



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

“EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE FRITURA AL VACÍO SOBRE
RETENCIÓN DE EXTRACTO ETÉREO Y TEXTURA EN TRES
VARIETADES MEJORADAS DE MAÍZ (CHULPI MEJORADO INIAP 192,
CHULPI ECUATORIANO, CHAUCHO MEJORADO INIAP 122)”

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AGROINDUSTRIAL**

AUTORA:

Simbaña Imba Katherin Lizeth

DIRECTOR:

Ing. Luis Armando Manosalvas, MSc.

Ibarra, Ecuador 2021



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE FRITURA AL VACÍO SOBRE
RETENCIÓN DE EXTRACTO ETÉREO Y TEXTURA EN TRES VARIEDADES
MEJORADAS DE MAÍZ (CHULPI MEJORADO INIAP 192, CHULPI
ECUATORIANO, CHAUCHO MEJORADO INIAP 122)”

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

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

Ing. Luis Manosalvas, MSc.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Ángel Satama, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. José País, PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ibarra – Ecuador

2021



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1.-IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA:

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1723977136		
APELLIDOS Y NOMBRES:	SIMBAÑA IMMBA KATHERIN LIZETH		
DIRECCIÓN:	PICHINCHA-TABACUNDO- SAN RAFAEL N° 1- CAHUEÑAS NARANJO		
EMAIL:	katelizzimbas@hotmail.es , klsimbanai@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2365884	TELÉFONO MÓVIL:	0998185642

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE FRITURA AL VACÍO SOBRE RETENCIÓN DE EXTRACTO ETÉREO Y TEXTURA EN TRES VARIEDADES MEJORADAS DE MAÍZ (CHULPI MEJORADO INIAP 192, CHULPI ECUATORIANO, CHAUCHO MEJORADO INIAP 122)
AUTOR :	SIMBAÑA IMBA KATHERIN LIZETH
FECHA:	4 DE MARZO DEL 2021
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA AGROINDUSTRIAL
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Luis Armando Manosalvas

2.- CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) 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 (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, al 1 día del mes de marzo del 2021

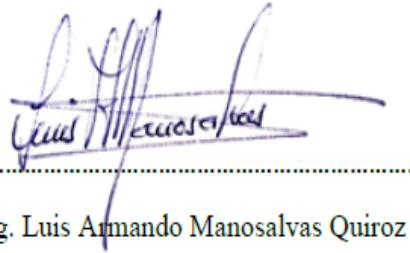
EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'K. I. L.', with a stylized flourish at the end.

SIMBAÑA IMBA KATHERIN LIZETH

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Simbaña Imba Katherin Lizeth, con cédula de ciudadanía 1723977136 bajo mi supervisión.



.....

Ing. Luis Armando Manosalvas Quiroz

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, al 1 día del mes de Marzo del 2021

Katherin Lizeth Simbaña Imba: "EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE FRITURA AL VACÍO SOBRE RETENCIÓN DE EXTRACTO ETÉREO Y TEXTURA EN TRES VARIEDADES MEJORADAS DE MAÍZ (CHULPI MEJORADO INIAP 192, CHULPI ECUATORIANO, CHAUCHO MEJORADO INIAP 122)" Trabajo de Titulación Ingeniera Agroindustrial.

Universidad Técnica del Norte, Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra, al 1 día del mes de marzo del 2021 X..... Páginas.

DIRECTOR: Ing. Luis Armando Manosalvas, MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue:

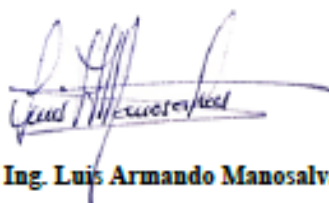
Evaluar la incidencia de fritura al vacío sobre retención de extracto etéreo y textura en tres variedades mejoradas de maíz.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

Determinar las características físicas y la composición química de tres variedades de maíz (Chulpi mejorado INIAP 192, Chulpi Ecuatoriano, Chaucho mejorado INIAP 122) en estado crudo.

Evaluar el efecto de la presión de vacío y las variedades de maíz sobre la retención de extracto etéreo y textura (sensorial e instrumental) de los *snacks* fritos.

Determinar el contenido energético y las características fisicoquímicas de los *snacks* obtenidos y comparar con los procesados por fritura convencional.



Ing. Luis Armando Manosalvas

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



Simbaña Imba Katherin Lizeth

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fuerza, el valor y la constancia para culminar esta etapa de mi vida con éxito y sobre todo a mi madre por estar siempre a mi lado, por enseñarme a crecer como una persona de bien e inculcarme buenos valores y por darme la mejor herencia de mi vida, mi educación. Gracias mami por apoyarme y creer en mí en todo momento.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte y a cada uno de los docentes, quienes día a día impartieron sus conocimientos y enseñanzas.

Al Instituto Nacional de Investigaciones agropecuarias (INIAP Santa Catalina), en especial al Departamento de Nutrición y Calidad por darme la apertura para realizar mi trabajo de investigación.

A la familia Imba por darme sus valiosos consejos que me han impulsado a seguir adelante como persona.

Ing. Elena Villacrés por brindarme todo su enseñanza, apoyo y confianza para el desarrollo de mi investigación, y por impartir sus conocimientos y valores con los cuales me permitió crecer como persona y como profesional. Gracias por todo Ingeniera.

Al Dr. Juan Bravo quien me ha sido de gran ayuda en la presente investigación para poder obtener los mejores resultados.

Ing. María Belén por su apoyo, comprensión y amistad que me ha sabido demostrar todo este tiempo.

A mi compañeros del Iniap, Katy, Sarita, Vivi, Ade, Oscar, Señor Moni, Señor Marthita, Fer, Estefy y a todos aquellos que compartieron conmigo gratos momentos de felicidad, gracias por su amistad chic@s los quiero y no los olvidaré.

A mis amig@s Anita, Jhoa, Cristian, Juanito con los que he compartido mis logros y fracasos, quienes han estado en mis caídas, quienes me han prestado su hombro para apoyarme y no desvanecer por nada del mundo, quienes han sabido estar junto a mí en las buenas y en las malas, quienes me han demostrado que puedo contar con ellos para todo así como ellos pueden contar conmigo cuando lo necesiten. Gracias amig@s por todos estos años de amistad, espero que nuestra amistad perdure los quiero mucho.

DEDICATORIA

A Dios por guiarme, protegerme, darme las fuerzas necesarias y por haber puesto en mi camino aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante toda esta etapa.

A mi madre María Rosario Imba, que por además de darme la vida, amarme, apoyarme y especialmente creer en mi es quien ha estado conmigo en todo momento, ha sido mi pilar para no dejarme vencer por ningún obstáculo que se me avecine, por ser mi ejemplo de perseverancia y lucha diaria, todo esto te lo debo a ti.

A mi hermana por el amor y las palabras indicadas en el momento necesario, por el apoyo brindado en todas aquellas ocasiones que lo necesité.

A mi hermano quien con su cariño me da fuerzas de seguir adelante ante cualquier circunstancia presentada

A mis tíos y tías Luis Alberto, José Manuel, Juan José, María Mercedes, Nancy Margarita, María Magdalena quienes con su ayuda desinteresada y aquellas palabras de aliento han sabido reconfortarme y ayudarme a culminar con éxito ésta meta.

Y finalmente a todos mis amig@s por el apoyo brindado en esta etapa universitaria y por compartir buenos y malos momentos a mi lado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
Introducción.....	1
1.1 Problema	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.4 Formulación De Hipótesis.....	3
1.4.1 <i>Hipótesis Alternativa</i>	3
1.4.2 <i>Hipótesis Nula</i>	3
2 CAPÍTULO II.....	4
Marco Teórico	4
2.1 El Maíz	4
2.2 Taxonomía.....	4
2.3 Producción – Variedades en el Ecuador.....	5
2.3.1 <i>Chulpi Ecuatoriano y su Producción en el País</i>	5
2.3.2 <i>Chulpi Mejorado INIAP 192</i>	7
2.3.3 <i>Maíz Chaucho Mejorado INIAP 122</i>	8
2.3.4 <i>Distribución Geográfica de las Variedades Liberadas por la Estación Experimental Santa Catalina</i>	9
2.4 Características Físicas del Maíz.....	9
2.4.1 <i>Densidad aparente (Peso hectolútrico)</i>	9
2.4.2 <i>Masa de mil granos</i>	10
2.4.3 <i>Color</i>	10
2.5 Composición Nutricional	11
2.5.1 <i>Almidón</i>	12
2.5.2 <i>Amilosa</i>	12
2.5.3 <i>Amilopectina</i>	13
2.5.4 <i>Proteína</i>	13
2.5.5 <i>Lípidos</i>	13
2.5.6 <i>Fibra dietética</i>	14
2.5.7 <i>Minerales</i>	14
2.6 <i>Snacks de Maíz Tostado</i>	14
2.7 <i>Fritura Convencional por Inmersión de Alimentos</i>	14

2.8	Fritura Convencional.....	15
2.9	Fritura al Vacío	16
2.10	Efectos de Parámetros de Fritura sobre la retención de grasa	16
2.10.1	<i>Presión</i>	16
2.10.2	<i>Temperatura</i>	17
2.10.3	<i>Tipo de aceite</i>	17
2.10.4	<i>Humedad</i>	18
2.11	Calidad de los Alimentos Procesados por Fritura.....	18
2.11.1	<i>Cambios Físicos y Químicos</i>	18
2.11.2	<i>Desarrollo de Color en el proceso de fritura</i>	19
2.12	Equipo de Fritura al Vacío	19
2.13	Consumo de <i>Snacks</i>	20
2.14	Análisis de Textura.....	21
2.14.1	<i>Análisis de perfil de Textura – textura instrumental</i>	21
2.14.2	<i>Textura sensorial</i>	23
2.14.3	<i>Correlación textura sensorial- textura instrumental</i>	23
2.15	Valor Energético de los Alimentos.....	24
3	CAPÍTULO III	25
	Materiales y Métodos	25
3.1	Caracterización del Área de Estudio	25
3.2	Materiales, Equipos y Reactivos	25
3.3	Métodos	27
3.3.1	<i>Determinación de las Características Físicas y Composición Química de Tres Variedades de Maíz (Chulpi mejorado INIAP 192, Chulpi nativo y Chaucho mejorado INIAP 122) en Estado Crudo</i>	28
3.3.2	<i>Evaluar el Efecto de la Presión de Vacío y las Variedades de Maíz Sobre la Retención de Extracto Etéreo y Textura (Sensorial e Instrumental) de los Snacks Fritos.</i>	29
3.3.3	<i>Determinación de las Características Fisicoquímicas y el Contenido Energético del Producto Final</i>	33
3.4	Manejo Específico del Experimento	34
3.4.1	<i>Descripción del Proceso</i>	35
4	CAPÍTULO IV	41
	Resultados y Discusiones.....	41
4.1	Caracterización Fisicoquímica de las Materias Primas.....	41
4.1.1	<i>Caracterización Física</i>	41
4.1.2	<i>Caracterización Química</i>	43
4.2	Variables Evaluadas en el <i>Snack Frito</i>	45

4.2.1	<i>Variable Físico-químicas</i>	45
4.2.2	<i>Análisis de Textura de los Snacks de Maíz Frito</i>	55
4.2.3	<i>Análisis de Aceptabilidad Sensorial del Producto Frito</i>	65
4.3	Determinación de las Propiedades Físicoquímicas y el Contenido Energético del Producto Final y Comparación de los Snacks de Maíz Procesados de Fritura Convencional con Fritura al vacío	70
4.3.1	<i>Humedad</i>	71
4.3.2	<i>Cenizas</i>	72
4.3.3	<i>Proteína</i>	73
4.3.4	<i>Extracto Etéreo</i>	74
4.3.5	<i>Fibra Dietética Total FDT</i>	75
4.3.6	<i>Carbohidratos</i>	76
4.3.7	<i>Hierro</i>	77
4.3.8	<i>Zinc</i>	78
4.3.9	<i>Color</i>	79
4.3.10	<i>Valor Energético</i>	80
Conclusiones y Recomendaciones		81
4.4	Conclusiones	81
4.5	Recomendaciones	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA		82
5	ANEXOS	99
5.1	ANEXO 1. Pruebas DMS para la variable Humedad	99
5.2	ANEXO 2. Pruebas DMS para la variable Extracto Etéreo.....	99
5.3	ANEXO 3. Métodos de análisis físicos de la materia prima.....	99
5.4	ANEXO 4. Métodos de análisis proximal	100
5.5	ANEXO 5. Métodos Análisis de textura instrumental.....	107
5.6	ANEXO 6. Plantilla para evaluar la textura descriptiva con panelistas semi- entrenados..	108
5.7	ANEXO 7. Plantilla de análisis de aceptabilidad en panelistas semi- entrenados.....	110
5.8	ANEXO 8. Norma INEN 2051: 2013 granos y cereales	112
5.9	ANEXO 9. Norma INEN 2561: 2010 requisitos de productos vegetales fritos.....	114
5.10	ANEXO 10. Análisis físicoquímicos	116
5.11	ANEXO 11. Análisis físico- químico de la materia prima.	119
5.12	ANEXO 12. Análisis proximal de producto terminado.	1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del maíz.....	5
Tabla 2. Composición nutricional del chulpi en 100 g.....	6
Tabla 3. Composición química del porcentaje de proteína y almidón del maíz	7
Tabla 4. Rendimiento promedio de la variedad mejorada INIAP 192.....	8
Tabla 5. Composición nutricional del grano de Maíz.....	11
Tabla 6. Materiales, equipos y reactivos a utilizados en el proyecto de investigación	26
Tabla 7. Análisis físicos realizados a la materia prima.....	28
Tabla 8. Análisis químicos realizados a la materia prima	29
Tabla 9. Métodos para análisis de textura instrumental, humedad y extracto etéreo.....	30
Tabla 10. Factores en estudio.....	32
Tabla 11. Nomenclatura de los tratamientos	32
Tabla 12. Diseño completamente al azar DCA AxB+1.....	33
Tabla 13. Análisis fisicoquímicos realizados al snack de maíz.....	34
Tabla 14. Caracterización física de la materia prima.....	42
Tabla 15. Parámetros de color de las tres variedades de maíz en estado crudo. CIELAB ...	43
Tabla 16. Composición nutricional de la materia prima	45
Tabla 17. Análisis de varianza de las propiedades fisicoquímicas evaluadas al snack de maíz frito	46
Tabla 18. <i>Resumen análisis químicos</i>	52
Tabla 19. Parámetros de color CIELab de snacks de maíz frito.....	53
Tabla 20. Análisis de varianza de la textura descriptiva de snack de maíz fritos	56
Tabla 21. Rangos Tukey ($p \leq 0,05$) de los atributos de textura del producto extruido.....	56
Tabla 22. Análisis de varianza de los análisis de textura instrumental realizados a los snacks de maíz frito	58
Tabla 23. Resumen de análisis de textura instrumental del producto frito	59
Tabla 24. Correlación de textura instrumental y textura descriptiva	62
Tabla 25. Componentes principales obtenidos con su respectiva variabilidad explicada	63
Tabla 26. Matriz de componente rotado para las variables de estudio	64
Tabla 27. Resumen de análisis de aceptabilidad sensorial.....	69
Tabla 28. Cuadro de comparación de las propiedades fisicoquímicas de los snacks procesados por fritura convencional vs fritura al vacío	70

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Chulpi ecuatoriano.....	6
Figura 2. Distribución geográfica de variedades liberadas por la Estación Experimental Santa Catalina.....	9
Figura 3. Equipo de fritura al vacío	20
Figura 4. Gráfica general del análisis de perfil de textura	22
Figura 5. Diagrama de proceso para la obtención de <i>snaks</i> de maíz	35
Figura 6. Chaucho mejorado INIAP 122, Chulpi mejorado INIAP 192 Y chulpi ecuatoriano.....	36
Figura 7. Limpieza y selección.....	36
Figura 8. Pesado del grano de maíz.....	37
Figura 9. Cocción o escaldado	37
Figura 10. Fritura convencional (atmosférica).....	38
Figura 11. Fritura al vacío.....	38
Figura 12. Centrifugación y escurrido	39
Figura 13. Enfriamiento del <i>snack</i> de maíz.....	39
Figura 14. Empacado al vacío	40
Figura 15. Almacenado del producto terminado	40
Figura 16. Contenido de humedad (%) de los tratamientos	48
Figura 17. Factores e interacciones que afectaron el contenido final de humedad	49
Figura 18. Contenido de extracto etéreo (%) de los tratamientos	50
Figura 19. Factores e interacciones que afectan el contenido final de extracto etéreo	52
Figura 20. Diferencial de color de los tratamientos	54
Figura 21. Representación gráfica de los parámetros de color H* y C* de los <i>snacks</i> de maíz fritos en estudio.....	55
Figura 22. Representación gráfica de textura sensorial	57
Figura 23. Circulo de correlaciones componente principal 1 y componente principal 2.....	64
Figura 24. Representación gráfica del análisis de aceptabilidad.....	65
Figura 25. Puntuaciones de color en el producto final (<i>snack</i> de maíz frito).....	66
Figura 26. Puntuaciones del sabor en el producto final (<i>snack</i> de maíz frito).....	67
Figura 27. Puntuaciones de textura en el producto final (<i>snack</i> de maíz frito)	68
Figura 28. Puntuaciones de la aceptabilidad global en el producto final (<i>snack</i> de maíz frito)	69
Figura 29. Contenido final de humedad fritura al vacío vs fritura atmosférica (convencional)	72
Figura 30. Contenido final de ceniza de fritura al vacío vs fritura atmosférica (convencional)	73
Figura 31. Contenido final de proteína de fritura al vacío vs fritura atmosférica (convencional).....	74
Figura 32. Contenido final de extracto etéreo de fritura convencional vs fritura al vacío	75
Figura 33. Contenido final de fibra, fritura al vacío vs fritura atmosférica (convencional)	76
Figura 34. Contenido final de carbohidratos presentes en los <i>snacks</i> de maíz procesados por fritura al vacío vs fritura atmosférica (convencional)	77
Figura 35. Contenido final de hierro (Fe) fritura al vacío vs fritura atmosférica (convencional)	78
Figura 36. Contenido final de zinc (Zn) fritura al vacío vs fritura atmosférica (convencional)	79
Figura 37. Diferencial de color fritura al vacío vs fritura atmosférica (convencional)	80

RESUMEN

La fritura al vacío es una tecnología prometedora que, debido a las bajas temperaturas y menor exposición del aceite al oxígeno permite conseguir *snacks* fritos de alta aceptabilidad sensorial con bajo contenido de grasa, así como también conserva las propiedades nutricionales, la cual depende de las condiciones de proceso, la calidad y la versatilidad de las materias primas empleadas. El objetivo de esta investigación fue evaluar la incidencia de la fritura al vacío sobre retención de extracto etéreo y textura en tres variedades mejoradas de maíz. Las variedades tanto INIAP 122 como INIAP 192 fueron adquiridas en el banco de semilla de la Estación Experimental Santa Catalina, y la variedad chulpi ecuatoriana se obtuvo del mercado local de Tabacundo, para su posterior almacenamiento y evaluación de las características fisicoquímicas (humedad, cenizas, proteína, extracto etéreo, fibra, almidón, amilosa, amilopectina, Hierro y Zinc), de las tres variedades en estado crudo. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial AxB+1, en el que A corresponde a la variedad de maíz (Chulpi mejorado INIAP 192, Chulpi ecuatoriano y Chaucho mejorado INIAP 122), B presión de fritura (8,9 kPa y 11,3 kPa) y un testigo de fritura convencional (variedad Chaucho mejorado INIAP 122, fritura atmosférica y 165°C).

Tras el proceso de fritura se evidenció menor contenido de extracto etéreo en los tratamientos: T2 (chulpi ecuatoriano, frito a 8,9 kPa), T4 (INIAP 192, frito a 8,9 kPa) y T6 (INIAP 122, frito a 8,9 kPa) con valores de 8,65%, 9,29% y 9,79%, respectivamente, en adición T1 (INIAP 192, frito a 11,3 kPa) y T3 (INIAP 122, frito a 11,3 kPa) fueron los tratamiento que menor contenido de humedad final obtuvieron presentando valores de 1,35% y 1,28%, respectivamente cercanos al testigo (0,93%). Por otro lado la textura y aceptabilidad de los *snacks* fritos de maíz no se vieron influenciados por la aplicación de fritura al vacío, se concluye que la técnica de vacío influye sobre disminución de grasa del maíz, y al comparar con la fritura convencional, la primera opción es la más adecuada para obtener productos saludables, conservando en gran medida las propiedades nutricionales.

