimentos. *Química Viva*, 3, 234–246. Retrieved from <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v12n3/sanchez.pdf>
- Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(4), 287–306. <http://doi.org/10.1080/1040869059096>

- Secretaría de Economía. Norma Mexicana NMX-FF-034/1-SCFI-2002 Productos alimenticios no industrializados para consumo humano- cereales- Parte I: Maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado - Especificaciones y métodos de prueba, Dirección General de Normas 18 (2002). México.
- Smith, J., & Charter, E. (2010). *Functional Food Product Development* (John Wiley, p. 536). Charlottetown, Canada.
- Spencer, J. P. E., Abd El Mohsen, M. M., Minihane, A.-M., & Mathers, J. C. (2008). Biomarkers of the intake of dietary polyphenols: strengths, limitations and application in nutrition research. *The British Journal of Nutrition*, 99(2008), 12–22. <http://doi.org/10.1017/S0007114507798938>
- Vázquez-Carrillo, G., García-Lara, S., Salinas-Moreno, Y., Bergvinson, D. J., & Palacios-Rojas, N. (2011). Grain and Tortilla Quality in Landraces and Improved Maize Grown in the Highlands of Mexico. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66(2), 203–208. <http://doi.org/10.1007/s11130-011-0231-7>
- Véles, J. (2004a). Caracterización de tostadas elaboradas con maíces pigmentados y diferentes métodos de nixtamalización, 1–205.
- Véles, J. (2004b). *Caracterización de tostadas elaboradas con maíces pigmentados y diferentes métodos de nixtamalización*. INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.
- Wootton-Beard, P. C., & Ryan, L. (2011). Improving public health?: The role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. *Food Research International*, 44(10), 3135–3148. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.09.015>
- Yáñez, C., Zambrano, J., & Caicedo, M. (2013). GUÍA DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES Y AGRICULTORAS. *Programa de Maíz*, (96), 32.
- Yáñez, C., Zambrano, J., Caicedo, M., Sánchez, V., & Heredia, J. (2008). CATÁLOGO DE RECURSOS GENÉTICOS DE MAÍCES DE ALTURA ECUATORIANOS. *PROGRAMA DE MAÍZ INIAP-EESC*, 1, 10.

Zeiger, E., & Taiz, L. (2006). "Fisiología vegetal." In *Colección ciencias experimentales* (Castellón, p. 442). España.

Zilic, S., Serpen, A., Akillioglu, G., Gökmen, V., & Vancetovic, J. (2012). Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and anti oxidant capacity of colored maize (*Zea mays* L) kernels. *J of Agricultural Chemistry*, 60(1224–1231).

ANEXOS

ANEXO 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS (COLOR, HUMEDAD Y DUREZA) DEL GRANO DE MAÍZ NEGRO/MORADO



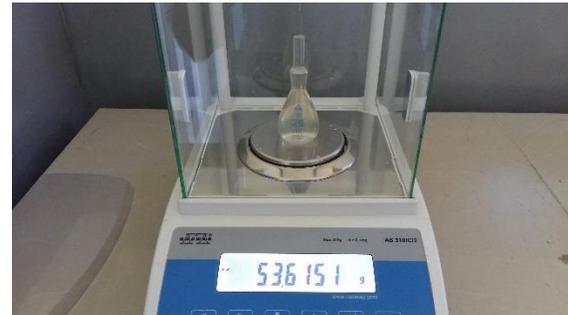
Fotografía 1. Selección del grano maíz negro/morado



Fotografía 2. Medición del color externo de muestras de granos de maíz negro/morado



Fotografía 3. Preparación de solución de nitrato de sodio



Fotografía 4. Determinación de densidad aproximada a 1.2500 g/ml



Fotografía 5. Determinación de la dureza (índice de flotación) de granos de maíz negro/morado



Fotografía 6. Determinación de la humedad de granos de maíz negro/morado

ANEXO 2. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL SNACK A BASA DE GRANOS DE MAÍZ NEGRO/MORADO



Fotografía 7. Nixtamalización de granos de maíz negro/morado



Fotografía 8. Molienda de granos de maíz negro/morado



Fotografía 9. Deshidratación por flujo de aire caliente a tortillas de maíz negro/morado