ABSTRAC

Vacuum frying is a promising technology that, due to low temperatures and less exposure of the oil to oxygen, allows to obtain fried snacks with high sensory acceptability with low fat content, as well as preserves the nutritional properties, which depend on the process conditions, quality and versatility of the raw materials used. The objective of this research was to evaluate the incidence of vacuum frying on retention of ethereal extract and texture in three improved varieties of corn. The varieties both INIAP 122 and INIAP 192 were acquired in the seed bank of the Santa Catalina Experimental Station, and the chulpi ecuatoriano variety was obtained from the local Tabacundo market, for its subsequent storage and evaluation of the physicochemical characteristics (humidity, ash, protein, ether extract, fiber, starch, amylose, amylopectin, Iron and Zinc), of the three varieties in the raw state. A completely randomized design with factorial arrangement $A \times B + 1$ was used, in which A corresponds to the variety of corn (Chulpi INIAP 192, Chulpi ecuatoriano and Chaucho INIAP 122), B frying pressure (8.9 kPa and 11,3 kPa) and a conventional frying control (variety Chaucho INIAP 122, atmospheric frying and 165 ° C). After the frying process, a lower content of ethereal extract was evidenced in the treatments: T2 (Ecuadorian chulpi, fried at 8.9 kPa), T4 (INIAP 192, fried at 8.9 kPa) and T6 (INIAP 122, fried at 8,9 kPa) with values of 8.65%, 9.29% and 9.79%, respectively, in addition T1 (INIAP 192, fried at 11.3 kPa) and T3 (INIAP 122, fried at 11.3 kPa) were the treatment that obtained the lowest final moisture content, presenting values of 1.35% and 1.28%, respectively close to the control (0.93%). On the other hand, the texture and acceptability of fried corn snacks were not influenced by the application of vacuum frying, it is concluded that the vacuum technique influences the reduction of fat in corn, and when compared with conventional frying, the first This option is the most suitable for obtaining healthy products, largely preserving the nutritional properties.

CAPÍTULO I

Introducción

1.1 Problema

La alimentación resulta ser uno de los factores más importantes para la vida del ser vivo (Rosero, 2014). Sin embargo, en la actualidad la mal nutrición es notable, esto se da causa de los inadecuados hábitos alimenticios que han adquirido las personas, debido a los cambios en el estilo de vida, el desarrollo económico, la influencia social, el poco de tiempo para alimentarse de manera adecuada y preferencias alimentarias, entre otros (Coronel, 2014), puesto que les ha llevado al consumo de comida rápida con alto contenido de grasa o los denominados *snacks* los cuales no son apropiados nutricionalmente. En el país la producción de pasabocas tiene un volumen de aproximadamente 45000 toneladas al año (Urrunaga et al., 2016), esta producción se encuentra asentada dentro o en los alrededores de las principales ciudades del país (PRO ECUADOR, 2018).

Los *snacks* fritos son productos procesados de gran aceptación por los consumidores debido a sus especiales características sensoriales derivadas de la presencia de grasa que mejora su textura y les confiere un flavor característico (Mehrjardi et al., 2012), pero poseen bajo perfil nutricional y tienen un alto contenido de grasa debido a que, para su obtención se someten a fritura convencional, la cual tiene una imagen desfavorable por el alto contenido calórico de los alimentos fritos y la formación de compuestos tóxicos (Banerjee & Sahu, 2017; Quan et al., 2016), así como también la disminución del valor nutricional del alimento sometido a este proceso, por lo que el consumo de estos está directamente relacionados con problemas cardiacos, desarrollo de cáncer, padecimiento de sobre peso y obesidad (Jin et al., 2013).

El desconocimiento tanto del proceso de fritura, los cambios producidos en el mismo y las alternativas de nuevos proceso de fritura ha llevado a uso de común de la fritura convencional

para el procesamiento del denominado tostado disminuyendo de esta manera en valor nutricional del maíz. Por otro lado, la producción del chulpi es reducida debido a que a pesar de su alto valor nutricional no ha sido aprovechado de la mejor manera por la industria, situación que de alguna manera influye tanto en la producción de este cultivo poniendo en riesgo la variabilidad de los cultivares tradicionales de maíz de altura (Ayala & Oñate, 2007), así como también, en el uso, consumo y estabilidad de precios en el mercado local.

Conjuntamente con esta necesidad se obliga a su investigación, sobre el comportamiento de tres variedades de maíz (variedad mejorada de chulpi INIAP 192, chulpi ecuatoriano y Chaucho mejorado INIAP 122) en el proceso de fritura al vacío ya que esta es un tecnología destacada por conseguir la reducción del contenido de aceite y una mejora en la calidad de los alimentos fritos (García-Segovia et al., 2016).

1.2 Justificación

Hoy en día los consumidores están interesados en alimentos más saludables, pero no están dispuestos a renunciar a la parte organoléptica (Dueik & Bouchon, 2011; Quan et al., 2016). De manera que la fritura al vacío es un método alternativo para la producción de *snack* de frutas y verduras que presentan los parámetros de calidad esperados y responden a tendencias de salud (Diamante et al., 2015).

Debido a la implementación del semáforo nutricional en el país el consumidor se encuentra más consciente sobre la ingesta de alimentos ultra procesados por lo que el consumo de estos *snacks* ha reducido y los productos naturales, light, gourmet o sometidos a algún tipo de proceso que reduzca tanto la cantidad de grasa, azúcar o sal están teniendo mayor aceptación en el Ecuador (PROCHILE, 2017). Existe una tendencia del mercado al consumo de alimentos más saludables que ha motivado a la industria alimentaria a innovar en tecnologías inclinándose de esta manera a la fritura al vacío la cual es una opción para lograr este propósito, ya que consigue tanto la preservación del contenido nutricional de la materia prima como la reducción de grasa en el producto final, además es una excelente alternativa en cuanto al mercado de pasabocas (Crosa et al., 2014).

La fritura al vacío se presenta como una opción de procesamiento para el desarrollo de nuevos productos y de los ya existentes (Coronel, 2014), así como también logra la reducción de grasa, mejora la calidad nutricional de los alimentos fritos y disminuye la producción de compuestos perjudiciales para la salud (Mir-Bel et al., 2012).

De las razas de maíz que se encuentran en la sierra ecuatoriana el chulpi (maíz dulce) corre el riesgo de desaparecer, debido al poco uso, limitadas formas de consumo, baja disponibilidad de alternativas de procesamiento y poco valor agregado que los productores dan a este tipo de maíces, desaprovechando una valiosa fuente energética (Ayala & Oñate, 2007). Por lo que, a través de la presente investigación, se pretende incentivar el consumo de chulpi, darle valor agregado, mejorar la calidad del *snack* y disminuir la cantidad de lípidos presentes en el mismo, de modo que aporte nutrientes al organismo del consumidor.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar la incidencia de fritura al vacío sobre retención de extracto etéreo y textura en tres variedades mejoradas de maíz.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las características físicas y la composición química de tres variedades de maíz (Chulpi mejorado INIAP 192, Chulpi Ecuatoriano, Chaucho mejorado INIAP 122) en estado crudo.
- Evaluar el efecto de la presión de vacío y las variedades de maíz sobre la retención de extracto etéreo y textura (sensorial e instrumental) de los *snacks* fritos.
- Determinar el contenido energético y las características fisicoquímicas de los *snacks* obtenidos y comparar con los procesados por fritura convencional.

1.4 Formulación De Hipótesis

1.4.1 Hipótesis Alternativa

Ha: El proceso de fritura al vacío influye en la retención de extracto etéreo y textura en tres variedades mejoradas de maíz (chulpi mejorado INIAP 192, Chupi Ecuatoriano, Chaucho mejorado INIAP 122).

1.4.2 Hipótesis Nula

Ho: El proceso de fritura al vacío no influye en la retención de extracto etéreo y textura en tres variedades mejoradas de maíz (chulpi mejorado INIAP 192, Chupi Ecuatoriano, Chaucho mejorado INIAP 122).

2 CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1 El Maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es conocido como uno de los granos más antiguos y es considerado como un elemento estratégico para la soberanía y seguridad alimentaria en sus distintas formas de uso: alimentación humana (13%), donde su aplicación es diversa y nutrición animal (78%), así como también valores socioculturales (González-Cortés et al., 2017; Martínez Cruz, 2011).

En la sierra ecuatoriana el cultivo de maíz (*Zea Mayz* L.) es un componente básico en la dieta de la población, además de ser uno de los más significativos debido a la gran superficie sembrada (Peñaherrera, 2011). Por lo que, la distribución de algunos maíces más cultivados en las provincias de la sierra del Ecuador se debe a los gustos y costumbres de los agricultores (Yáñez et al., 2013).

En el Ecuador existe una gran diversidad genética, representada por alrededor de 29 razas de maíz, de las cuales 17 se han encontrado en la sierra y se caracterizan por ser de tipo harinoso y semiduros y las restantes se encuentran en la región litoral, siendo maíces de tipo duro cristalino (Coral, 2017).

.

2.2 Taxonomía

De acuerdo a la Organización para la cooperación económica y el desarrollo (OECD), en la clasificación para el maíz, los géneros *Zea* y *Tripsacum* son incluidos en la tribu Maydeae (tabla 1).

Tabla 1.

Taxonomía del maíz

Taxón	Nombre
Reino	Vegetal
División	Espermatofitas o fanerógamas
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Monocotíledonea
Subclase	Glumiflorae
Orden	Poales
Familia	Poaceas o gramíneas
Tribu	Maydeae
Género	Zea
Especie	Zea mays .L

Nota: La tabla fue adquirida de (Guzmán, 2017).

2.3 Producción – Variedades en el Ecuador

2.3.1 Chulpi Ecuatoriano y su Producción en el País

Chulpi es la única raza ecuatoriana de las tierras altas con una pubescencia rígida, la cual probablemente está relacionada con formas peruanas y bolivianas de chuspillu (Cóndor, 2018). El chulpi (*Zea mays saccharata*), chullpi, chulpe, chuspillu o también conocido como maíz dulce, dicha denominación es dada por el elevado contenido de azúcar en el grano, se caracteriza por su temprana maduración (Abarca, 2014).

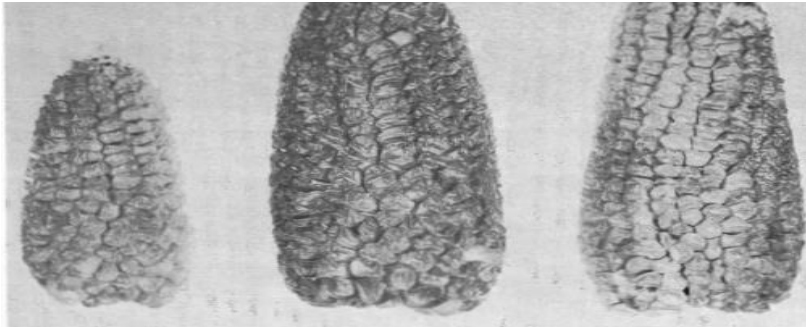
El cultivo de maíz (*Zea mays L.*) es uno de los más importantes de la región sierra debido a la superficie sembrada y a la dieta de la población (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2014). En el país hay aproximadamente 450000 ha de maíz sembrado de las cuales 100000 son de maíz suave concentrándose en la región sierra, y el consumo per cápita de maíz es alrededor de 14,50 kg/año (El Telégrafo, 2017).

De acuerdo a productores e industrializadores la producción de maíz en el país es insuficiente para el consumo nacional, es así que no podría llegar a exportarse ni en pequeñas ni en grandes cantidades, por lo que ya se habla de la importación desde Perú de la materia prima faltante (Narváez Acaro, 2013).

En el Ecuador, con respecto al consumo de maíz chulpi, desde el año 1989 el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) a través del programa del maíz de la Estación Experimental “Santa Catalina” obtuvo la variedad INIAP 192 o chulpi mejorado, puesto que el chulpi (maíz dulce) corre el riesgo de desaparecer debido principalmente al poco uso y valor agregado que los productores dan a este tipo de maíces, desaprovechando una valiosa fuente energética y poniendo en riesgo la variabilidad de los cultivares tradicionales de maíz de altura (Ayala & Oñate, 2007; Narváez Acaro, 2013).

Figura 1.

Chulpi ecuatoriano



Nota : La imagen muestra la variedad de maíz chulpi ecuatoriano obtenida de (Wellhausen et al., 1952)

2.3.1.1 Composición Nutricional del Chulpi

En las tablas 2 y 3 se muestra la composición nutricional, fisicoquímica del chulpi y algunas variedades de maíz.

Tabla 2.

Composición nutricional de chulpi en 100 g

Nutrientes	Cantidad
Energía	368 cal
Proteína	7,80 %
Grasa total	7 g
Fibra	2 g
Calcio	11 mg
Hierro	3,30 mg

Nota: Adaptada de (Cóndor, 2018).

Tabla 3.

Composición química del porcentaje de proteína y almidón del maíz.

Raza	% Proteína	% Almidón (Bs)
Blanco blandito (INIAP-102)	8,30	73,10
Guagal (INIAP-111)	8,12	72,10
Chaucho (INIAP-122)	9,14	74,36
Mashca (INIAP-124)	8,03	74,03
Cuzco ecuatoriano	8,81	73,62
Chulpi (INIAP-192)	10,23	64,27
Huandango	7,21	74,86
Canguil (INIAP-198)	10,72	62,88
Sabanero	9,69	70,81
Patillo	10,11	66,20
Morochón	8,84	73,57
Kcelio	6,73	68,80

Nota: Obtenido de (Abarca, 2014).

2.3.2 Chulpi Mejorado INIAP 192

A fin de ampliar las posibilidades y diversificar la producción nacional de maíz, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP presenta la variedad mejorada de maíz INIAP 192 de grano amarillo dulce, precoz, de buen rendimiento y adaptada para cultivarse entre altitudes comprendidas de 2 200 y 2 800 m, obteniéndose mejores resultados a 2 600 m, recomendada para las principales zonas productoras de maíz de la Sierra tiene un rendimiento promedio de 3542 kg/ha o lo que es lo mismo 78 qq/ha en seco (Caviedes et al., 1990, 2017). La variedad “INAP 192” ha sido obtenida por el programa de maíz de la Estación Experimental “Santa Catalina”, mediante cruzamientos de líneas y selecciones sucesivas en el período de 1983- 1989. Intervinieron como progenitores maíces de tipo “chulpi” o dulce procedentes de las provincias de Chimborazo y Pichincha.

2.3.2.1 Rendimiento INIAP 192

En la tabla 4 se evidencia el rendimiento promedio en kg/ha de la variedad de maíz chulpi mejorado INIAP 192 en las diferentes provincias de la sierra ecuatoriana durante los años 1986 a 1989.

Tabla 4.

Rendimiento promedio de la variedad mejorada INIAP 192.

Provincia	kg/ha	qq/ ha
Imbabura	3,823	84
Pichincha	2,820	62
Tungurahua	3,749	82
Chimborazo	4,198	92
Bolívar	3,879	85
Cañar	4,231	93
Azuay	2,091	46
PROMEDIO	3,542	78

Nota: Obtenido de (Caviedes et al., 1990)

2.3.3 Maíz Chaucho Mejorado INIAP 122

Imbabura es una de las provincias más trascendentales en la producción de maíz en la región sierra, puesto que las variedades más cultivadas son el chaucho y el huandango. La primera es cultivada en los cantones Antonio Ante, Cotacachi, Ibarra, Urcuquí y se lo consume principalmente como choclo, siendo apreciada también para mote, tostado, harinas, humitas, sopas, tortillas, chicha y pan además la planta, además es utilizada como forraje o abono y su rendimiento es de 3864 kg/ha en seco y de 190 quintales por hectárea en choclo (Pasquel, 2016; Silva Edison et al., 1997), se adapta a altitudes entre los 2 200 - 2 800 msnm.

La variedad Chaucho mejorado se deriva de un cruzamiento múltiple entre 4 colecciones de maíces locales, provenientes de Chaltura (ECU-07203), La Florida (ECU-07297), Natabuela (ECU-07302) e Imantag (ECU- 07310) en Imbabura. Estas colectas presentaron buenas características agronómicas y de calidad de grano durante dos ciclos de cultivo, 1993-94 y 1994-95 (Tapia, 2020; Yáñez et al., 2013).

2.3.4 Distribución Geográfica de las Variedades Liberadas por la Estación Experimental Santa Catalina

Figura 2.

Distribución geográfica de las variedades liberadas por la Estación Experimental Santa Catalina



Nota: El gráfico muestra las diferentes variedades de maíz duro suave liberadas por el programa de maíz de la Estación Experimental Santa Catalina-INIAP, en las provincias del país. Fuente (Yáñez et al., 2013)

2.4 Características Físicas del Maíz

Las características físicas del maíz dependen de la variedad (genotipo) y de las condiciones ambientales (humedad y temperatura) durante su desarrollo (Ordoñez et al., 2012), dichas tipologías muestra la calidad del grano (peso hectolítrico, tamaño, densidad y porosidad). Es por ello que, para la elaboración de *snacks* de maíz requiere contar con granos que cuente con buenas características físicas sobre todo si se desea obtener un producto en el cual el grano se mantenga entero (Yépez, 2012).

2.4.1 Densidad aparente (Peso hectolítrico)

El peso hectolítrico es una característica propia de cada material, depende del tipo de maíz y las condiciones ambientales en la fase de llenado del grano, entre otros factores genéticos, este está relacionado con la dureza, susceptibilidad a la ruptura, rendimientos de molienda, velocidad de secado, condiciones generales del grano y resistencia al desarrollo de hongos (Palacios-Rojas, 2018). Además, permite conocer que tan sano está el grano, asimismo, mientras más sano sea mayor es la proporción de almidón en el grano. Por otro lado, se define como el espacio que ocupa la cantidad de material por unidad de volumen y se expresa en unidades de masa por unidad de volumen (Vilchis, 2019). En varios estudios realizados se encuentran valores de peso hectolítrico que van de 82 a 89 kg. hL⁻¹ (Jiménez-Juárez et al.,

2012), 70 a 80 kg.hL⁻¹(Gutiérrez-Coronado et al., 2010), mientras mayor es el peso hectolítrico mayor es el rendimiento y a su vez mayor calidad.

2.4.2 Masa de mil granos

Este parámetro es un indicador del tamaño y densidad del grano relacionada con rendimientos de molienda, característica importante para los productores de harina, en varios estudios realizados en maíz se encontraron valores entre 277 a 350 g (Jiménez-Juárez et al., 2012). Estos parámetros como se menciona anteriormente dependen de la variedad, sin embargo se puede clasificar: excelentes condiciones o grandes con valores mayores a 380 g, medianos de 330 a 380 y pequeños o en malas condiciones menores a 330 g, un bajo peso corresponde a una muestra con gran porcentaje de granos pequeños y al contrario un peso alto es obtenido cuando los granos son grandes (Palacios-Rojas, 2018).

2.4.3 Color

En la industria alimentaria el color es un parámetro en base al cual se evalúan productos tanto frescos como procesados, así como también se controlan los procesos y se miden indirectamente otros parámetros (Delmoro et al., 2010). De igual manera, el color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto, el primer acercamiento del consumidor hacia el alimento es el color, ya que se relaciona con el rechazo o la aceptación del producto, en algunos alimentos es el resultado conjunto de sus características físicas y sus pigmentos (Palacios-Rojas, 2018).

2.4.3.1 Sistema CIELAB

El espacio de color CIELAB es uno de los más utilizados para medir el color, y es ampliamente usado en la industria alimentaria (Cueva Vásquez, 2014), este sistema utiliza tres coordenadas para ubicar el color en un espacio de color, las coordenadas CIEL*a*b* son magnitudes adimensionales (Talens Oliag, 2017b). A continuación se describe cada una de las coordenadas de este sistema:

Luminosidad (L*): Representa que tan oscura es la muestra, está es una escala que va de blanco, pasando por las tonalidades de grises hasta llegar a negro, siendo poco luminoso los valores cercanos a 0 (negro) y siendo muy luminosos los valores cercanos a 100 (blanco), un valor alto de L* indica un color más claro que es favorable para los alimentos fritos, este parámetro es utilizado como un indicador de calidad (Quan et al., 2016). De igual manera, el tono es un término utilizado para clasificar los diferentes colores, dentro de estos se encuentran las coordenadas colorimétricas a*: indica las tonalidades de verde a rojo, valores negativos indican verde y valores positivos rojo; y b*: indica las tonalidades de azul a amarillo, valores negativos

indican azul y valores positivos amarillo (García, J.F. et al., 2019). Asimismo, el croma es aquel que describe lo llamativo o apagado de un color, tan cerca está el color ya sea al gris o al matiz puro, los colores en el centro son grises (apagados o sucios) y conforme avanzamos hacia la periferia se vuelven más saturados (vivos o limpios), el croma también se conoce como saturación (Alvis et al., 2017).

2.5 Composición Nutricional

El grano de maíz suave cuenta con una gran cantidad de energía, además contiene proteína 9,2%, lípidos 3,8%, fibra bruta 2,15%, ceniza 1% entre otros, y su contenido varía de una variedad a otra (Peñaherrera, 2011; Yépez, 2012). En la tabla 5 se presenta la composición nutricional del grano de maíz.

Tabla 5.

Composición nutricional del grano de Maíz

Contenido	Contenido nutricional
Agua	12,00%
Aporte calórico	362 cal
Proteínas	9,00 g
Grasas	3,40 g
Carbohidratos	74,50 g
Almidón, fibra	1,00 g
Cenizas	1,10 g
Calcio	6,00 mg
Hierro	1,80 mg
Fósforo	178 mg
Tiamina	0,30 mg
Riboflavina	0,08 mg
Niacina	1,90 mg

Nota: Adaptada (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 1993) y (Paliwal et al., 2001)

Como se menciona anteriormente el grano de maíz posee una importante fuente de energía debido al contenido de almidón, proteínas y aceites, así como también, contiene 9 minerales, hasta 9 vitaminas, compuestos fenólicos y antocianinas. El maíz con mayores contenidos de nutrientes representan una oportunidad para los consumidores que hoy por hoy buscan alimentos con fuentes nutricionales naturales (Caviedes et al., 2017).

Los principales componentes químicos en el grano de maíz son: almidón, proteína, minerales, fibra, extracto etéreo, entre otras (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 1993).

2.5.1 Almidón

El almidón es principal polisacárido de reserva del maíz (*Zea mays L.*) representando el 72-73% del peso total del grano seco (Urango, 2018), y las propiedades fisicoquímicas y funcionales de este están estrechamente relacionadas con su estructura, además está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina (Agama-Acevedo et al., 2013).

En la industria alimentaria el almidón es usado con varios fines, este polímero modifica la textura de los alimentos, por lo que el consumidor y el fabricante se benefician de este, debido a que es uno de los principales factores que rigen la aceptabilidad y palatabilidad de muchos productos alimenticios (Aguirre, 2011; Hernández-Medina et al., 2008).

Durante el proceso de fritura, el almidón sufre cambios estructurales en los cuales los cristales de amilosa y de amilopectina se reorganizan. Esta conformación promueve la formación de un gel que funciona como una barrera protectora contra la entrada del aceite a nivel de fritura, lo cual repercute en el cambio de textura en el alimento (Aguirre, 2011).

La relación amilosa/amilopectina y la estructura de las moléculas establecen las características reológicas y funcionales del almidón, así como también determina las diversas formas de aplicación de este (Solarte-Montúfar et al., 2019).

2.5.2 Amilosa

La amilosa es un polímero lineal presente en el almidón, está formado por unidades de α -D-glucosa con enlaces de α (1-4), lo cual ayuda a la formación de estructuras helicoidales, además esta molécula es insoluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas (Villaroel et al., 2018). La amilosa constituye el 25 a 30% del almidón total siendo el menor componente presente en el almidón de maíz (FAO, 1993).

El contenido de amilosa es de suma importancia en el procesamiento de alimentos y su calidad, ya que este afecta las propiedades de gelatinización, retrogradación, hinchamiento y la susceptibilidad enzimática de los almidones (Correa et al., 2018). Almidones con valores altos de amilosa favorecen una mayor solubilidad, mayor viscosidad, mejor claridad del engrudo y mayor tendencia a la retrodegradación de geles. Por lo que, a base de lo anterior se afirma que un elevado contenido de amilosa es deseable en la elaboración de diversos productos alimenticios de alta calidad (Solarte-Montúfar et al., 2019).

Los almidones se pueden clasificar en cerosos con niveles de amilosa de 1%, almidones normales (nativos) con niveles de amilosa de entre 18 a 30 %, y almidones enriquecidos de amilosa con niveles de más de 70% (Anangonó, 2019).

2.5.3 Amilopectina

La amilopectina es una molécula ramificada y es el mayor componente del almidón, se encuentra en una proporción promedio de 70 a 75% (Anangonó, 2019). Almidones con predominancia de este compuesto pueden volverse más cohesivos, además este puede variar dependiendo de las fuentes de procedencia (Solarte-Montúfar et al., 2019). La amilopectina contribuye notablemente en las propiedades funcionales del almidón, modulan el uso en la industria alimentaria (Urango, 2018).

2.5.4 Proteína

La proteína en el grano de maíz es el segundo compuesto después del almidón, el contenido promedio es de 10%, este puede variar del 8 al 11% del peso del grano, la mayor parte se encuentra en el endospermo (González-Cortés et al., 2017). Este compuesto no es completamente asimilable por el organismo, esto se debe a la presencia de ciertos aminoácidos como: lisina y metionina, que da como resultado una elevada proporción de leucina, la misma que inhibe la absorción de la niacina. La calidad nutritiva del maíz como alimento viene determinada por la composición de aminoácidos de sus proteínas. Por esta razón es importante combinar este alimento con otras verduras, legumbre y proteína animal para una alimentación balanceada y completa (Yépez, 2012).

2.5.5 Lípidos

El grano entero contiene del 3 al 5% de aceite del cual del 25 a 30% se encuentra en el germen (Carrillo et al., 2010).

2.5.6 Fibra dietética

Según varios estudios realizados se ha demostrado que el maíz tiene un mayor contenido de fibra a diferencia de otros cereales, por lo que después de los hidratos de carbono (principalmente almidón), las proteínas y las grasas, la fibra dietética es el componente químico del maíz que se halla en cantidades mayores, se divide en fibra dietética soluble e insoluble la insoluble (Mansilla, 2018). La fibra se encuentra en el pericarpio aunque también en las paredes celulares del endospermo y en menor medida en el germen (Ortíz, 2010).

2.5.7 Minerales

El mineral más abundante es el fósforo, en forma de fitato de potasio y magnesio, encontrándose casi el 100%, en el germen. Otros minerales que se encuentran en menor proporción son: potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro, cobre y zinc (Yépez, 2012).

2.6 Snacks de Maíz Tostado

El sector de los alimentos fritos o los denominados *snacks* ha ido en aumento, entre los más populares se encuentran las papas fritas, fritura de maíz, frutos secos, entre otros (Torres et al., 2017).

En el Ecuador, el 40 % de maíz cosechado se logra procesar mecánicamente, el 30 % se procesa artesanalmente y el 30 % se vende húmedo. En todos los casos el maíz se comercializa en base de una tabla de descuento, a partir del 13 % de humedad y 1 % de impurezas (Cóndor, 2018). De modo que en Ecuador el maíz tostado o cancha se denominan a los granos de maíz amarillo suave harinoso que han sido tostados a fuego lento en pailas de bronce, o en tiesto ablandado únicamente por el calor, siendo esta la forma original de preparar este plato, misma que ha sido ampliamente reemplazada con la técnica colonial de la fritura. Por otro lado el chulpi a pesar de ser un maíz dulce no se consume en verde, este es más delgado y pequeño, de textura más suave que el tostado común y se lo ingiere tostado, el maíz tostado se utiliza como refrigerio exclusivamente en la región del alto Andino y es considerado el alimento principal en la dieta del poblador rural se lo consume como acompañante de muchas preparaciones, como entrada o refrigerio y gracias al procedimiento de cocción, tiene un color marrón oscuro y es de textura crocante (Cóndor, 2018; Yépez, 2012).

2.7 Fritura Convencional por Inmersión de Alimentos

La fritura viene a ser uno de los métodos de cocción más populares en todo el mundo, utilizado para la preparación de productos alimentarios, este posee una gran aceptación por parte de los

consumidores, ya que adquiere peculiaridades únicas de aroma, textura, sabor y demás características organolépticas que se derivan de este proceso (Acevedo et al., 2017).

Freir es un proceso rápido que conduce a la obtención de un producto estéril y seco con una vida útil relativamente más larga (Maity et al., 2014), los alimentos adquiridos tras esta operación adquieren características organolépticas y sensoriales únicas que no es posible conseguir con otras técnicas de procesado, debido a las temperaturas altas y a las cualidades que aporta la grasa (Torres et al., 2018). Sin embargo la fritura convencional ha adquirido mala fama por el alto aporte energético del alimento tratado debido a la absorción de aceite (Marchesino et al., 2020) y la formación de compuestos tóxicos, entre ellos la acrilamida (Villamizar et al., 2011), relacionados con problemas cardíacos y desarrollo de cáncer (Jin et al., 2013). Durante la fritura los alimentos sufren cambios físicos, químicos, y nutricionales así como también reacciones de gelatinización de almidones, desnaturalización de proteínas (Neethu et al., 2016).

Además, se producen un gran número de compuestos a través de reacciones hidrolítica, térmica y oxidativa por la presencia de agua y aire implicadas en el proceso (Idowu & Aworh, 2014), mismo que, tiene un efecto conservador que se obtiene por destrucción térmica de los microorganismos y enzima presentes en el alimento y por reducción de la actividad de agua en la superficie del mismo (Dueik & Bouchon, 2011). Por lo que, una alternativa para minimizar los efectos indeseables es reducir la presión de fritura y trabajar en condiciones de vacío disminuyendo el punto de ebullición del agua para eliminarla a bajas temperaturas, con el fin de obtener productos con menor contenido de aceite, de hasta en un 69,8% (Mir-Bel et al., 2009) y/o 80% (Yagua & Moreira, 2011) menos.

2.8 Fritura Convencional

Durante la fritura el alimento se cocina debido a la transferencia de calor directa desde el aceite caliente hacia el alimento, cuando el alimento se incorpora en aceite, la temperatura de este último baja, la humedad superficial del alimento se vaporiza, mientras que el agua en su interior se difunde hacia la superficie, para finalmente pasar a la fase de vapor y viajar a través del aceite de fritura al ambiente externo, lo que se evidencia a su vez la presencia de burbujas en el aceite. Simultáneamente, mientras avanza el proceso, el alimento comienza a desarrollar un color característico, así como también, la formación de la costra (Coronel, 2014; Marchesino et al., 2020).

A lo largo del proceso de fritura ocurre simultáneamente transferencia de calor y masa entre el medio y el alimento, al sumergir el alimento en aceite caliente la transferencia de calor se realiza por dos mecanismos: conducción y convección. La conducción, bajo condiciones no estacionarias, se da en el interior del alimento, por lo que la magnitud de esta transferencia está influenciada por las propiedades térmicas del mismo y estas pueden cambiar durante el proceso. Por otro lado la convección ocurre entre el aceite caliente y la superficie del alimento (Singh & Debnath, 2011).

2.9 Fritura al Vacío

Fritura al vacío es una tecnología prometedora para la producción de alimentos más saludables, según la materia prima de origen y conservando además sus características particulares. Existen varios estudios de los beneficios nutricionales y sensoriales obtenidos al utilizar la fritura al vacío en comparación con la fritura convencional, dichos beneficios están asociados con la menor temperatura de fritura y la menor exposición con el oxígeno (Banerjee & Sahu, 2017; Dueik & Bouchon, 2011).

El mecanismo de transferencia de calor de la fritura al vacío es similar a la atmosférica, en la cual se genera de manera simultánea los procesos de transmisión de calor mediante los mecanismos de conducción- convección y la transferencia de masa, que se manifiesta en la pérdida del agua y la absorción de aceite del alimento, pero con la diferencia que la temperatura del aceite de la fritura será menor (Coronel, 2014).

En esta operación el alimento se procesa a presión subatmosférica en un sistema cerrado, lo que permite disminuir la temperatura de ebullición del agua y por ende la temperatura de fritura, así el agua contenida en el almidón se elimina rápidamente cuando el aceite alcanza la temperatura de ebullición del agua. De hecho la mayoría de los beneficios de esta tecnología está asociado a las bajas temperaturas empleadas y la mínima exposición de oxígeno (Quan et al., 2016).

2.10 Efectos de Parámetros de Fritura sobre la retención de grasa

A continuación, se presenta ejemplos de estudios realizados acerca del proceso de fritura y la influencia de los parámetros sobre los cambios ocasionados en el producto durante el mismo.

2.10.1 Presión

Existe una contradicción con el uso de la presión reducida en el proceso de fritura, ya que varios autores indican que este factor puede o no intervenir en la absorción de aceite por parte

del alimento. La reducción de la presión en el proceso de fritura se realiza con el fin de disminuir el punto de ebullición del agua y por ende baja temperatura de fritura, de esta manera se logra una menor absorción de aceite (Pillajo et al., 2019), este vacío provoca que el aire ingrese más rápido que el aceite al espacio libre de los poros, impidiendo el paso del aceite al interior del alimento (Pillajo García, 2014).

2.10.2 Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros más relevantes a tomarse en cuenta durante el proceso de fritura, es por ello que varios autores afirman que conforme aumenta la temperatura la costra superficial se desarrolla más rápidamente y en consecuencia las propiedades favorables para la absorción de aceite, ya que se forma una barrera física, es decir con la formación de la costra se disminuye la hidrofiliidad en la superficie del producto y la contracción, aumentando el espacio que puede ser ocupado por el aceite (Torres et al., 2018). A su vez las altas temperaturas aceleran la degradación del aceite de fritura.

Algunos datos bibliográficos encontrados con relación a la absorción de aceite durante la etapa de fritura relacionan la temperatura de fritura con la absorción de aceite, es decir mientras mayor sea la temperatura mayor contenido de aceite retiene el producto (Diamante et al., 2015). Por el contrario, (Pillajo García, 2014) indica que el contenido final de aceite en los chips no está en función de la temperatura si no depende del tiempo de fritura.

Tiempo de fritura

El tiempo de fritura es otro factor importante que influyen en la absorción de aceite durante el proceso de fritura al igual que la temperatura (Idowu & Aworh, 2014), es por ello que tiempos de procesos más prolongados, aumenta la absorción de grasa en el alimento, existe mayor deterioro de la microestructura, además de quemaduras superficiales y las reacciones de pardeamiento (Torres et al., 2018). Por otro lado, Montes et al., (2016) indican que el contenido final del aceite del producto no está función de la temperatura sino del tiempo de fritura. Asimismo, el tiempo de fritura afecta la composición del aceite (Montes de Oca Rosales, 2019)

2.10.3 Tipo de aceite

La calidad del aceite es esencial en el proceso de fritura de maíz, ya que dependiendo de su composición se generan diversas sustancias químicas, es necesario que el aceite a utilizarse sea lo más estable a altas temperaturas y que cumplan con recomendaciones de calidad (Marchesino et al., 2020). Por otro lado, se ha estudiado que a mayor formación de compuestos polares y

otros surfactantes generados por procesos degradativos del aceite en la fritura, hay mayor absorción de grasa por parte del alimento, puesto que se disminuye la tensión superficial, por ello se plantea la renovación de aceites de fritura como un método más sencillo para disminuir la cantidad de estos compuestos (Ramírez Botero et al., 2012).

2.10.4 Humedad

Según investigaciones realizadas la humedad inicial del alimento es uno de los parámetros más relevantes en el proceso de fritura por lo que diversos autores señalan que la absorción de aceite estuvo relacionada significativamente con el contenido de humedad (Montes de Oca Rosales, 2019). Sin embargo, Zhang et al. (2016), quienes estudiaron el proceso de fritura de papas reportaron que el contenido inicial de humedad no tuvo ningún efecto significativo en la absorción de aceite.

2.11 Calidad de los Alimentos Procesados por Fritura

Como resultado del proceso de fritura el alimento sufre una serie de reacciones y transformaciones por las altas temperaturas de procesamiento, la composición del alimento que se fríe va cambiando continuamente debido, al aumento del contenido de aceite y al deterioro del mismo, así como también, a la extracción del agua (Marchesino et al., 2020). De igual manera, se producen cambios deseables como son: formación de la costra la cual impide la migración de nutrientes desde el interior del alimento hacia el aceite, el desarrollo de color característico, aroma, sabor y textura (Fellows, 2017), asimismo el efecto de la fritura sobre el valor nutricional de los alimentos depende de las condiciones del proceso.

2.11.1 Cambios Físicos y Químicos

Según varios autores (Fellows, 2017; Idowu & Aworh, 2014; Neethu et al., 2016) indican, durante el proceso de fritura ocurren cambios físicos, químicos y nutricionales. Por lo tanto, dentro de los cambios físicos y químicos ocasionados durante este proceso se encuentran:

Físicos

- Pérdida del contenido de agua: durante la operación de fritura, donde la temperatura del aceite se mantiene siempre muy por encima de los 100 °C, provocando una rápida eliminación del agua en forma de vapor del producto alimenticio frito (Banerjee & Sahu, 2017).
- Formación de la costra: causando cambios estructurales y de textura de los productos.
- Desarrollo del color, aroma y sabor característico

- Tracción, expansión, desarrollo de porosidad
- Ruptura de la matriz sólida

Químicos

- Desnaturalización de algunas proteínas como son las albúminas y globulinas: se produce modificaciones en la conformación de las proteínas y desenmascaramiento de las zonas hidrofóbicas (Lupano, 2013).
- Reducción del azúcar
- Gelatinización de almidones: La gelatinización del almidón es la ruptura de la disposición molecular en el gránulo de almidón, lo que conduce a la expansión de las partículas y la reducción de la solubilidad (Zhang et al., 2020). Así como también se puede definir como la transición que sufre los polímeros de almidón sometidos a procesos de calentamiento, lo cual tiene un gran impacto en la calidad, procesamiento y estabilidad de los productos basados en almidón (Pineda-Gómez et al., 2010).
- Oxidación de vitaminas liposolubles
- Reacción de Maillard: unión no enzimática del grupo carbonilo con el grupo amino de proteínas, es fuertemente acelerado a elevadas temperaturas con baja humedad, esto ocurre en la fritura (Voyer, 2019).

2.11.2 Desarrollo de Color en el proceso de fritura

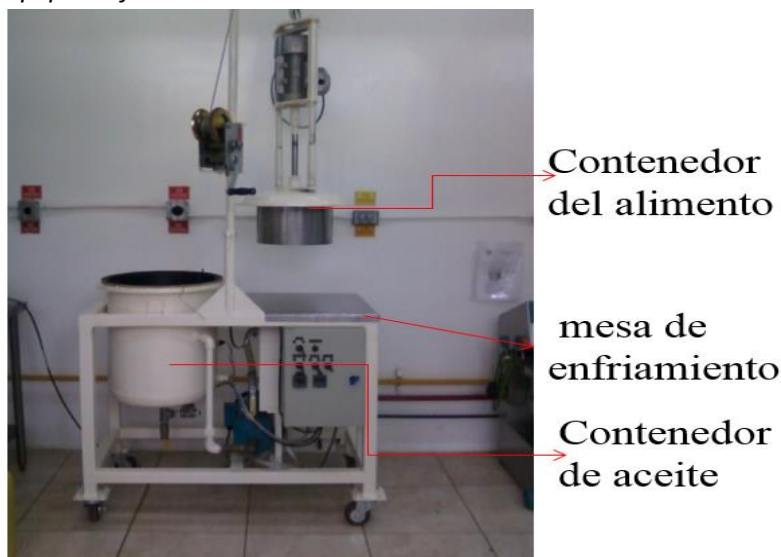
El color dorado es característico y un atributo muy significativo de la calidad de un producto frito y determinante en la aceptación del mismo por parte de los consumidores (Cueva Vásquez, 2014), este parámetro en los alimentos depende fundamentalmente de proteína-carbohidratos, es decir la reacción de Maillard entre los azúcares reductores y aminoácidos que juegan un papel importante en la coloración del alimento (Valencia et al., 2013). Las condiciones de proceso como tiempo, temperatura y tipo de aceite afectan el color del producto final (Torres et al., 2017), así también las características de la materia prima como el tamaño, o las condiciones de almacenamiento previo, son factores relevantes para este parámetro (Fellows, 2017; Krokida et al., 2001).

2.12 Equipo de Fritura al Vacío

Las principales partes que conforman este sistema son: un contenedor de alimento (olla interna), contenedor del aceite (tanque y una tapa), una mesa de enfriamiento.

Figura 3.

Equipo de fritura al vacío



Nota: En el gráfico se muestra la freidora al vacío con sus diferentes partes: contenedor de alimento, mesa de enfriamiento y el contenedor de aceite. **Fuente:** Paulina Untuña (2013)

2.13 Consumo de *Snacks*

Pese a que los *snacks* no son un tipo de alimento considerado como principal del día a día, generalmente son utilizados para satisfacer el hambre de forma temporal (Cazar, 2012). El consumo de este tipo de bocaditos tiene un constante crecimiento debido a sus especiales características que estos poseen, varios alimentos pueden ser considerados como *snacks* siendo los más populares las papas fritas, frituras de maíz, *snacks* extruidos entre otros. Los bocaditos fritos son producto de una fritura directa de la materia prima con el agregado posterior de sal o azúcar, saborizantes, colorantes u otros (Chávez & Moreno, 2018).

Debido a la implementación del semáforo nutricional en el país el consumidor se encuentra más consciente sobre la ingesta de alimentos ultra procesados. Por esta razón los productos naturales, light, gourmet están teniendo mayor aceptación en Ecuador. Este cambio de comportamiento en Ecuador ha incidido en los hábitos de alimentación del consumidor, balanceando su alimentación al preferir el consumo de frutas, verduras, granos y legumbres prefiriendo productos que contengan innovación, propiedades nutricionales y variedades (PROCHILE, 2017). Como se menciona anteriormente la fritura es el proceso más utilizado en el mercado de *snacks* a nivel mundial, por las características físicas y organolépticas que brindan al producto (Hermiyanty & Ayu, 2017). Por tal razón, la industria de los *snacks* tendrá un crecimiento mundial del 2% (Jodar, 2018) este producto principalmente es ofrecido a los milenials, ya que estos encuentran a los *snacks* como una alternativa a las comidas tradicionales,

además se están incorporando alimentos cada vez más saludables. Constituyéndose así empresas productoras y distribuidoras de productos innovadores como chips de vegetales, mezclas de granos andinos, mote frito chifles, etc. Utilizando materias primas de zonas tropicales y andinas del Ecuador (Centeno & Jaramillo, 2013). El volumen de producción de *snack* a nivel nacional es aproximadamente de 4500 ton al año (Urrunaga et al., 2016).

El sector de los *snacks* en el Ecuador se ha visto representado tradicionalmente por los chips de plátanos, papas, yuca, camote, mezclas de hortalizas, etc. Sin tener en cuenta que el país tiene un alto volumen de producción de otros vegetales, frutos y granos que pueden ser aprovechados para este fin. En el Ecuador la producción de *snacks* se encuentra geográficamente asentada dentro o en los alrededores de las principales ciudades del país Guayaquil y Quito donde se han venido radicando las principales industrias en las últimas décadas (PRO ECUADOR, 2018).