Fotografía 10. Deshidratación por horno a tortillas de maíz negro/morado



Fotografía 11. Deshidratación al ambiente a tortillas de maíz negro/morado



Fotografía 12. Fritura tortillas de maíz negro/morado

ANEXO 2. PREPARACIÓN DE EXTRACTOS PARA LA MEDICIÓN DE FENOLES SOLUBLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE



Fotografía 13. Liofilización de la muestra de snack de maíz negro/morado



Fotografía 14. Pesaje de la muestra liofilizada



Fotografía 15. Agitación del extracto



Fotografía 16. Filtración del extracto

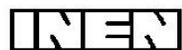


Fotografía 17. Medición de fenoles solubles totales en snacks de maíz negro morado



Fotografía 18. Determinación de la actividad antioxidante en snacks de maíz negro morado

ANEXO 3. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (2 561: 2010)



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 561:2010

BOCADITOS DE PRODUCTOS VEGETALES. REQUISITOS.

Primera Edición

SNACKS. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, hortalizas y productos derivados, bocaditos, requisitos.
AL 02.02-406
CDU: 642.2
CIIU: 3116
ICS: 67.080.20

**Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria**

**BOCADITOS DE PRODUCTOS VEGETALES.
REQUISITOS.**

**NTE INEN
2 561 :2010
2010-10**

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los bocaditos elaborados a partir de cereales, leguminosas, tubérculos o raíces tuberosas, semilla, frutas horneados o fritos listos para consumo.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a los productos fritos u horneados que se comercializan envasados, tales como: hojuelas, productos extruídos, granos y cereales dilatados.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Bocadito*. Son los productos alimenticios que permiten mitigar el hambre sin llegar a ser una comida completa, se los conoce como pasabocas, snacks, botanas.

3.1.2 *Hojuelas*. Son las láminas de un tubérculo, raíz tuberosa, fruta, semillas que se forman por moldeo de una masa.

3.1.3 *Hojuelas fritas*. Son los productos que se obtienen de un proceso de fritura de las hojuelas con aceites comestibles a altas temperaturas.

3.1.4 *Extruídos*. Son los productos que se obtienen a partir de un proceso en el que el grano, harina o subproducto de éstos es forzado a fluir, bajo una o más variedades de mezclado, calentamiento y cizallamiento, a través de una placa/boquilla diseñada para dar forma o expandir los ingredientes.

3.1.5 *Cereales dilatados*. Son los productos que se expanden o incrementan su volumen por aplicación de calor.

4. REQUISITOS

4.1 Requisitos específicos

4.1.1 La elaboración del producto debe cumplir con el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura del Ministerio de Salud Pública y además, se deben adoptar las medidas necesarias para reducir el contenido de acrilamida, tomando como base las indicadas en la CAC/RCP 67 - 2009 (Código de prácticas para reducir el contenido de Acrilamida en los alimentos).

4.1.2 El producto debe presentar el color, olor, sabor y textura característicos

4.1.3 Se permite la adición de los aditivos y colorantes establecidos en la NTE INEN 2 074

4.1.4 Se permite la adición de especias y condimentos para conferir las características sensoriales deseadas

4.1.5 No se permite la adición directa de antioxidantes y conservantes, su presencia se debe únicamente al efecto de transferencia.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, hortalizas y productos derivados, bocaditos, requisitos.

4.1.6 Si se utiliza como ingrediente harina de trigo, está debe cumplir con los requisitos establecidos en la NTE INEN 616, en lo referente a fortificación

4.1.7 Estos productos deben cumplir con los requisitos establecidos en las tablas 1 y 2.

TABLA 1. Requisitos bromatológicos

Requisito	Máximo	Método de ensayo
Humedad, %	5	NTE INEN 518
Grasa, %	40	NTE INEN 523
Índice de peróxidos meq O ₂ /kg (en la grasa extraída)	10	NTE INEN 277
Colorantes	Permitidos en NTE INEN 2 074	

TABLA 2. Requisitos Microbiológicos

Requisito	n	c	m	M	Método de ensayo
Recuento estándar en placa, ufc/g	5	2	10 ³	10 ⁴	NTE INEN 1 529-5
Mohos ufc/g	5	2	10	10 ²	NTE INEN 1 529-10
E coli ufc/g	5	0	< 10	-	NTE INEN 1 529-7

4.1.8 En los productos a base de maíz, el contenido máximo de aflatoxina será de 20 µg/kg .

4.1.9 El límite máximo de plaguicidas es el que establece el Codex alimentarius CAC/LMR 1.

4.1.10 El límite máximo de contaminantes para estos productos será el que establece el documento Codex CXS 193, Contaminantes de los alimentos.