2.14 Análisis de Textura

El estudio y conocimiento de la textura como propiedad física del alimento es una de las características más importantes, ya que indica su calidad y determina su aceptabilidad, además de ser un importante impulsor de las preferencias del consumidor, esta se puede medir mediante pruebas sensoriales e instrumentales (Granados et al., 2014). Los alimentos tienen diferentes propiedades de textura, estas dependen de la variedad, estado de madurez y a los métodos utilizados en el proceso, este parámetro es difícil de definir debido a que son características subjetivas (Hleap & Velasco, 2010).

2.14.1 Análisis de perfil de Textura – textura instrumental

El análisis de perfil de textura como sus siglas en inglés TPA, es una simulación de la masticación de una muestra por medio de un equipo analizador de textura, consiste en comprimir un alimento del tamaño de un mordisco para imitar la acción de los dientes e incluye el análisis de diferentes características de textura de una muestra y se representan gráficamente como se muestra en la Figura 4 (González et al., 2015). De esta manera a continuación se describe los parámetros que se adquieren tras la utilización de este análisis:

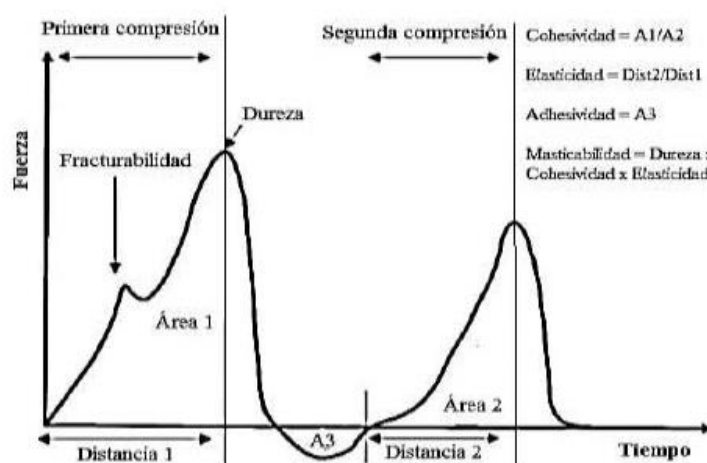
- **Fragilidad:** O fuerza del primer pico significativo que se obtiene tras la primera compresión, se refiere a la dureza con la que el alimento se desmorona, cruje o revienta.
- **Dureza:** O fuerza máxima ejercida en el primer ciclo de compresión, se refiere a la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares o la lengua y el paladar.

- **Cohesividad:** O relación de áreas originadas en los dos ciclos de compresión y representa el trabajo necesario para comprimir la muestra por segunda vez respecto al que ha sido necesario para comprimirla la primera vez. Indica la habilidad de soportar rotura bajo compresión, representa la fuerza con la que están unidas las partículas. Es adimensional y un valor igual a uno indica que la muestra se recupera completamente luego de la primera compresión.
- **Adhesividad:** O área de fuerza negativa que se obtiene tras la primera compresión y que representa el trabajo necesario para superar la fuerzas atractivas entre la superficie de otros materiales con los que el alimento entra en contacto. Se mide en Joule.
- **Elasticidad:** O altura que el alimento recupera respecto a la que tenía inicialmente durante el tiempo que transcurre desde que acaba la primera compresión hasta que empieza la segunda. Mide cuánta estructura original del alimento se ha roto por la compresión inicial, es adimensional.
- **Gomosidad:** Definida como el producto de dureza por cohesividad. Simula la energía requerida para desintegrar un alimento semisólido para que este se pueda ingerir, se expresa en Newton.
- **Masticabilidad:** Definida como el producto de dureza por cohesividad por elasticidad. Es la medida de la energía requerida para masticar un sólido y desintegrarlo hasta que se pueda ingerir, se expresa en kg.

(Talens Oliag, 2017; González et al., 2015)

Figura 4.

Gráfica general del análisis de perfil de textura TPA



Nota: El gráfico muestra la curva modelo de TPA. Fuente: (Hleap Borrero & Velasco, 2010)

2.14.2 Textura sensorial

El análisis sensorial es una herramienta utilizada en las industrias para el desarrollo y mejoramiento de un producto así como también controlar la calidad del mismo (Zuluaga, 2018). Esta es una disciplina que aprovecha la capacidad de los sentidos para reaccionar ante los estímulos fisicoquímicos de los alimentos, permitiendo medir, analizar e interpretar las reacciones del ser humano a percibir sus características (Medina Lopez, 2013).

En la industria de los *snacks* fritos, se busca una textura crujiente, por ser la principal propiedad que los distingue (Chong et al., 2019). De esta manera la textura es un conjunto de propiedades que depende de la estructura del alimento, sensorialmente se compone de propiedades mecánicas, geométricas y de la humedad, relacionándose con la deformación, desintegración y flujo del alimento sometido a una fuerza y son medidos en fusión de masa, tiempo y distancia (Aguirre, 2011). No obstante la textura que se obtienen tras el proceso de fritura es consecuencia de los cambios producidos en la composición de los alimentos, principalmente en las proteínas y carbohidratos, que se modifican por efecto del calor transferido al alimento y por la eliminación del agua de este. Todo ello origina la formación de una costra que proporciona el atributo característico de crujiente al alimento (Fellows, 2017).

El proceso de cómo se rompe la estructura del alimento dentro de la boca y los mecanismos que controlan el mismo, dominan la experiencia de comer y la percepción de la textura. Dentro de las propiedades de textura sensorial de los *snacks* se encuentran entre otras, la dureza, crocancia, resistencia a la ruptura y adherencia, mismas que tiene relación directa con la aceptación o rechazo del producto, atributos como dureza y fracturabilidad son percibidos durante el primer mordisco, mientras que la adhesividad se perciben al final de la masticación, asimismo, la ruptura en la boca es característica de cada alimento (Anton & Luciano, 2007; López, 2019).

La textura depende en gran medida de la humedad del producto, pues al deshidratarse el almidón a altas temperaturas, este se retrograda e incita un cambio en la estructura interna que se refleja en la disminución de la fuerza de la ruptura de las células (Chong et al., 2019).

2.14.3 Correlación textura sensorial- textura instrumental

Al realizar un análisis sensorial o instrumental de textura deben verse como un conjunto y no por separado, pues existe mucha interrelación entre ellos. Esto se demuestra al analizar las correlaciones individuales entre parámetros, cuyos valores son muy bajos. Asimismo, en un estudio realizado al utilizar una sonda cilíndrica de aluminio con diámetro 2 mm, a una

velocidad de prueba de 1 mm/s y compresión al 50% de altura de la muestra, para comprimir aperitivos extruidos de maíz o trigo con diversas formas se encontraron bajos coeficientes de correlación entre las medidas de textura sensorial e instrumental (r entre 0,11 y 0,24) (Bermeo, 2019).

2.15 Valor Energético de los Alimentos

El valor energético de un alimento es proporcional a la cantidad de energía que puede proporcionar al quemarse en presencia de oxígeno (Universidad Nacional De Educación a Distancia [UNED], 2019). Se mide en kilocalorías (1 kcal= 1000 cal) que es la cantidad de calor necesario para aumentar un grado la temperatura de un gramo de agua. Las dietas de los humanos adultos contiene entre 1000 y 5000 kcal por día, las kilocalorías que contienen los alimentos, le aportan al cuerpo humano la energía y el combustible que necesita para llevar a cabo todas sus funciones y a la vez, conservar su temperatura (Meneses, 2011). Los alimentos ricos en grasa tienen un contenido energético mucho mayor que los formados por glúcidos o proteínas. Por lo que toda la energía que acumulada en el organismo como reserva a largo plazo se almacena en forma de grasas.

Como se sabe, los seres humanos aprovechan la energía de los alimentos para mantener la actividad física y mental, distribuyendo el aporte de energía en tres tiempos, comúnmente de la manera siguiente: 25% de la energía en el desayuno, 60% en la comida y 15% en la cena (Auza & Bourges, 2011). Por otro lado, el aporte calórico de los snacks depende del tamaño y número de la porción así como también del tipo de snacks que se consuma, puesto que en los alimentos fritos el aceite de fritura se incorpora en el alimento elevando de esta manera el contenido energético (Romero, 2018).

3 CAPÍTULO III

Materiales y Métodos

3.1 Caracterización del Área de Estudio

La presente investigación se realizó en el instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Santa Catalina (INIAP), Departamento de Nutrición y Calidad, ubicada en el sector de Cutuglagua, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha. Y por último en el Laboratorio de Análisis Físico Químicos y Microbiológicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte ubicada en la Provincia de Imbabura Cantón de Ibarra.

3.2 Materiales, Equipos y Reactivos

De acuerdo con la investigación que se realizó, se hace uso de diferentes materiales, instrumentos de medida, equipos y reactivos detallados en la tabla 6, los cuales permitirán cumplir con los objetivos planteados.

Tabla 6.*Materiales, equipos y reactivos a utilizados en el proyecto de investigación.*

Materia prima	Insumos	Materiales	Equipos	Reactivos
Chulpi mejorado INIAP 192	Sal	Recipientes plásticos	Molino	Catalizador
Chulpi ecuadoriano	Aceite condimentos	Bandejas plásticas	Estufa Mufla	Ac. Sulfúrico Agua destilada
Chaucho mejorado INIAP 122		Probetas Balones volumétricos Erlenmeyer Tubos de ensayo Embudos de vidrio Vasos de precipitación Cajas Petri Crisoles Agitadores magnéticos Mortero y pistillo Papel filtro Gradilla Pipetas graduadas Piceta Porta embudos	Espectrofotómetro Centrifuga Baño maría Termómetro Balanza analítica Balanza infrarroja Polarímetro Cocina industrial Digestor Vórtex Balanza de peso hectolítrico Balanza analítica Espectro color Freidora al vacío Freidora convencional	Ac. Bórico al 2% Hidróxido de sodio al 30% Ac clorhídrico 0,01 N Indicador de proteína KOH 4 M HCL 2 M solución reguladora de acetato con 4,6 pH Amiloglucosidasa (Boehringer- Mannheim n° 676543) Glucosa anhidra Amilosa Agua destilada Antrona Glucosa Hexano Alcohol al 80% Etanol al 95% v/v

Fundas plásticas	Hidróxido de sodio p.a.
Empaques plásticos	Ácido clorhídrico p.a.
Utensilios de cocina	Yoduro de potasio Yodo urea 6 M dimetilsulfoxido (DMSO)

En la presente investigación se utilizaron tres variedades mejoradas de maíz duro suave: Chulpi mejorado INIAP 192, Chulpi ecuatoriano, Chaucho mejorado INIAP 122. Los materiales fueron sometidos a selección, limpieza y cocción por 15 min cumpliendo condiciones para el proceso de fritura al vacío.

El proceso de elaboración de *snacks* se llevó a cabo en una freidora al vacío con las siguientes características:

La freidora al vacío cuenta con un sistema hermético, un sensor de vacío PX182B-015VACI que permite medir presiones manométricas de 0 a -14,7 psi (101,35 kPa), un controlador de vacío C911A, un sistema de centrifugado. Además, tiene una capacidad de aceite de aproximadamente 15 L, la temperatura es controlada mediante el uso de un controlador *Fuzzy* con PID (proporcional, derivativo e integrador). Para la retroalimentación se utiliza una termocupla tipo k que es también utilizada para medir la temperatura del sistema la precisión del sistema $\pm 2,5$ °C, el aporte de energía al sistema está dado por dos niquelinas que son monitoreadas por el controlador que da la señal para activarlas o desactivarlas. Antes de poner el producto para la cocción, el sistema debe estar a una temperatura adecuada, dependiendo de las condiciones a las que se desee freír. El usuario dispone de una pantalla sensible (*touch-screen display*) de controlador para ingresar valores a la cual desea que se estabilice el sistema.

3.3 Métodos

Para el desarrollo de la presente investigación se realizó diferentes análisis los cuales se puede evidenciar en las siguientes tablas 7, 8, 9 y 13 cada una de estas se realizaron en orden a los

objetivos específicos planteados en la investigación, utilizando como materia prima tres variedades de maíz: variedad mejorada de Chulpi INIAP 192, Chulpi ecuatoriano y Chaucho mejorado INIAP 122. Para el caso de las variedades como son Chulpi mejorado INIAP -192 y Chaucho mejorado INIAP 122 se obtuvieron del banco de semillas de la Estación Experimental Santa Catalina- INIAP y el Chulpi ecuatoriano se adquirió en el mercado local de Tabacundo.

3.3.1 Determinación de las Características Físicas y Composición Química de Tres Variedades de Maíz (Chulpi mejorado INIAP 192, Chulpi nativo y Chaucho mejorado INIAP 122) en Estado Crudo

Para cumplir con el objetivo planteado se realizó los análisis tanto físicos como químicos los cuales se ejecutaron en el departamento de nutrición y calidad de la EESC- INIAP y en el Laboratorio de Análisis Físico Químicos y Microbiológicos de la facultad de ingeniería en ciencias agropecuarias y ambientales de la Universidad Técnica del Norte, aplicando los diferentes métodos descritos en los anexos 3, 4, 5.

3.3.1.1 Análisis físicos

Los diferentes análisis físicos realizados a la materia prima son: densidad aparente (peso hectolítrico), masa de mil granos y color, mismos que se detallan en la tabla 7, (ANEXO 3).

Tabla 7.

Análisis físicos realizados a la materia prima

Análisis	Método	Norma	Unidad
Densidad aparente (Peso hectolítrico)	Balanza hectolítrica.	INEN 1 464. 1987-07.1 adaptado por el departamento de nutrición y calidad de EESC	Libra Bushel o kg/ Hl
Masa de mil granos	Conteo manual	INEN 1514 adaptado por el Departamento de nutrición de EESC	g
Color	Colorímetro		CIE L*a*b* Reflectancia

3.3.1.2 Análisis químicos

Los análisis químicos realizados a la materia prima son: humedad, ceniza, proteína, extracto etéreo, almidón total, amilosa, azúcares, fibra, minerales (hierro, zinc) cada uno por duplicado (ANEXO 4).

Tabla 8.

Análisis químicos realizados a la materia prima

Análisis	Método	Norma	Unidad
Humedad	Estufa	A.O.A.C. 930.15	%
Ceniza	Incineración,	A.O.A.C. 923.03	%
Proteína	Digestión y destilación	A.O.A.C. 955.39	%
Extracto etéreo	Extracción con hexano Soxhlet	A.O.A.C. 920.85.	%
Fibra	Digestión y calcinación	A.O.A.C. 978.10	%
Carbohidratos	Cálculo		%
Almidón	Solubilización del almidón en un medio alcalino para posterior hidrolización	Goñi y col 1997	%
Amilosa	Colorimetría	Morrison y Laignelet, 1983	%
Amilopectina	Cálculo		%
Azúcares	Espectrofotómetro	Dobois y Hamilton 1956	%
Fe	Espectrometría	A.O.A.C. 978.10,	ppm
Zn	Espectrometría	A.O.A.C. 999.11	ppm

3.3.2 *Evaluar el Efecto de la Presión de Vacío y las Variedades de Maíz Sobre la Retención de Extracto Etéreo y Textura (Sensorial e Instrumental) de los Snacks Fritos.*

Para la realización del objetivo planteado se procedió a realizar el proceso de la fritura al vacío para de esta manera obtener un *snack* de maíz al que se analizó la retención de extracto etéreo y textura instrumental (Dureza, Fracturabilidad, adherencia y elasticidad), con el fin de realizar una tabla comparativa en el que se observe las variaciones que presenta al realizar un cambio

en las presiones de fritura y las variedades de maíz utilizadas, para esto se utilizará un diseño experimental DCA con arreglo factorial AxB+1, en el que se aplicará los métodos detallados en la tabla 9 para el análisis de los *snacks* de maíz.

Para la muestra testigo se realizó la fritura convencional en la planta piloto de la Universidad Tecnológica Equinoccial, con la utilización de un equipo de acero inoxidable con capacidad de tres litros, el proceso de fritura se realizó con una muestra de 400 g, con aceite vegetal a una temperatura de 165 °C.

3.3.2.1 Análisis de humedad, extracto etéreo y textura instrumental

Para el análisis de textura instrumental los granos fueron comprimidos en un analizador de textura TA-XT2i. Micro systems Goalming UK con una punta cilíndrica de acero inoxidable con un diámetro de 5 mm (P5) ANEXO 5.

Tabla 9.

Métodos para análisis de textura instrumental, humedad y extracto etéreo

Análisis	Método	Norma	Unidad
Humedad	Estufa	A.O.A.C 930.15	%
Extracto etéreo	Extracción con hexano	A.O.A.C 920.39C.	%
Dureza	Texturómetro		Newton
Adhesividad	Texturómetro		Joule
Fracturabilidad	Texturómetro		Newton
Elasticidad	Texturómetro		-----

3.3.2.2 Análisis de evaluación sensorial de textura descriptiva

La evaluación de textura descriptiva en los *snacks* fritos se realizó con la ayuda de un panel semi-entrenado de 21 personas que laboran en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Mediante una escala de intervalo lineal de 10 cm, se evaluó, dureza, Crocancia, fracturabilidad y adherencia de los *snacks* fritos. Se asignaron valores numéricos

para su tabulación, el valor más alto (10) y el menor valor (1). Previo a la evaluación se utilizó un protocolo de capacitación (ANEXO 6)

3.3.2.3 Análisis de aceptabilidad sensorial

Para la determinación de las características organolépticas del *snack* se realizó mediante un análisis sensorial donde se evaluó los atributos de color, sabor, textura (crocancia) y aceptación global. Para lo cual se utilizó una planilla con la información que se desea conocer donde denotan los atributos antes mencionados (ANEXO 7) así como también se utilizará un grupo de 21 panelistas al azar y agua como medio de neutralización.

Los resultados se sometieron a la prueba de Friedman y con la información de los datos obtenidos, se aplicó el estadístico de prueba mediante la siguiente ecuación:

$$\chi^2 = \frac{12}{rt(t+1)} * \pi \sum R^2 - 3r(t + 1) \quad (1)$$

Donde:

χ^2 = Chi cuadrado

$\sum R^2$ = Sumatoria de los rangos al cuadrado

r = Número de catadores

t = Tratamientos

A partir de esto se describe a más detalle el diseño del experimento que se realizó en la investigación.

3.3.2.4 Diseño experimental

Para dicho estudio se empleó un Diseño Experimental Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial A x B +1 con seis tratamientos más el testigo, con tres repeticiones para cada uno, dando un total de 21 unidades experimentales.

3.3.2.5 Características del experimento

- Número de repeticiones por tratamiento tres (3)
- Número de tratamiento siete (7)
- Unidades experimentales veinte y uno (21)

El experimento se conformó de 21 unidades experimentales, cada una con un peso de 400 g de cada variedad, para la obtención de los *snacks* fritos

3.3.2.6 Factores en estudio

En la investigación se presenta dos factores en estudio que son la presión de fritura y las variedades de maíz como se observa en la tabla 10.

Tabla 10.

Factores en estudio

FACTOR A	Variedades de maíz
	Variedad mejorada de chulpi INIAP 192
	Chulpi ecuatoriano
	Chaucho mejorado INIAP 122
FACTOR B	Presión de fritura (P abs)
	P1=8,9 kPa
	P2= 11,3kPa
PARAMETROS DE TRABAJO	Peso de la muestra: 400 g
	Temperatura sujeta a dicha presión
	Cantidad de aceite
	Tiempo constante de fritura 50 min

3.3.2.7 Tratamientos

Los tratamientos que se utilizaron para el desarrollo de la investigación se detallan en la tabla 11.

Tabla 11.*Nomenclatura de los tratamientos*

Tratamientos	Descripción
T1	Variedad INIAP 192 y Presión 11,3 kPa
T2	Variedad Chulpi ecuatoriano y Presión 8,9 kPa
T3	Variedad INIAP 122 y Presión 11,3 kPa
T4	Variedad INIAP 192 y Presión 8,9 kPa
T5	Variedad Chulpi ecuatoriano y Presión 11,3 kPa
T6	Variedad INIAP 122 y Presión 8,9 kPa
T7	TESTIGO

3.3.2.8 Esquema del análisis estadístico

En la tabla 12 se muestra el análisis de varianza de los tratamientos, factores e interacciones de la presente investigación.

Tabla 12.*Diseño completamente al azar DCA AxB+1*

Fuentes de variación	GL
Total	20
Tratamientos	6
Variedades de maíz(V)	2
Presiones(P)	1
I.V x P	2
Testigo vs resto	1
Error experimental	14

En caso de detectarse diferencias significativas entre tratamientos se utilizará la prueba de Tukey al 5 %

3.3.3 Determinación de las Características Fisicoquímicas y el Contenido Energético del Producto Final

Para cumplir con el objetivo planteado se procedió a determinar el contenido energético y las características fisicoquímicas del tratamiento seleccionado mediante menor contenido de

extracto etéreo y textura característica, descrito en el inciso 3.3.2 y a la vez se comparará con los de fritura convencional.

3.3.3.1 Contenido energético

El contenido energético del producto final se obtuvo con la utilización del método de Atwater.

3.3.3.2 Características fisicoquímicas

En el producto final denominado *snack* se determinó las siguientes variables: fisicoquímicas detalladas en la tabla 13

Tabla 13.

Análisis fisicoquímicos realizados al snack de maíz

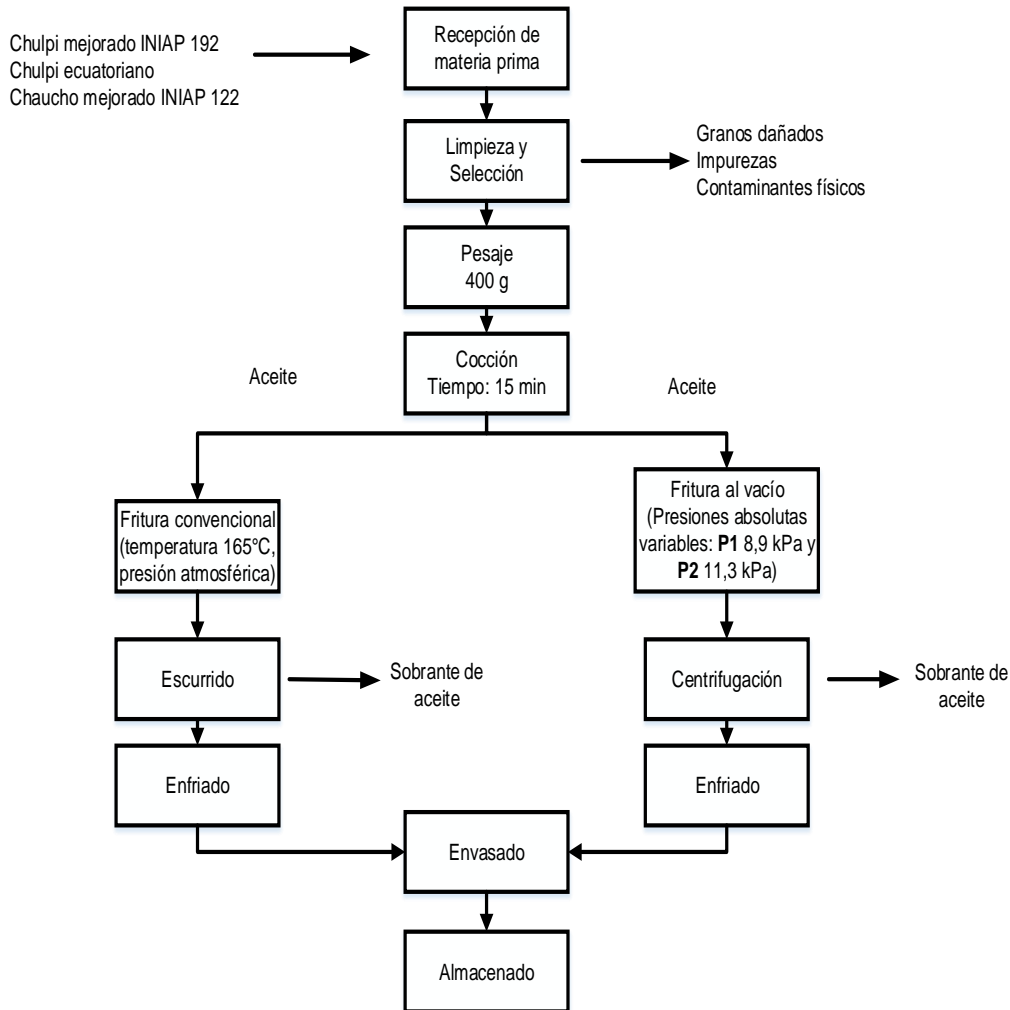
Análisis	Método	Norma	Unidad
Humedad	Estufa	A.O.A.C. 934.06.	%
Ceniza	Incineración,	A.O.A.C. 900.02	%
Proteína	Digestión y destilación	A.O.A.C. 955.04	%
Extracto etéreo	Extracción con hexano	A.O.A.C. 920.39.	%
Fibra dietética	Digestión y calcinación	A.O.A.C. 978.10.	%
Carbohidratos	Cálculo		%
Hierro	Espectrometría	978.10, A.O.A.C.	ppm
Zinc	Espectrometría	A.O.A.C. 999.11	ppm
Color	Colorímetro		Reflectancia CIE L*a*b*

3.4 Manejo Específico del Experimento

El proceso de elaboración para el *snack* frito a base de maíz se describe a continuación en el siguiente diagrama.

Figura 5.

Diagrama de proceso para la obtención de snacks de maíz



Nota: El presente gráfico muestra el diagrama de proceso para la obtención de snacks fritos mediante fritura al vacío y fritura convencional.

3.4.1 Descripción del Proceso

El proceso de fritura se detalla a continuación

3.4.1.1 Recepción de la materia prima

La materia prima (Chulpi ecuatoriano, Chulpi mejorado INIAP 192 y Chauchó mejorado INIAP 122) se adquirió en el banco de semillas de la Estación Experimental Santa Catalina INIAP y se trasladó al área experimental del departamento de Nutrición y Calidad de la misma estación. Estos materiales se almacenaron en fundas de polietileno y se mantuvieron herméticamente para evitar contactos con la humedad del medio ambiente.

Figura 6.

Chaucho mejorado INIAP 122, chulpi mejorado IINIAP 192 y chulpi ecuatoriano



3.4.1.2 Limpieza y selección

La limpieza y selección se realizó con el objetivo de eliminar todo tipo de agente físico que altere la calidad del grano entre estos tenemos las piedrecillas, impurezas, etc. Y de igual manera eliminar aquellos granos que se encuentren en mal estado.

Figura 7.

Limpieza y selección de la materia prima



3.4.1.3 Pesaje

Una vez limpiada y seleccionada la materia prima se procedió a la operación de pesado la cual se realizó en una balanza. El pesado se realiza con el objetivo de ver la cantidad de producto que entra al proceso de fritura, 400 g para cada unidad experimental, y de la misma manera se realizó un pesado final.

Figura 8.

Pesado del grano de maíz



3.4.1.4 Cocción

Tras terminar la fase de pesaje se procede a someter las muestras a cocción durante 15 min, con el fin absorber agua y lograr la gelatinización del almidón. Al sacar de la cocción se elimina el agua y se procede seguidamente a la fritura tanto convencional como al vacío.

Figura 9.

Cocción o escaldado



3.4.1.5 Fritura

➤ Convencional

La muestra testigo se realizó mediante fritura convencional en la planta piloto de la Universidad Tecnológica Equinoccial con la utilización de un equipo de acero inoxidable con capacidad de tres litros, el proceso de fritura se realizó con una muestra de 400 g, con aceite vegetal a una temperatura de 165 °C.

Figura 10.

Fritura convencional (atmosférica)



➤ ***Fritura al vacío***

La fritura al vacío se realizó en la planta piloto de la Universidad Tecnológica Equinoccial, para el proceso de fritura al vacío se utilizó muestras de 400 g con dos niveles de presión absoluta (8,9 kPa y 11,3 kPa) y temperatura, se utilizó aceite de cocina marca la favorita de palma.

Figura 11.

Fritura al vacío



Para dar por terminado el proceso de fritura tanto para la fritura al vacío como para la fritura convencional se realizó a través del tiempo el mismo que fue constante de 50 min para los de fritura al vacío y para la de fritura convencional un tiempo de 8 min aproximadamente.

3.4.1.6 Ecurrido y centrifugado

El escurrido es la etapa siguiente de la fritura el cual se realizó con el objetivo de disminuir el contenido de aceite que se encuentra presente en los *snacks* después de la fritura. El

centrifugado para el caso de la fritura la vacío se realizó por un tiempo de 5 minutos y para los de fritura convencional se realizó el escurrido mediante el uso de un cucharón metálico.

Figura 12.

Centrifugación y escurrido



3.4.1.7 Enfriamiento

Una vez transcurrido o centrifugado el *snack* cual fuere el caso este se dejará enfriar a temperatura ambiente en una mesa limpia.

Figura 13.

Enfriado de snacks de maíz



3.4.1.8 Empacado

Después del enfriamiento se procede al empacado del producto final con pesos estandarizados y en empaques adecuados los cuales deben contener la etiqueta respectiva, la misma debe informar el contenido nutricional e instrucciones de uso y almacenamiento. El empaque se

realizó al vacío en fundas plásticas y cubiertas de papel para evitar que entre la luz y de esta manera se evita su oxidación.

Figura 14.

Empacado al vacío



3.4.1.9 Almacenamiento

El almacenamiento o etapa final del proceso, los *snacks* o el producto final fue almacenado en refrigeración para prolongar su vida útil.

Figura 15.

Almacenado del producto terminado



4 CAPÍTULO IV

Resultados y Discusiones

4.1 Caracterización Físicoquímica de las Materias Primas

En la presente investigación se utilizó tres variedades mejoradas de maíz suave. Las cuales fueron previamente acondicionadas y posteriormente sometidas a análisis físicos (densidad aparente, masa de mil granos, color). Estos análisis permitieron establecer los contenidos nutricionales iniciales y por ende conocer la calidad de la materia prima con la cual se inició el proceso tal como se muestra en la tabla 14.

4.1.1 Caracterización Física

Las propiedades físicoquímicas del grano influyen durante el proceso de producción y el producto terminado. Por lo que, la densidad aparente y la masa de mil granos, son algunas de las variables importantes consideradas como índices de calidad (Saavedra, 2017).

Como se menciona anteriormente el peso hectolítrico depende de cada variedad y las condiciones ambientales en la fase de llenado del grano. Por lo que, de acuerdo a la tabla 14 se observa valores de las tres variedades en estudio: Chulpi ecuatoriano, Chulpi INIAP 192 y Chaucho INIAP 122 presentan valores de $59,25 \pm 0,95$; $64,75 \pm 0,84$; $64,50 \pm 0,55$ kg/m³ respectivamente, lo que indica una buena calidad del maíz, ya que a mayor densidad aparente mayor es el rendimiento y a su vez mayor calidad (Palacios-Rojas, 2018).

De igual manera la masa de 1000 granos varían dependiendo de la variedad, es por ello que las tres variedades en estudio se encuentra en un rango que va de 270 a 566 g, este parámetro indica que el grano se encuentra en condiciones aceptables (tamaño y rendimiento molinero), resultados similares a los encontrados por (Jiménez-Juárez et al., 2012).

Tabla 14.*Caracterización física de la materia prima*

Parámetro	Unidad	Chulpi ecuatoriano	Chulpi INIAP 192	Chaucho INIAP 122
Densidad aparente (peso hectolítrico)	kg/m ³	59,25 ± 0,95	64,75 ± 0,84	64,50 ± 0,55
Peso de mil granos	(g)	303,12 ± 2,72	272,54 ± 3,30	566,99 ± 9,60




Nota: análisis realizados en el Laboratorio del departamento de Nutrición (Santa Catalina- INIAP- 2019)

4.1.1.1 Color

Conforme a los parámetros de color evaluados de las tres variedades de maíz en estado crudo (tabla 15), estas presentan una luminosidad con tendencia a un color amarillo, este parámetro se utiliza comúnmente para controlar la calidad de los alimentos (Quan et al., 2016). A su vez, acorde a las coordenadas colorimétricas valoradas a^* y b^* se aprecia que estas tienden a colores rojizos y amarillos al obtener valores positivos en las dos coordenadas. Así mismo, el croma C que describe lo llamativo o pagado de un color (Alvis et al., 2017), en el presente estudio se muestra que la materia prima tiene una inclinación hacia la periferia con valores que van de 50 a 57.

Como es de conocimiento general existe gran diversidad de colores en el maíz siendo este un criterio de clasificación: morado, azul, rojo, negro, verde, duro amarillo, duro blanco, duro anaranjado y duro verde (Males, 2017), es por ello que, tras los valores obtenidos del color se concluye que la materia prima utilizada para la producción de *snacks* fritos son de color amarillo oscuro similar a lo reportado por (Yáñez et al., 2003).

Tabla 15.*Parámetros de color de las tres variedades de maíz en estado crudo CIELab.*

Muestra	L*	C	H	a*	b*	Representación gráfica
Chulpi INIAP 192	42,34 ± 1,40	53, 1 ± 14,75	85,214 ± 0,79	4,49 ± 2,44	52,9 ± 14,70	
Chulpi ecuatoriano	39,53 ± 4,00	50,8 ± 8,72	81,06 ± 4,35	9,58 ± 4,61	62,87 ± 7,31	
Chaucho INIP 122	34,71 ± 0,63	56,95 ± 8,02	76,69 ± 1,66	13,38 ± 2,24	61,82±3,85	

Nota: análisis realizado en el departamento de Nutrición y Calidad (Santa Catalina- INIAP-2019)

4.1.2 Caracterización Química

Las muestras de maíz previamente acondicionadas, fueron sometidas a análisis proximal: humedad, cenizas, proteína, extracto etéreo, fibra, carbohidratos y almidón. Estos análisis permiten establecer el contenido nutricional de la materia prima.

En la tabla 16, se aprecia la composición nutricional de las tres variedades de maíz empleadas en la investigación, Chulpi ecuatoriano, Chulpi INIAP 192 y Chaucho INIAP 122, las cuales presentaron contenidos de humedad de 12,17%, 12,09% y 12,55% respectivamente, encontrándose dentro del límite máximo señalado del 14,50% de humedad que establece la norma de “Granos y Cereales” (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 1995). Por otra parte, la humedad de la materia prima es un factor significativo ya que, influye de gran manera en el contenido final de grasa del *snack*, puesto que, con mayor contenido de humedad, se espera un mayor grado de gelatinización del almidón superficial, limitando la absorción de grasa interna en el producto (Aguirre, 2011).

En cambio, se considera que los niveles altos de minerales y proteínas son indicadores de una calidad dietética alta en cereales para los humanos y animales (Martínez Cruz et al., 2017). Por lo que, los análisis realizados a las tres variedades de maíz determinaron contenidos de proteína de 8,85% en Chulpi ecuatoriano, 9,16% en Chulpi INIAP 192 y 7,91% en Chaucho INIAP 122 en base seca, el contenido de este compuesto puede variar del 8 al 11% (González-Cortés et al., 2017). Debido a la deficiencia de aminoácidos esenciales en maíces con el contenido de

proteína inferior al 8% se recomienda consumir el grano tostado combinado con alguna leguminosa como chocho o habas, puesto que estos resultan ser complementarios al referirse a los aminoácidos esenciales (Yépez, 2012).

Es conveniente señalar que el componente químico principal del grano de maíz es el almidón al que corresponde el 72 a 73% del peso del grano (Urango, 2018), (tabla 16) se puede observar que, el Chulpi ecuatoriano, Chulpi INIAP 192 y Chaucho INIAP 122 presentaron contenidos de almidón de 63,23%, 52,12% y 71,97%, respectivamente.

A su vez el almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina, en la cual la amilosa constituye dentro del 25 a 30 % del almidón total, observándose que dentro de las materias primas utilizadas (tabla 16), la variedad de maíz Chaucho INIAP 122 posee un mayor contenido de amilosa 30,75%, con relación al Chulpi INIAP 192 17,45% y Chulpi ecuatoriano 23,25%. De igual manera se muestran valores de amilopectina de 76,75% en el Chulpi ecuatoriano, 82,55% en el Chulpi INIAP 192, y 69,25% en el Chaucho INIAP 122 dichos valores son similares a datos bibliográficos los cuales indican que el promedio de este polímero es de 70 a 75% (Anangonó, 2019).

Por su parte, la variedad INIAP 192 posee mayor contenido de extracto etéreo (7,68%) con respecto a las variedades Chulpi ecuatoriano e INIAP 122 quienes presentaron contenidos inferiores de 6,66% y 5%, respectivamente.

Además, se verificó que el Chulpi INIAP 192 y Chulpi ecuatoriano poseen altos contenidos de fibra bruta de 4,21% y 3,71%, respectivamente a diferencia del Chaucho INIAP 122 de 3,33%, valores similares a los encontrados por Rosales & Tang (2006), de 3,07% en harina de maíz.

De igual manera, el contenido de cenizas el cual indica la cantidad de minerales presentes en el alimento, donde el Chulpi ecuatoriano contiene el 2,08%, el Chulpi INIAP 192 el 1,97% y el Chaucho INIAP 122 el 1,50%, valores encontrados dentro del rango establecido por el Codex Alimentario 2012 para cereales, legumbres, leguminosas, y productos proteicos vegetales donde establece un valor mínimo del 4%.

Asimismo, se observó que las variedades de maíz en estudio Chulpi ecuatoriano, INIAP 192 e INIAP 122 poseen valores de hierro y zinc altos 38 y 30; 27,5 y 38,5; 23 y 35,5 ppm, respectivamente. Romaña et al. (2010), indican que el contenido de zinc es relativamente alto en cereales sin refinar y bajo en cereales refinados.

Tabla 16.*Composición nutricional de la materia prima*

Parámetros		Chulpi ecuatoriano	Chulpi INIAP 192	Chaucho INIAP 122
Humedad	%	12,17 ± 0,19	12,09 ± 0,19	12,55 ± 0,46
Cenizas	%	2,08 ± 0,02	1,97 ± 0,07	1,50 ± 0,05
Proteínas	%	8,85** ± 0,12	9,16** ± 0,24	7,91** ± 0,13
Extracto etéreo	%	6,66 ± 0,08	7,68 ± 0,36	5 ± 0,12
Fibra bruta	%	3,71 ± 0,01	4,21 ± 0,03	3,33 ± 0,02
Carbohidratos	%	81,36 ± 0,05	79,34 ± 0,41	81,31 ± 1,93
Almidón bs	%	63,23** ± 1,93	52,12** ± 3,14	71,97 ** ± 8,47
Amilosa	%	23,25 ± 0,46	17,45 ± 0,75	30,75 ± 0,32
Amilopectina	%	76,75 ± 0,46	82,55 ± 0,75	69,25 ± 0,32
Azúcares	%	3,91 ± 0,50	11,41 ± 1,29	8,94 ± 1,79
Fe	ppm	38 ± 0,02	27,5 ± 0,05	23 ± 0,10
Zn	ppm	30 ± 0,01	38,5 ± 0,05	35,5 ± 0,05

Nota: ** base seca; análisis realizados en el departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP). **Fuente:** Laboratorio del departamento de Nutrición y calidad de Santa Catalina (INIAP)

4.2 Variables Evaluadas en el *Snack Frito*

4.2.1 Variable Físico-químicas

En la tabla 17, se hace referencia al análisis de varianza de las propiedades fisicoquímicas evaluadas al *snack* frito, como son: humedad, grasa y color. Donde el análisis estadístico establece que existe diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) y significativas ($p \leq 0,05$), tanto para los tratamientos, el factor **B** (presión) y el testigo versus el resto; y no significativa en el factor **A** (variedad), y en la interacción **AxB** con respecto a las variables de humedad y grasa; Por el contrario la variable color del producto final presentó una no significancia, esto indica que el color no tuvo ningún efecto significativo sobre los tratamientos, factor **A** (variedad), factor **B** (presión), interacción **AxB** y testigo vs resto.

Con relación al factor **A** (variedad) presentó valores no significativos para las variables de humedad, grasa y color.

Por otro lado, el factor **B** (presión) presentó diferencias altamente significativas para la variable humedad y diferencias significativas para el contenido final de grasa; no significancia para la variable color.

Asimismo, la interacción **AxB** presenta valores no significativos para las tres variables: humedad, contenido final de grasa y color.

Mientras que el testigo vs el resto registró alta significancia para variables humedad y contenido final de grasa, por otro lado, la variable color no mostró diferencia significativa.

En los resultados de los tratamientos que registraron variaciones altamente significativas ($p \leq 0,01$) en las variables analizadas, se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5%, con su respectiva desviación estándar.

Tabla 17.

Análisis de varianza de las propiedades fisicoquímicas evaluadas al snack de maíz frito

Fuentes de variación	GL	Humedad	Extracto etéreo	Color
		F- valor	F- valor	F- valor
Total	20			
Tratamientos	6	49,28**	14,54*	0,63 ^{ns}
A(variedades)	2	2,61 ^{ns}	0,055 ^{ns}	1,36 ^{ns}
B (presión)	1	226,83**	19,91*	0,70 ^{ns}
AxB	2	0,94 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Testigo vs resto	1	61,81**	65,59*	0,070 ^{ns}
error experimental	14			
CV (%)		5,61	4,76	11,74

Nota: Fuentes de variación; F- valor: valor de prueba estadística F calculada, ** altamente significativo; * significativo, ns no significativo; cv (%): coeficiente de variación.

4.2.1.1 Contenido de humedad

En la figura 16 se presenta el contenido de humedad en los *snacks* obtenidos en el proceso de fritura, donde se observa valores que oscilan de 0,93% a 4,67%. La humedad del producto es

uno de los parámetros más importantes, ya que garantiza la consistencia y la frescura del producto final. Además, está directamente relacionada con la vida útil (Quan et al., 2016), el carácter crujiente del alimento frito y con la cantidad de aceite que puede ser absorbido en el proceso (Urbano et al., 2012).

Los resultados del análisis de varianza (tabla 17), refleja que los tratamientos y el factor **B** (presión) influyen significativamente ($p \leq 0,01$) en el contenido de humedad del *snack* de maíz frito. Así también, el análisis estadístico reportó que la comparación del testigo con el resto de tratamientos, presentó diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0,01$).

Por lo tanto, al existir diferencias significativas, se realizó la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) a los tratamientos y la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS $\alpha \leq 0.05$) al factor **B**.