4.2 Requisitos complementarios

4.2.1 Estos productos se pueden comercializar solos o en mezcla de productos.

4.2.2 El producto se debe expender de acuerdo con la Ley del sistema Ecuatoriano de la Calidad.

5. INSPECCIÓN

5.1 Muestreo. El muestreo debe realizarse de acuerdo con la NTE INEN ISO 2859-1.

5.2 Aceptación o rechazo. Se acepta el producto si cumple con los requisitos establecidos en esta norma, caso contrario se rechaza.

6. ENVASADO Y EMBALADO

6.1 El material de envase debe ser de grado alimentario, que proteja al producto, y no altere sus características.

7. ROTULADO SE APRUEBA

7.1 El rotulado del producto debe cumplir con lo establecido en el RTE INEN 022.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 277	<i>Grasa y aceites. Determinación del índice de peróxido</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 518	<i>Harinas de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 523	<i>Harinas de origen vegetal. Determinación de la grasa</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 616	<i>Harina de trigo. Requisitos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-5	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos, REP</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-7	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-10	<i>Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra a profundidad</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 074	<i>Aditivos alimentarios permitidos para consumo humano. Listas positivas. Requisitos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO 2859-1	<i>Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1 Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote</i>
Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 022	<i>Rotulado de productos alimenticios procesados, envasados y empaquetados</i>
CXS 193-195 (Enm. 2009)	<i>Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos</i>
CAC/MRL 1	<i>Lista de Límites Máximos para Residuos de Plaguicidas, Programa conjunto FAO/OMS</i>
CAC/RCP 67 – 2009	<i>Código de prácticas para reducir el contenido de Acrilamida en los alimentos.</i>
Ley 2007-76	<i>Sistema Ecuatoriano de la Calidad Registro Oficial No. 26 de 2007-02-22</i>
Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura	<i>para alimentos procesados. Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002.</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

NTE INEN 187 *Grano y cereales. Maíz en grano. Requisitos.* Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito, 1995.

Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile DTO. 977/96, Actualizado a abril del 2009.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: TÍTULO: BOCADITOS DE PRODUCTOS VEGETALES. Código:
NTE INEN 2 561 REQUISITOS. AL 02.02-406

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2009-12	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo Ministerial No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: SNACKS
Fecha de iniciación: 2010-01-27
Integrantes del Subcomité Técnico:

Fecha de aprobación: 2010-03-08

NOMBRES:

Tlga. Odelay Mendoza (Presidente)
Dra. Ana María Gómez
Dra. Patricia Vizuetete
Ing. Peggy Amoros
Sra. Rosa Andrade
Sr. Carlos Cevallos
Dra. Digna Angulo
Ing. Iván Méndez
Ing. Santiago Manfredi
Dra. Mirian Endara

Ing. Galo Sandoval

Tlga. Tatiana Gallegos
Dra. Ana María Hidalgo

Ing. María E. Dávalos (Secretaria Técnica)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

PEPSICO ALIMENTOS ECUADOR
PEPSICO ALIMENTOS ECUADOR
PEPSICO ALIMENTOS ECUADOR
PEPSICO ALIMENTOS ECUADOR
COFICA
COFICA
CARLI SNACKS CIA. LTDA.
INALECSA
INALECSA
INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE,
GUAYAQUIL
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO,
FACULTAD DE ALIMENTOS
MINISTERIO DE SALUD - ALIMENTOS
UNIVERSIDAD CENTRAL, FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS
INEN - REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites:

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-07-30

Oficializada como: **Voluntaria** Por Resolución No. 101-2010 de 2010-07-30
Registro Oficial No. 303 de 2010-10-19

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

AA: Actividad Antioxidante

FST: Fenoles Solubles Totales

CV: Coeficiente de Variación

GAE: Equivalente de Ácido Gálico

mg: Miligramo

*****: Significativo

******: Altamente significativo

ns: no significativo

rpm: revoluciones por minuto