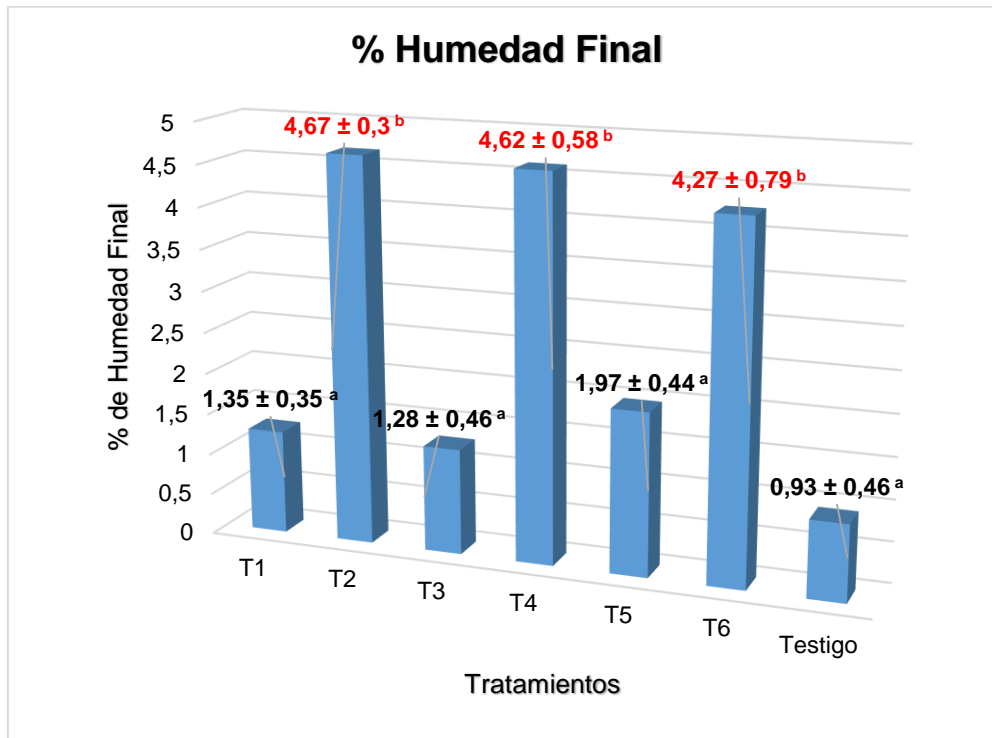
Con la prueba de comparación múltiple Tukey al 5%, determinó que los tratamientos **T1** (INIAP 192, frito a 11,3 kPa); **T3** (INIAP 122 Chaucho mejorado, frito a 11,3 kPa), **T5** (Chulpi ecuatoriano, frito a 11,3 kPa) y **T7** testigo (INIAP 122 chaucho mejorado, frito a presión atmosférica) presentaron bajos contenidos de humedad con relación a los demás tratamientos. Por lo tanto se ubicaron en el rango (a) con valores de humedad de 1,35%, 1,28%, 1,97% y 0,93%, respectivamente.

Por otra parte, los tratamientos **T2** (Chulpi ecuatoriano, frito a 8,9 kPa), **T4** (INIAP 192, frito a 8,9 kPa) y **T6** (INIAP 122 Chaucho mejorado, frito a 8,9 kPa) registraron valores altos de humedad con relación a los demás tratamientos. Por lo tanto se ubicaron en últimos rangos (b) con valores de humedad de 4,67%, 4,62% y 4,27%, respectivamente.

La prueba de funcionalidad DMS ($\alpha \leq 0.05$) para el factor **B** (ANEXO 1), mostró una diferencia significativa para los dos niveles de presión: **B1** (8,9 kPa) y **B2** (11,3 kPa), sobre el contenido de humedad en el *snack* frito. Donde, la presión **B2** tuvo mayor efecto en la obtención de *snacks* fritos con bajo contenido de humedad.

Figura 16.

Contenido de humedad (%) de los tratamientos

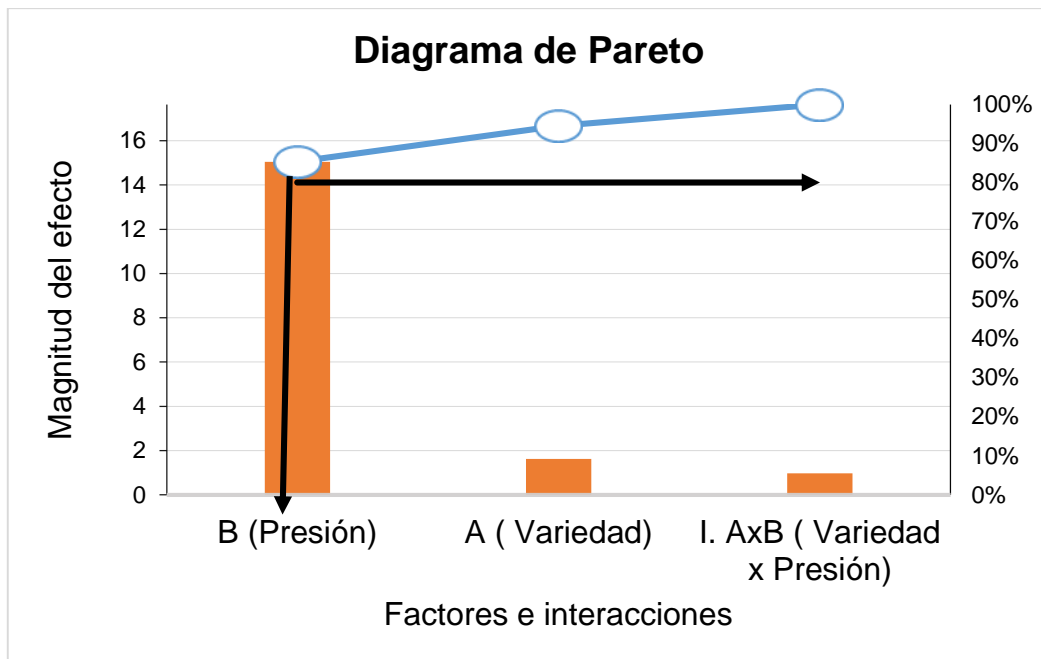


Nota: El gráfico representa el porcentaje final de humedad de los tratamientos en estudio

Según Alvis et al. (2008) indican que durante la fritura, la humedad del alimento se disminuye por el desplazamiento del agua, la cual se evapora e incide en el aumento y la concentración de almidón en el producto frito. En la figura 16 se puede apreciar que los tratamientos **T1**, **T3**, **T5** y **testigo** presentaron menores contenidos de humedad en los *snacks* fritos 1,26%, 1,28%, 1,97% y 0,93% respectivamente, con relación a los demás tratamientos, dichos valores son similares a los reportados por Valdez (2014) en su estudio donde indica que tanto en maíz frito salado como en chulpi frito salado los porcentajes finales de humedad oscilan entre 0,35% a 3% y 0,29% a 3,10%, respectivamente, cabe señalar que para la obtención de dichos bocadillos el autor utilizó el proceso de fritura convencional.

Figura 17.

Factores e interacciones que afectaron el contenido de humedad final



Nota: El gráfico presenta los factores e interacciones que afectaron el contenido de humedad final

La Figura 17 indica la magnitud de los efectos de los factores e interacciones en estudio sobre el contenido de humedad del *snack* frito, se aprecia que el factor **B** (presión) influye significativamente sobre la humedad del producto final. Gómez et al. (2013), indican que el contenido final de humedad en los chips está determinado por los parámetros de temperatura del aceite, tiempo y presión de fritura. A medida que el contenido final de humedad disminuye se aumenta simultáneamente el contenido de aceite en el producto (Albertos et al., 2016; Untuña, 2013). Asimismo, el efecto de presión de fritura es inversamente proporcional es decir a medida que la presión de fritura se incrementa la humedad del producto disminuye. De acuerdo a, Torres et al. (2017), la disminución de la presión en el sistema ocasiona que la temperatura de ebullición del agua presente en el alimento sea menor, por lo tanto las temperaturas de fritura sean más bajas lo cual produce que la humedad del alimento rápidamente sea transformada en vapor.

4.2.1.2 Contenido de extracto etéreo final

En lo referente al contenido final de grasa de los *snacks* fritos, los tratamientos registraron valores que oscilan entre 8,65% a 14,06% inferiores al testigo (INIAP 122 Chaucho mejorado) de 20,51% (figura 18).

Los resultados del análisis de varianza (tabla 17) refleja que tanto el factor **B** (presión), tratamientos y la comparación del testigo con el resto, presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$).

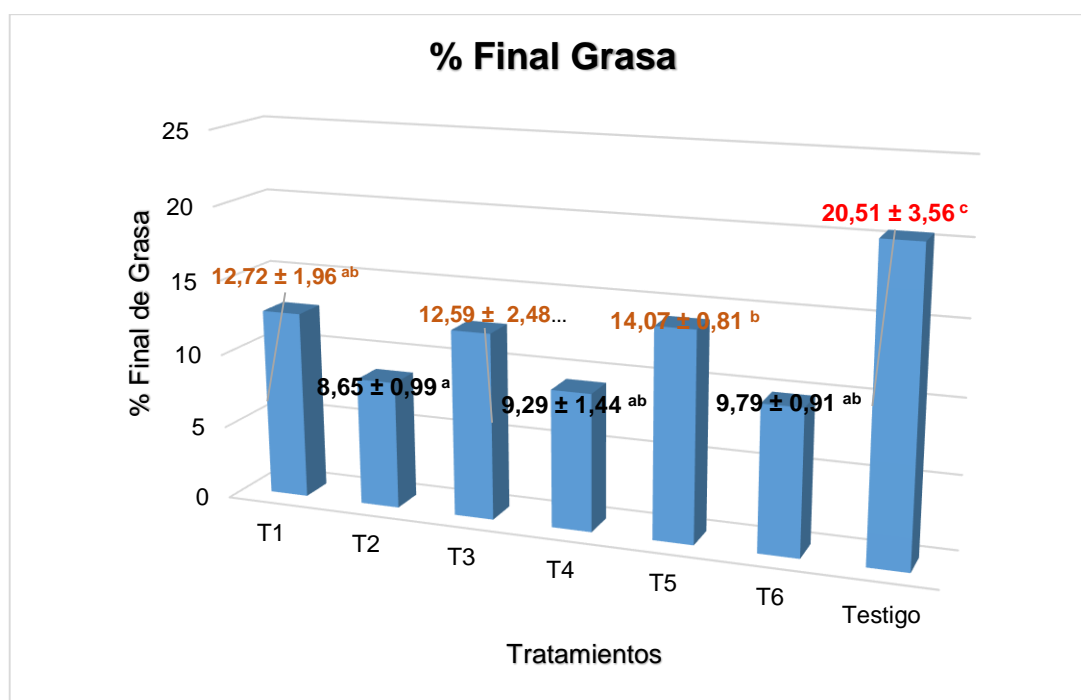
Por lo tanto, al existir diferencias significativas, se realizó la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0,05$) a los tratamientos y la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS $\alpha \leq 0,05$) al factor **B**.

Con la prueba Tukey al 5% (figura 18) se determinó que los tratamientos **T2** (Chulpi ecuatoriano, frito a 8,9 kPa), **T4** (INIAP 192, frito a 8,9 kPa), **T6** (INIAP 122, frito a 8,9 kPa), **T3** (INIAP 122, frito a 11,3 kPa) y **T1** (INIAP 192, frito a 11,3 kPa) registran contenidos de extracto etéreo inferiores de 8,65%, 9,29%, 9,79%, 12,59% y 12,72%, respectivamente, con relación al tratamiento **T5** (Chulpi ecuatoriano, frito a 11,3 kPa) 14,07% y al testigo 20,51%

La prueba de funcionalidad DMS ($\alpha \leq 0.05$) para el factor **B** (ANEXO 2), mostraron una diferencia significativa para los dos niveles de presión: **B1** (8,9 kPa) y **B2** (11,3 kPa), sobre el contenido de extracto etéreo del *snack* frito. Donde la presión **B1** tuvo mayor efecto en la obtención de *snacks* de maíz frito con bajo contenido de extracto etéreo.

Figura 18.

Contenido de extracto etéreo (%) de los tratamientos



Nota: el gráfico presenta el contenido final de extracto etéreo (%) de los tratamientos en estudio. La disminución del contenido final de extracto etéreo en los tratamientos es el parámetro más relevante en el presente estudio con una reducción del 62% al aplicar la fritura al vacío. Esto se debe a la mínima exposición que sufre el alimento durante el proceso de fritura (Maity et al., 2014). Es por ello que, la absorción de aceite por parte del alimento tiene un gran impacto

nutricional (Coronel, 2014), este fenómeno se debe principalmente al remplazo de aceite por la humedad en el alimento, misma que se pierde considerable durante la fritura, así como también al gradiente de presión formado por la condensación del vapor en el interior (Acevedo et al., 2017).

Cabe mencionar que durante la fritura el almidón sufre cambios estructurales en los cuales los cristales de amilosa y amilopectina se reorganizan. Esta conformación promueve la formación de un gel que funciona como una barrera protectora contra la entrada del aceite a nivel de fritura (Severini et al., 2005; Sobukola et al., 2013).

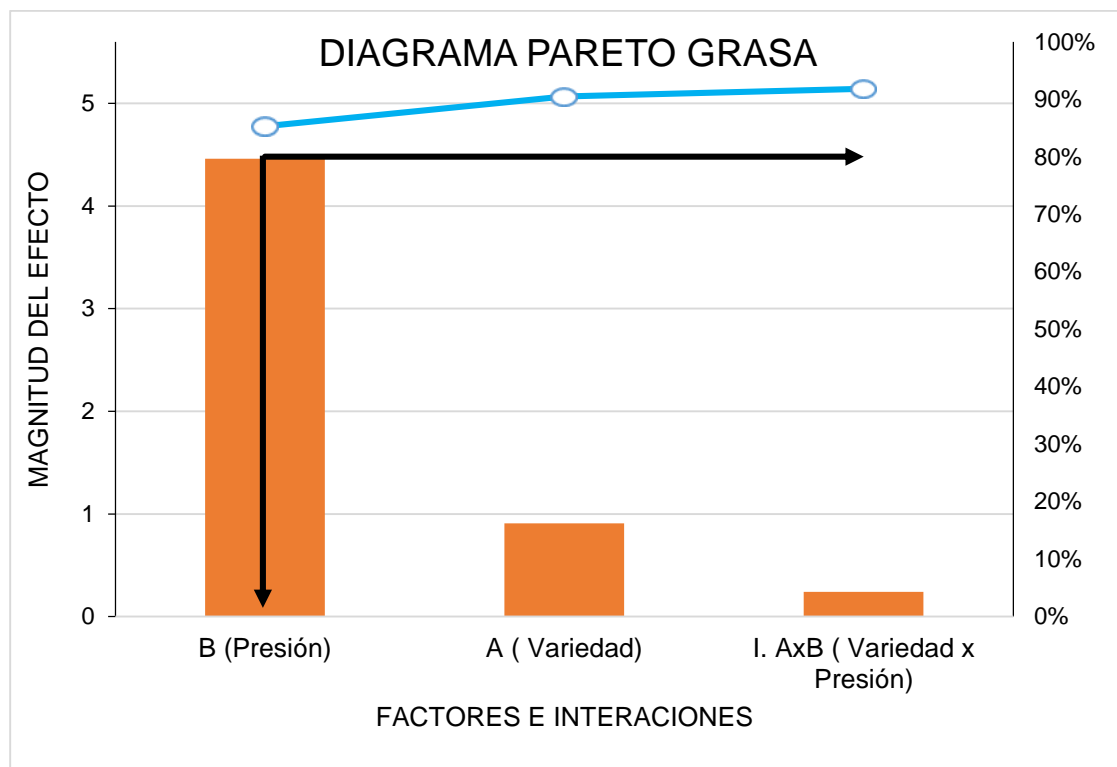
Por otro lado, diversos estudios han demostrado que la mayor parte del aceite no penetra en el producto durante la fritura, sino al extraer el producto del aceite cuando se enfría, sin embargo, hay que señalar que la pérdida de agua y la absorción de aceite están relacionadas (Zhang et al., 2020). En cuanto a la cinética de absorción de aceite por parte del producto, es un proceso complejo que está influenciado por la temperatura del aceite, el tiempo de fritura, la presión, las propiedades de permeabilidad de la costra formada en la superficie del alimento y los mecanismos de transferencia de materia (Sevilla et al., 2012).

Asimismo, Villamizar et al. (2011); Pillajo García (2014); Urbano et al. (2012) y Gómez et al. (2013) en sus estudios realizados con la utilización de fritura al vacío reportan una mejora en las características de calidad al encontrar una disminución en la cantidad final de grasa con este tipo de proceso a diferencia de la fritura convencional o atmosférica.

En la figura 18, se presenta los contenidos de grasa de los tratamientos en estudio. Donde se evidencia que los tratamientos **T2** (Chulpi ecuatoriano, frito a 8,9 kPa), y **T4** (INIAP 192, frito a 8,9 kPa) con valores de 8,65% y 9,29% respectivamente son los dos mejores tratamientos a diferencia del **T5** (Chulpi ecuatoriano, frito a 11,3 kPa) y el **testigo** (INIAP 122, frito a presión atmosférica) que presentan los valores más altos de 15,07% y 20,51%, respectivamente. A su vez los datos obtenidos de todos los tratamientos presentan valores de grasa inferiores al 50% que está establecido en la norma.

Figura 19.

Factores e interacciones que afectan el contenido final de extracto etéreo



Nota: El gráfico presenta los factores e interacciones que afectan el contenido final de extracto etéreo de los tratamientos en estudio.

La magnitud de los efectos de los factores e interacciones en estudio, es presentado en el Diagrama de Pareto (figura 19). Donde se aprecia que el factor **B** (presión) influye significativamente sobre el porcentaje final de extracto etéreo en el producto final. Lo que revela que durante el proceso de fritura el factor **B** impone la absorción de grasa con relación al factor **A**.

Tabla 18.

Resumen análisis químicos

Tratamientos	Variables	
	Humedad	Extracto Etéreo
T1	1,35 ± 0,35 ^a	12,72 ± 1,96 ^{ab}
T2	4,67 ± 0,30 ^b	8,65 ± 0,99 ^a
T3	1,28 ± 0,46 ^a	12,59 ± 2,48 ^{ab}
T4	4,62 ± 0,58 ^b	9,29 ± 1,44 ^{ab}
T5	1,97 ± 0,44 ^a	14,07 ± 0,81 ^b
T6	4,27 ± 0,79 ^b	9,79 ± 0,91 ^{ab}
TESTIGO (T7)	0,93 ± 0,46 ^a	20,51 ± 3,56 ^c

Nota: Xm/ds; promedios con letras diferentes presentan diferencias estadísticas, de acuerdo a la prueba de tukey ($\alpha \leq 0,05$).








4.2.1.3 Color

El color es uno de los atributos importantes que contribuye a la calidad de los *snacks* (Cueva, 2014; Delmoro, 2010), en el caso del maíz tostado el color es el resultado de la reacción entre los aminoácidos y azúcares reductores por efecto del calor (Yépez, 2012). En este estudio la presión de fritura afecta de forma positiva las características de color del pasabocas de maíz, además el color es el primer atributo que evalúan los consumidores al momento de elegir un producto (Garzón-García et al., 2018)

Los *snacks* obtenidos en el proceso de fritura presentan valores de luminosidad (L^*) que oscilan entre 42,3 y 51,5 considerándose negros, puesto que estos valores dan información de negro/blanco, es decir que poseen una baja claridad. Asimismo, se evidencia valores de a^* que oscilan entre 2,9 y 4,6 indicando una inclinación al color rojo al ser positivos. A su vez los valores de b^* varían de 17,7 a 37,16 mostrando una inclinación al color amarillo. En lo que se refiere a la saturación o croma el cual describe lo llamativo o lo apagado de un color se obtiene valores que oscilan entre 18,28 a 29,03.

Tabla 19.

Parámetros de color CIELab de snacks de maíz frito

Trat.	L^*	C	H	a^*	b^*	Representación gráfica
T1	43,39 ± 2,59	18,28 ± 1,92	74,68 ± 32,3	3,7 ± 1,5	17,7 ± 1,90	
T2	51,50 ± 2,87	21,60 ± 2,61	82,03 ± 2,34	2,93 ± 0,78	21,28 ± 2,67	
T3	47,39 ± 4,15	26,90 ± 2,13	79,48 ± 0,74	3,81 ± 1,27	26,70 ± 1,73	
T4	48,52 ± 1,15	23,04 ± 4,13	79,16 ± 2,30	4,45 ± 0,81	22,63 ± 4,19	
T5	48,68 ± 1,29	20,07 ± 3,62	74,50 ± 3,69	4,68 ± 0,25	19,65 ± 3,50	
T6	50,14 ± 3,00	29,03 ± 1,35	82,42 ± 1,42	3,91 ± 0,8	37,16 ± 1,00	
T7	42,34 ± 2,82	26,12 ± 4,00	69,59 ± 1,94	8,94 ± 0,96	25,59 ± 4,19	

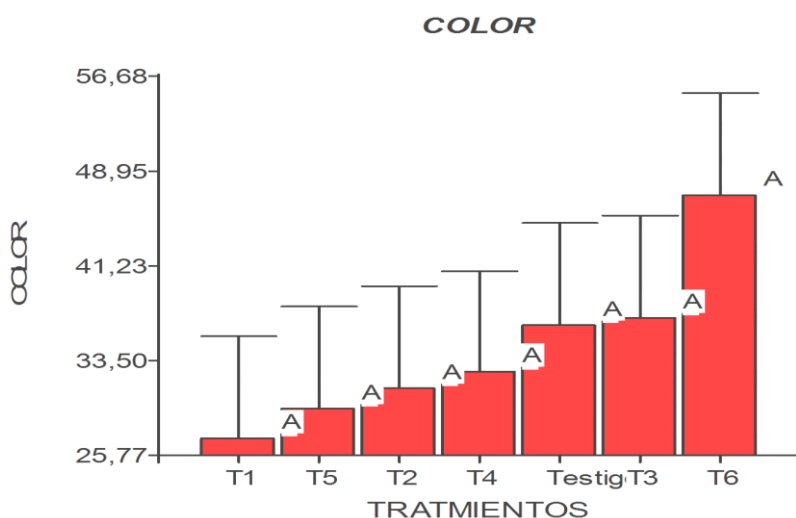
Nota: análisis realizados en el laboratorio del departamento de Nutrición y Calidad de EESC (Estación Experimental Santa Catalina- INIAP)

L* es un parámetro clave en la industria de la fritura y generalmente se utiliza como factor de control de calidad, por lo que su vigilancia es de gran importancia. Los altos valores de luminosidad indican un color más claro siendo favorable para los alimentos fritos, en cambio valores bajos se asocian principalmente a reacciones de pardeamiento no enzimáticas que suelen ser entre azúcares reductores y aminoácidos. Una reacción que tiene un gran impacto en la cromaticidad rojo-verde (a*) son las reacciones de pardeamiento (Quan et al., 2016; Sobukola et al., 2013).

El diferencial de color ΔE de los *snacks* fritos se presenta en las figuras 20 y 21, donde de acuerdo al análisis de varianza (tabla 17) refleja que tanto los tratamientos como los efectos no presentaron diferencias significativas, esto indica que las condiciones aplicadas a los procesos no tuvieron ningún efecto significativo sobre los tratamientos, al igual que resultados obtenidos por Berwig et al. (2017a) donde las muestras extruidas tenían valores de alta luminosidad, entre 64,18 y 68,72, predominantemente en color amarillo (b*), siendo este color característica de la materia prima, originada del maíz. Por lo tanto, todos los tratamientos se ubican en el rango (a).

Figura 20.

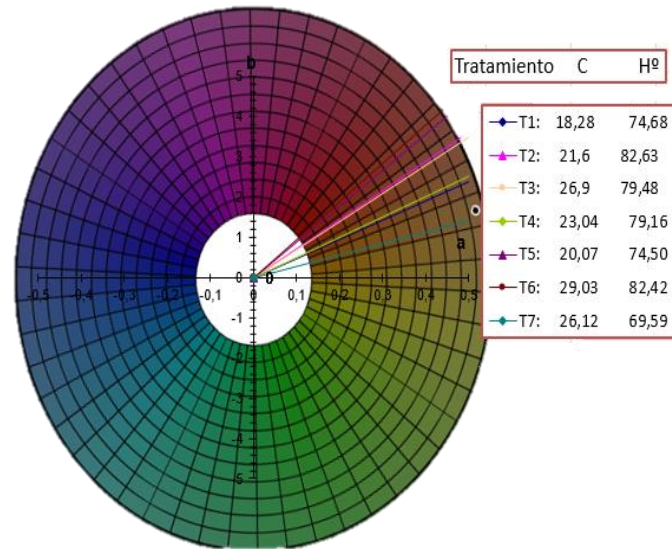
Diferencial de color de los tratamientos



De acuerdo a Chuchuca Moran et al. (2012) el color es contundente, ya que cuando el color de un alimento cambia ya sea que mantenga sus demás características intactas se obtiene una respuesta de rechazo por parte del consumidor o incluso de un panel entrenado. A demás durante la fritura mientras avanza el proceso, el alimento comienza a desarrollar su color característico (Coronel, 2014).

Figura 21.

Representación gráfica de los parámetros de color H^* y C^* de los snacks de maíz fritos en estudio.



Nota: Rueda de color que muestra la ubicación de los snacks de maíz sometidos a fritura convencional (T7) y al vacío (T1, T2, T3, T4, T5, T6).

4.2.2 Análisis de Textura de los Snacks de Maíz Frito

4.2.2.1 Textura sensorial descriptiva

La textura de los alimentos es claramente un atributo sensorial y solo puede medirse totalmente con métodos sensoriales debido a que para medirla se debe basar en el conocimiento del proceso por lo que el hombre la evalúa. Básicamente este proceso incluye; la percepción fisiológica del estímulo, la elaboración de la sensación y la comunicación verbal de la sensación (Saavedra, 2017), además es uno de los atributos primarios que junto con el color y olor conforman la calidad sensorial de los alimentos, característica de calidad más apreciada por el consumidor (Zhu et al., 2013).

La tabla 20 indica el análisis de varianza de textura descriptiva: dureza, crujencia, resistencia a la ruptura y adherencia. Donde los tratamientos presentan una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0,01$) en los atributos evaluados a excepción de la variable adherencia. Es decir la variedad (**A**) y la presión de fritura (**B**), modificaron las características de textura de los *snacks* fritos. Mientras en los panelistas para las variables de Crujencia, resistencia a la ruptura y adherencia presentan diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$), sin embargo, para la variable dureza presenta diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$).

El análisis sensorial está estrechamente relacionado con la opinión del consumidor sobre los atributos de calidad que posee un alimento (Alcaraz et al., 2015), las características percibidas incluyen atributos mecánicos, geométricos y los relacionados con la percepción de humedad o grasa (Maldo & Conti-Silva, 2014).

Tabla 20.

Análisis de varianza de la textura descriptiva de snack de maíz fritos

Fuentes de variación	GL	Dureza	Crujencia	Resistencia a la ruptura	Adherencia
		F-valor	F-valor	F-valor	F-valor
TOTAL	146				
TRATAMIENTO	6	16,39**	4,95**	7,22**	1,01 ^{ns}
PANELISTAS	20	1,61*	4,86**	2,22**	3,26**
E.E	120				
CV%		2,03	4,84	4,39	3,5

Nota: F-valor; valor de la prueba estadística F calculada; GL: grados de libertad ** Altamente significativo; ns: no significativo; CV: coeficiente de variación

Dadas las condiciones que anteceden, se puede concluir que los factores en estudio: **A** (variedad) y **B** (presión) influyeron significativamente ($p \leq 0,01$) sobre los atributos de textura sensorial descriptiva (dureza, crujencia, resistencia a la ruptura y adherencia) de los *snacks* de maíz fritos.

Para determinar cuáles fueron los tratamientos que difirieron significativamente entres si para cada atributo de textura evaluado, se realizó la prueba de comparación múltiple Tukey ($p \leq 0,05$). En la tabla 21, se presenta los valores promedios y rangos de la evaluación de los atributos de textura descriptiva de cada uno de los tratamientos.

Tabla 21.

Rangos Tukey ($p \leq 0,05$) de los atributos de textura del producto extruido

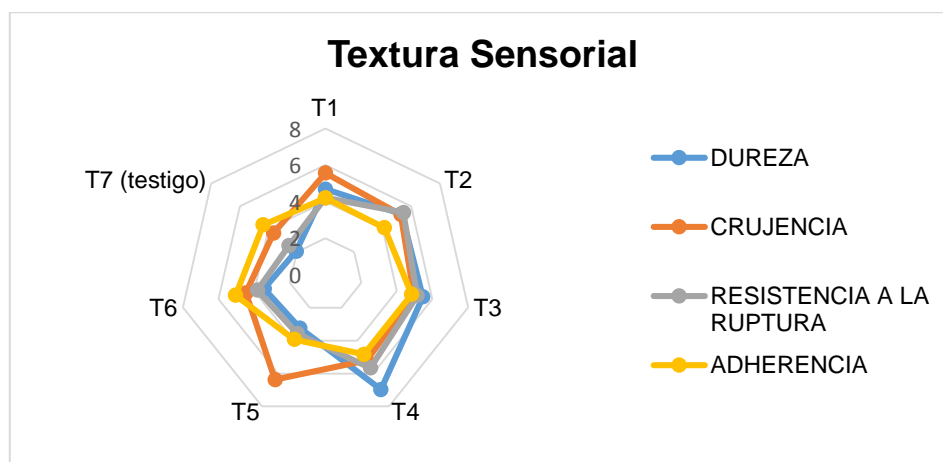
Tratamiento	Dureza	Crujencia	Resistencia a la ruptura	Adherencia
T1	4,68 ± 2,27 ^{bc}	5,57 ± 2,12 ^{ab}	4,21 ± 2,19 ^{abcd}	3,94 ± 2,14 ^a
T2	5,32 ± 1,67 ^{cd}	5,27 ± 2,28 ^{ab}	5,45 ± 1,87 ^{cd}	4,12 ± 2,30 ^a
T3	5,46 ± 2,34 ^{cd}	4,96 ± 2,02 ^{ab}	5,13 ± 2,27 ^{bcd}	4,2 ± 2,33 ^a
T4	6,98 ± 1,72 ^d	5,20 ± 1,96 ^{ab}	5,67 ± 2,05 ^d	4,37 ± 1,90 ^a
T5	3,24 ± 2,11 ^{ab}	6,37 ± 2,44 ^a	3,58 ± 2,30 ^{ab}	4,83 ± 2,21 ^a
T6	3,44 ± 1,94 ^{ab}	4,47 ± 1,90 ^{ab}	3,82 ± 1,89 ^{abc}	4,83 ± 2,11 ^a
T7(Testigo)	2,06 ± 1,43 ^a	3,64 ± 2,59 ^b	2,56 ± 2,02 ^a	5,05 ± 2,62 ^a

Nota: Xm/DS; medias con distinta letra presentan estadísticamente significativas, de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha 0,05$)

A partir de las clasificaciones otorgadas por los panelistas semi –entrenados, se determinó que el testigo (Chaucho INNIAP 122 procesados por fritura convencional a presión atmosférica) y los tratamientos procesados con fritura al vacío obtuvieron mayor puntuación en los atributos de dureza, crujencia, resistencia a la ruptura y adherencia.

Figura 22.

Representación gráfica de textura sensorial.



Nota: Gráfico de araña el cual representa la calificación del panel degustador hacia los *snacks* de maíz fritos.

Como se observa en la tabla 21 y figura 22, para la dureza el cual es un parámetro positivo de los *snack* fritos obtenidos tras el proceso de fritura mismo que está directamente relacionado con la crocancia y el contenido de humedad del producto (Mostacilla & Ordóñez, 2019), los tratamientos resultantes de los efectos de los factores, obtuvieron puntajes muy cercanos al testigo, lo cual demuestra que son aceptables para el consumidor. Por otro lado, el tratamiento T4 (INIAP 192, frito a 8,9 kPa) obtuvo el mayor puntaje en dureza indicando que necesita mayor energía para su masticación.

Una de las principales características que debe tener un *snack* para su aceptación por parte del consumidor es su textura crujiente o ruido típico producido al momento de su masticación (Córdor, 2018). De acuerdo a lo mencionado el tratamiento T5 (Chulpi ecuatoriano, frito a 11,3 kPa) obtuvo uno de los mejores puntajes de los panelistas en cuanto al parámetro de crocancia, sin embargo el testigo obtuvo el puntaje más bajo para esta cuantificación. A diferencia de la resistencia a la ruptura donde se observa (tabla 21 y figura 22), que el tratamiento T4 presentó el mayor puntaje a diferencia de los demás tratamientos.

Por otro lado en la tabla 21 y figura 22, se observa que la adherencia la cual es la percepción dominante del bolo al final de la masticación (López, 2019), en todos los tratamientos son iguales, es decir no tiene diferencia significativa.

4.2.2.2 Textura instrumental

La tabla 22 hace referencia al análisis de varianza de las propiedades de textura instrumental evaluada al *snack* frito, como son: dureza, fracturabilidad, adhesividad y elasticidad. Donde indica que los tratamientos presenta diferencias significativas ($p \leq 0,05$) para los atributos de fracturabilidad y adhesividad. Por lo tanto, los factores **A** (variedad) y **B** (presión), influyeron sobre dichas características de textura de los productos fritos. En cambio, los atributos de dureza y elasticidad presentaron diferencia no significativa es decir los factores **A** (variedad) y **B** (presión), no influyen sobre las características mencionadas del *snack* frito.

Tabla 22.

Análisis de varianza de los análisis de textura instrumental realizados a los snacks de maíz frito.

Fuentes de variación	GL	Dureza	Fracturabilidad (N)	Adhesividad	Elasticidad
		(N)	(N)	(J)	
		F- valor	F- valor	F- valor	F- valor
Total	20				
Tratamientos	6	1,47 ^{ns}	3,91 [*]	3,89 [*]	0,8 ^{ns}
Error .E	14				
CV (%)		8,21	5,85	13,2	10,91

Nota: F-valor; valor de la prueba estadística F calculada; GL: grados de libertad ** Altamente significativo; ns: no significativo; CV: coeficiente de variación

La textura, además de ser un parámetro de los productos fritos que indica la frescura y la calidad de los mismos, es un conjunto de propiedades que dependen de la estructura del alimento. Un chip debe ser firme y romperse fácilmente cuando emite un sonido crujiente. La fuerza requerida de penetración, compresión, deformación o extrusión de un alimento está expresada en Newton (N), según algunos estudios realizados a bocaditos a base de almidón de trigo y gluten procesados mediante fritura atmosférica y al vacío, estos poseen una textura promedio de 14,36 y 10,37 N, respectivamente (Sobukola et al., 2013).

A demás, la textura de un *chip* está relacionada con tres factores: el tiempo, la temperatura y la presión dentro del sistema de vacío. Asimismo, se ha demostrado que la textura de un producto frito es dependiente de su composición, así también la calidad y textura final se ve influenciada por la interacción entre la proteína y el almidón (amilosa y amilopectina) (Hernández, 2013).

De igual manera, la proporción amilosa: amilopectina y la estructura de las moléculas determinan las características reológicas y funcionales del almidón. Es por ello que materias primas con alto contenido de almidón son susceptibles a sufrir cambios de textura, siendo también una causa del fácil deterioro como es el caso del maíz (Salinas et al., 2003).

En la tabla 23 se presentan los valores promedios y rangos de la evaluación de los atributos de textura instrumental de cada uno de los tratamientos.

Tabla 23.

Resumen del análisis instrumental de los snacks fritos

TRATAMIENTOS	DUREZA (N)	FRACTURABILIDAD (N)	ADHEIVIDAD (J)	ELASTICIDAD (m)
T1	9,78 ± 1,48 ^a	9,30 ± 0,17 ^{ab}	10,48 ± 1,6 ^b	1,10 ± 0,18 ^a
T2	7,94 ± 0,19 ^a	8,02 ± 0,39 ^{ab}	12,93 ± 4,64 ^{ab}	1,11 ± 0,09 ^a
T3	8,81 ± 0,52 ^a	7,81 ± 0,19 ^a	21,50 ± 1,09 ^{ab}	0,99 ± 0,01 ^a
T4	8,83 ± 0,55 ^a	7,73 ± 0,67 ^a	19,82 ± 5,60 ^{ab}	0,98 ± 0,02 ^a
T5	9,41 ± 0,49 ^a	9,11 ± 0,15 ^{ab}	21,24 ± 7,51 ^{ab}	1,08 ± 0,09 ^a
T6	8,39 ± 0,24 ^a	9,21 ± 0,93 ^{ab}	16,19 ± 2,23 ^{ab}	1,10 ± 0,14 ^a
T7	9,38 ± 1,64 ^a	8,79 ± 0,98 ^{ab}	22,68 ± 1,25 ^a	1,00 ± 0,12 ^a

Nota: Xm /DS; promedios con letras diferentes presentan diferencias estadísticas, de acuerdo a la prueba de tukey ($\alpha \leq 0,05$)

➤ Dureza

Como se puede observar en la tabla 23 el tratamiento **T2** necesitó menor fuerza para que se produzca la ruptura, por encima del cual consecuentemente, se ubican los tratamientos **T6, T3, T4, T7, T5 y T1** con valores de 8,39, 8,81, 8,83, 9,38, 9,41 y 9,78 N, respectivamente. Esta tendencia de dureza se da por la forma del grano, mientras más pequeño y redondo es el grano se necesita más fuerza (Yépez, 2012). Por otro lado las diferencias de textura en los snacks se asocian con el proceso de gelatinización y retrogradación del almidón (Aguirre, 2011).

Los *snacks* fritos obtenidos en el presente estudio registraron valores de dureza que oscilan entre 7,98 a 9,78 N (tabla 23). Donde la prueba de comparación múltiple, Tukey al 5%, determino que los *snacks* obtenidos a partir de fritura al vacío utilizando tres variedades de maíz y dos niveles de presión en la fritura no tienen diferencias significativas ubicándose en el rango **(a)**.

Por otro lado, la dureza se ve influenciada por la relación de amilosa: amilopectina presente en la materia prima, ya que un elevado contenido de amilosa presente en el grano de maíz deriva un producto con mayor dureza, por el contrario si la cantidad de amilopectina es más alta la dureza será menor (Salinas et al., 2003).

Además según Alvis et al. (2008), la dureza durante el proceso de fritura disminuye con el incremento tiempo y la temperatura. Sin embargo con tiempos cortos y temperatura de fritura elevados, la dureza del producto final se puede dar por la rápida formación de la costra, evitando de esta manera el desplazamiento del agua desde el interior del alimento hacia la superficie del mismo, quedando atrapada en las paredes del producto ocasionando la fragilidad. Los cambios como la formación de la corteza se deben a la gelatinización y caramelización del almidón provocando un producto final duro, esta evita la entrada o salida de compuestos, ya que la humedad se pierde durante el proceso (Aguirre, 2011).

Por otra parte Pillajo García (2014); Muñoz Bonilla (2015); Alvis et al. (2008) y Yépez (2012) en estudios realizados reportan valores de dureza que oscilan entre 1,29 N a 15,75 N, esto puede ocurrir debido a la gelatinización del almidón, ayudando en la formación de la corteza provocando un producto finalmente duro, por lo que el contenido de almidón puede favorecer a la dureza del producto (Al-Hinai et al., 2013).

➤ **Fracturabilidad**

Dureza con la que el alimento se desmorona, cruje o revienta. En la tabla 23, se puede observar que el tratamiento **T1** con valor de $9,30 \text{ N} \pm 3,66$ fue el que necesitó mayor energía para que se produzca la fractura o quiebre del *snack* frito de maíz a diferencia del tratamiento **T4** con valor de $7,73 \text{ N} \pm 1,99$ que resulta ser el que menor energía requirió. Valores similares a los reportados por Vivas (2009) y Gamarra (2018).

Al aplicar la prueba de comparación múltiple, Tukey al 5%, se determinó que los *snacks* obtenidos a partir de fritura al vacío utilizando tres variedades de maíz y dos niveles de presión en la fritura presentan diferencias significativas para la variable de fracturabilidad, siendo los tratamientos **T4** (INIAP 192, frito a 8,9 kPa) y **T5** (Chulpi ecuatoriano, frito a 11,3 kPa), los que menor fuerza necesitaron para su quiebre.

➤ **Adhesividad**

La adhesividad o también denominada pegajosidad (Saavedra, 2017), de los *snacks* fritos presentaron valores que oscilan entre 10,48 J y 22,68 J (tabla 22). Con la prueba de comparación múltiple, Tukey 5%, se determinó que el tratamiento **T1** (INIAP 192, frito a 11,3 kPa) registró el valor más bajo de adhesividad con relación a los demás tratamientos. Por lo tanto se ubicó en el rango (**b**).

Por otra parte, los tratamientos **T2, T3, T4, T5, T6** presentaron valores que oscilan entre 12,93 a 21,24 ubicándose en el rango (ab). Sin embargo, el tratamiento **T7** (testigo), registró el valor más alto de adhesividad con relación a los tratamientos resultantes del efecto de los factores en estudio. Por lo tanto se ubicó en el rango (**a**). La variabilidad de datos se debe a la naturaleza de los alimentos y de los factores externos como la humedad y el calor.

➤ **Elasticidad**

La elasticidad es una medida de recuperación en altura después de la compresión durante la masticación (Guiné & Barroca, 2012). En la tabla 22, se observa que la elasticidad presenta valores que van de $0,98 \pm 0,07$ a $1,10 \pm 0,57$.

Con la prueba de comparación múltiple, Tukey al 5%, se determinó que los *snacks* obtenidos a partir de fritura al vacío utilizando tres variedades de maíz y dos niveles de presión en la fritura no tienen diferencias significativas para la variable de elasticidad ubicándose en el rango (**a**).

Cabe mencionar que las moléculas de agua actúan como un plastificante del componente sólido de los alimentos y hace que los productos alimenticios sean menos elásticos y más vulnerables a la fractura por compresión (Singh et al., 2013).

4.2.2.3 Correlación de textura descriptiva e instrumental

Se realizó un análisis de correlación de Pearson entre los atributos sensoriales de textura descriptiva (dureza, crujencia, adherencia y resistencia a la ruptura) y atributos de textura instrumental (dureza, fracturabilidad, adhesividad y elasticidad), usando el programa Infostat.

El estudio de las correlaciones entre el análisis de textura descriptiva y textura instrumental, se realizó mediante la prueba de Pearson, sabiendo que el índice de correlación (r) varía en un intervalo de -1 a +1, donde: valores positivos cercanos a 1 representan fuerte correlación entre las variables, es decir cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace de manera constante; mientras que valores negativos cercanos a -1 representan una fuerte correlación negativa entre las variables, es decir cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye constantemente.

En la tabla 24 se puede observar los índices de los coeficientes de correlación de Pearson entre textura descriptiva y textura instrumental medidos en *snacks* de maíz fritos.

Tabla 24.*Correlación de textura instrumental y textura descriptiva*

	Dureza sensorial	Crocancia	Adherencia	Resistencia a la ruptura
Dureza instrumental	-0,19 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,25 ^{ns}	-0,34 ^{ns}
Fracturabilidad	-0,61 ^{**}	0,07 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,5 ^{**}
Adhesividad	-0,23 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
Elasticidad	-0,11 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,10 ^{ns}

Nota: ** Altamente significativo; * significativo; ns: no significativo

En la tabla 24 se presentan los índices de correlación entre los parámetros de textura descriptiva (dureza, crocancia, resistencia a la ruptura y adherencia) e instrumental (dureza, fracturabilidad, adhesividad y elasticidad) con una sonda de punción 5 mm. Donde, se observa que se presentan valores de correlaciones tanto positivas como negativas, pero no son lo suficientemente cercano al 1 o al -1. Maldo & Conti-Silva, (2014), en su estudio concluye que la prueba de punción se correlacionó negativamente con los atributos sensoriales entre la dureza sensorial y la fracturabilidad.

Así también, se observa que la dureza sensorial descriptiva tiene una correlación negativa altamente significativa ($p \leq 0,01$), generando un coeficiente de correlación de -0,61.

Por otra parte, las calificaciones de resistencia a la ruptura se correlacionaron negativamente de manera altamente significativa ($p \leq 0,01$), con un coeficiente de -0,5. Berwig et al. (2017a), concluyeron que la textura sensorial se correlaciona negativamente con la sonda utilizada, lo que demuestra que a mayor fuerza requerida para cortar o comprimir los *snacks*, menor es la aceptación del consumidor.

Asimismo, Maldo & Conti-Silva, (2014) informan que no existe un consenso sobre qué términos deben usarse para describir la textura diagnosticada mediante pruebas instrumentales o si estos términos pueden correlacionarse con la textura sensorial. Es por ello que, se han realizado gran cantidad de evaluaciones instrumentales y sensoriales sobre la textura de bocadillos para establecer tanto las sondas como las pruebas apropiadas para describir los

atributos sensoriales. Cabe mencionar que, las funciones de la prueba de punción son de comprimir y fracturar los productos, similar función a la que cumplen los dientes molares (Lu, 2013).

4.2.2.4 Análisis de componentes principales

Las correlaciones de Pearson permitieron interpretar como las pruebas de textura instrumental interactúa con cada uno de los atributos sensoriales de textura de los *snacks* fritos determinados por panelistas. Asimismo, el análisis multivariado consiente visualizar de mejor manera la relación existente entre los atributos de textura descriptiva y las pruebas de textura instrumental, lo que permitirá una mayor confianza en los resultados obtenidos, y a la vez conocer como el consumidor relaciona los atributos de textura de los *snacks*.

El análisis de componentes principales (ACP), es un método estadístico que permite describir una matriz de datos, a los que se les ha medido diferentes variables de estudio. Permitiendo reducir la dimensionalidad de los resultados de la investigación.

La prueba de esfericidad de Bartlett midió un nivel de significancia estadística de 0,001, aceptando la H_0 debido a que es $> 0,05$ lo que indica que los datos de textura pueden ser analizados mediante el análisis de componentes principales (ACP), puesto que la matriz de correlación no es una matriz de identidad.

Tabla 25.

Componentes principales obtenidos con su respectiva variabilidad explicada

Componentes	Auto valores iniciales		
	Total	Varianza (%)	Varianza acumulada (%)
1	2,54	31,71	31,71
2	1,68	21,02	52,73
3	1,21	15,17	67,9
4	0,98	12,27	80,17
5	0,75	9,32	89,50
6	0,54	6,78	96,29
7	0,22	2,77	99,06
8	0,08	0,94	100,0

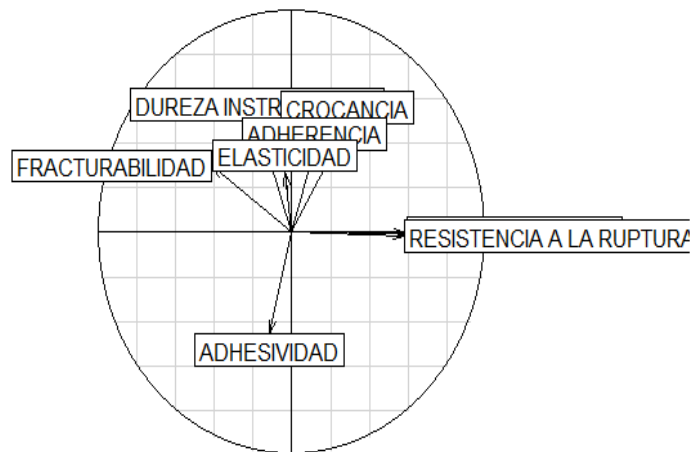
En la tabla 25 se muestra el análisis factorial de componentes principales de los datos de textura descriptiva vs textura instrumental. Los dos primeros componentes principales tienen varianza

total mayor que uno y entre estos recogen el 52,73% de variabilidad de los datos y teniendo cada uno de ellos, varios factores de valor significativo.

Para simplificar la explicación de los valores, se graficó una dispersión bidimensional de las dos primeras componentes.

Figura 23.

Círculo de correlación componte principal 1 y componente principal 2
componente principal 1 eje x y componente principal 2 eje y



Nota: Gráfico de correlación de los componentes principales.

Tabla 26.

Matriz de componente rotado para las variables de estudio

	Matriz de componente rotado	
	componente	
	1	2
Resistencia a la ruptura	0,91	
Dureza sensorial	0,91	
Fracturabilidad	-0,74	
Crocancia		0,72
Adhesividad		-0,63
Dureza instrumental		0,56
Elasticidad		0,38
Adherencia		0,47

Nota: Representación de la matriz de componente rotado (textura snacks fritos).

Figura 23 y tabla 26, se presentan los componentes principales obtenidos, con sus respectivos atributos sensoriales o pruebas de textura instrumental. Se observa que los atributos de textura descriptiva (resistencia a la ruptura y dureza sensorial) y la prueba de textura instrumental de fracturabilidad contribuyeron a explicar la varianza del componente principal 1, mientras que

los atributos sensoriales (crocancia y adherencia) conjuntamente con la prueba instrumental de textura de elasticidad, dureza instrumental y adhesividad explicaron la varianza del componente 2.

4.2.3 Análisis de Aceptabilidad Sensorial del Producto Frito

Los tres aspectos más importantes principales para la aceptación de un alimento son: el color, sabor y textura (Borja et al., 2016). Por lo tanto la calidad de un alimento está dada por la interacción entre el alimento, la forma en la cual se ha elaborado y el ser humano quien lo consume, originando sensaciones provocadas por determinados estímulos procedentes del alimento (Navas et al., 2015).

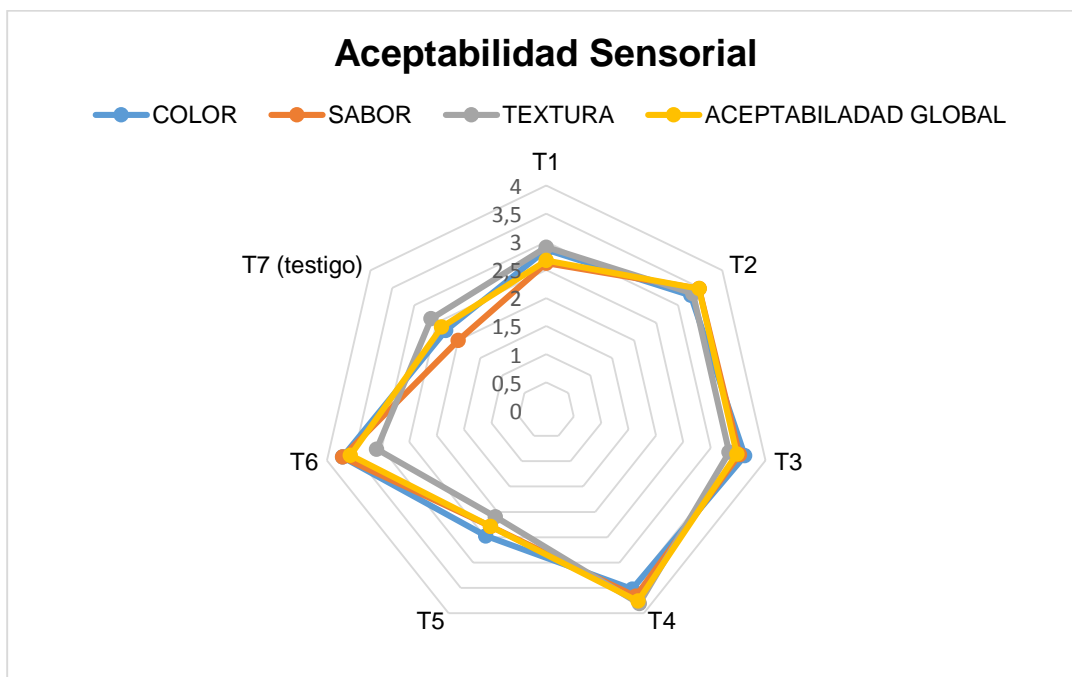
Se evaluó la aceptabilidad sensorial de los productos fritos mediante una escala hedónica de 7 puntos, para cada característica sensorial (color, sabor, textura y aceptabilidad global).

La evaluación fue realizada con 21 panelistas semi entrenados de la Estación Experimental Santa Catalina INIAP.

De los resultados obtenidos se calcularon los promedios de cada atributo sensorial para el análisis de aceptabilidad. Obteniendo finalmente tendencias de respuestas a base de porcentaje con respecto al total de evaluadores.

Figura 24.

Representación gráfica del análisis sensorial del producto terminado



Nota: Gráfico araña de la aceptabilidad sensorial del producto terminado

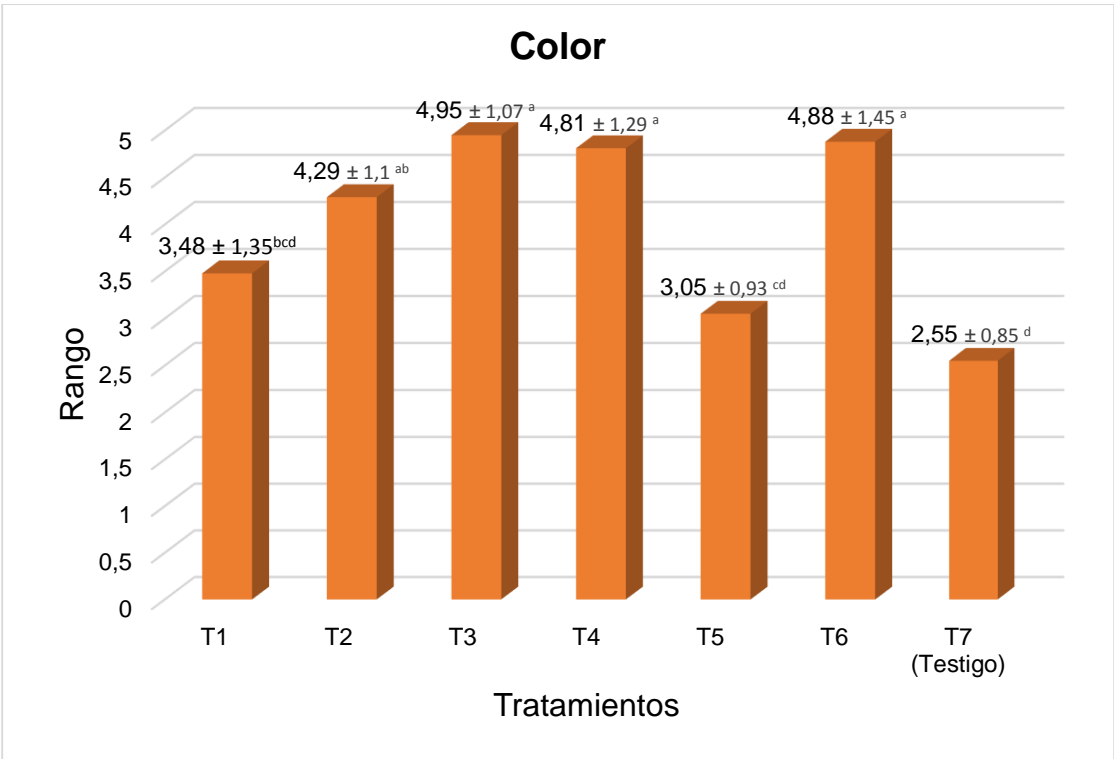
De acuerdo a la figura 24, se observa la aceptabilidad de los *snacks* de maíz frito, donde los tratamientos **T6** (INIAP 122, frito a 8,9 kPa) y **T4** (INIA 192, frito a 8,9 kPa) fueron los que mayor aceptabilidad tuvieron frente al consumidor, al evaluarse los parámetros de color, olor, sabor, textura (crocancia) y aceptabilidad global.

4.2.3.1 Color

El color es un parámetro que se analiza con el sentido de la vista, es uno de los factores más importantes al momento de la adquisición de un producto.

Figura 25.

Puntuaciones de color en el análisis de aceptabilidad del producto frito.



Nota: El gráfico presenta la aceptación en la variable color del producto final (*snack de maíz frito*).

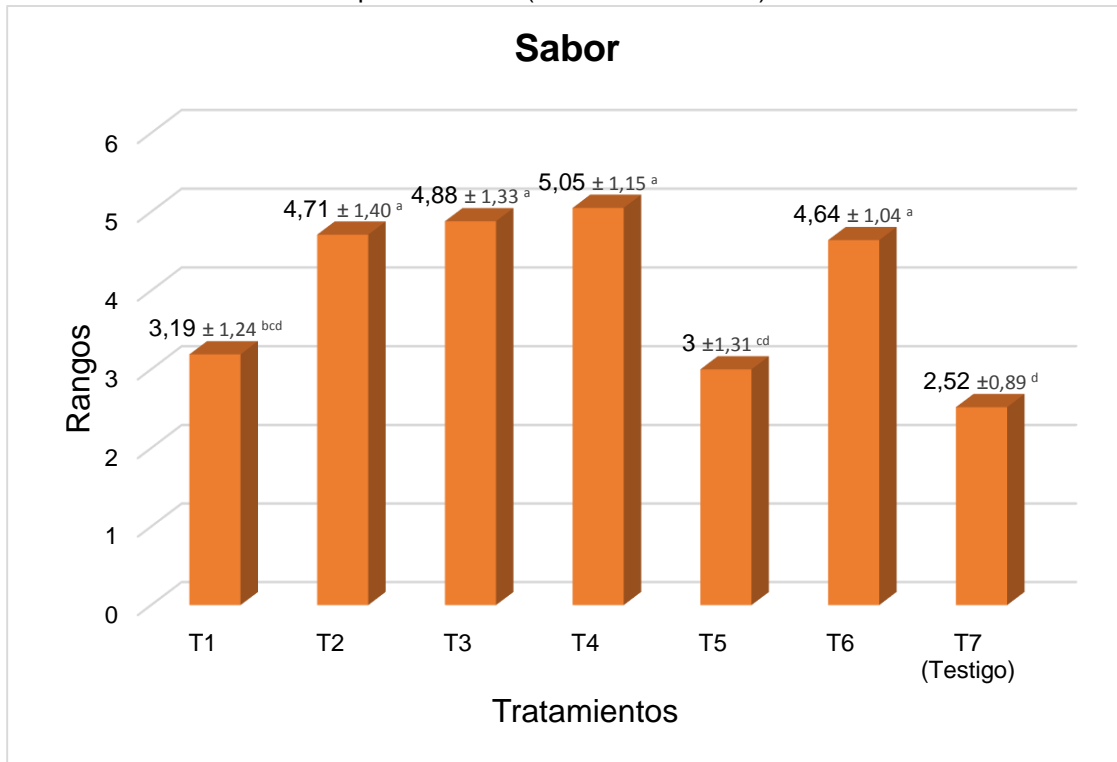
En la figura 25, se puede observar el efecto de los factores en estudio (presión de fritura) y variedad de maíz sobre el color de los tratamientos, indicando que **T3** (INIAP 122, frito a 11,3 kPa) con un valor de 4,95 tiene la mayor aceptabilidad con respecto al atributo de color seguido por **T4** (INIAP 192, frito a 8,9 kPa), **T6** (INIAP122, frito a 8,9 kPa), **T2** (chulpi ecuatoriano, frito a 8,9 kPa), **T1** (INIAP 192, fritos a 11,3 kPa), **T5** (Chulpi ecuatoriano, frito a 11,3 kPa) y **T7**(testigo) con valores de 4,81, 4,88, 4,29, 3,48, 3,05 y 2,55 respectivamente.

4.2.3.2 Sabor

En la fig. 26 se puede apreciar que las calificaciones de sabor para los *snacks* fritos.

Figura 26.

Puntuaciones del sabor en el producto final (*snack* de maíz frito)



Nota: El gráfico muestra la valoración del parámetro sabor en los *snacks* de maíz frito.

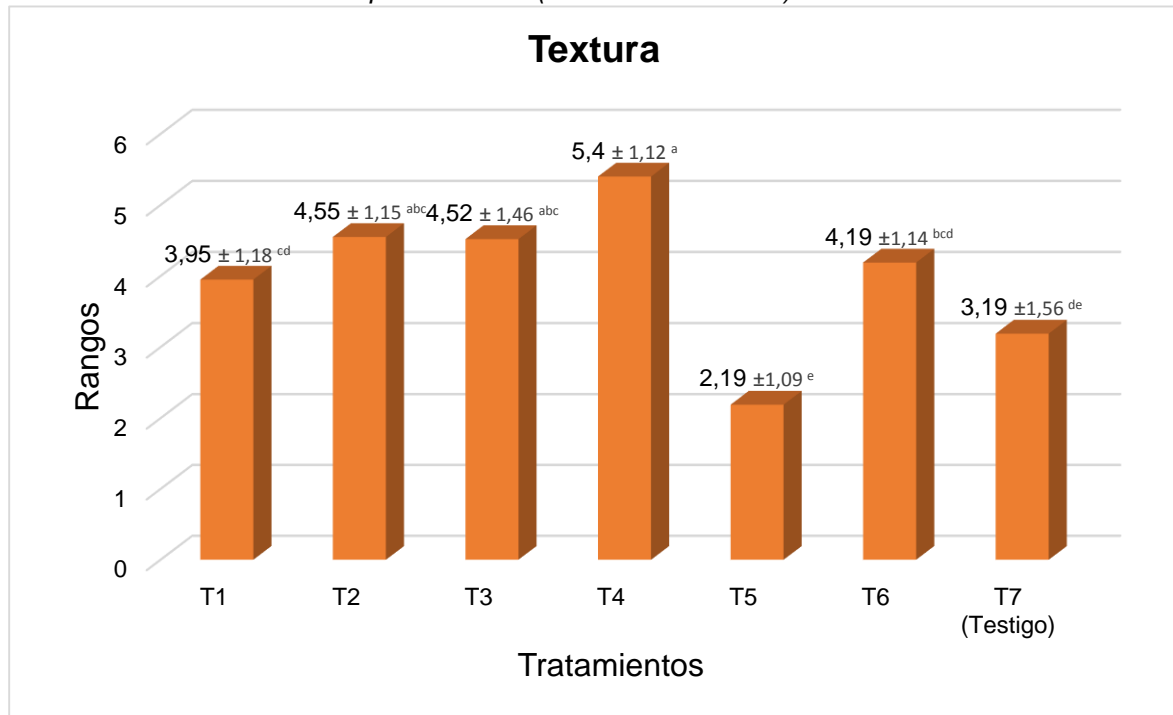
El panel degustador dio a conocer su preferencia por los tratamientos **T4** (INIAP 192, frito a 8,9 kPa), **T3** (INIAP 122, frito a 11,3 kPa), **T2** (Chulpi ecuatoriano, frito a 8,9 kPa), y **T6** (INIAP 122, frito a 8,9 kPa) con valores 5,05, 4,88, 4,71 y 4,64 respectivamente. Siendo el testigo el menos puntuado con un valor de 2,52.

4.2.3.3 Textura

En la figura 27, se muestran los rangos de las puntuaciones del atributo de textura de los *snacks* de maíz fritos, obtenidos por los tratamientos en estudio.

Figura 27.

Puntuaciones de textura en el producto final (snacks de maíz frito)



Nota: Valoración de la aceptabilidad de textura en los *snacks* de maíz fritos.

El panel degustador dio a conocer su preferencia por los tratamientos **T4** (INIAP 192, frito a 8,9 kPa), **T2** (Chulpi ecuatoriano, frito a 8,9 kPa), **T3** (INIAP 122, frito a 11,3 kPa), **T6** (INIAP 122, frito a 8,9 kPa) y **T1** (INIAP 192, frito a 11,3 kPa) con valores de 5,4, 4,55, 4,52, 4,19 y 3,95 respectivamente. Por lo que el tratamiento 4 obtuvo mayor aceptabilidad debido a su crocancia siendo este el evento en el tiempo que incluye en conjunto el sonido, la fracturabilidad y la dureza percibidas al morder con las muelas (Cueto, 2016).

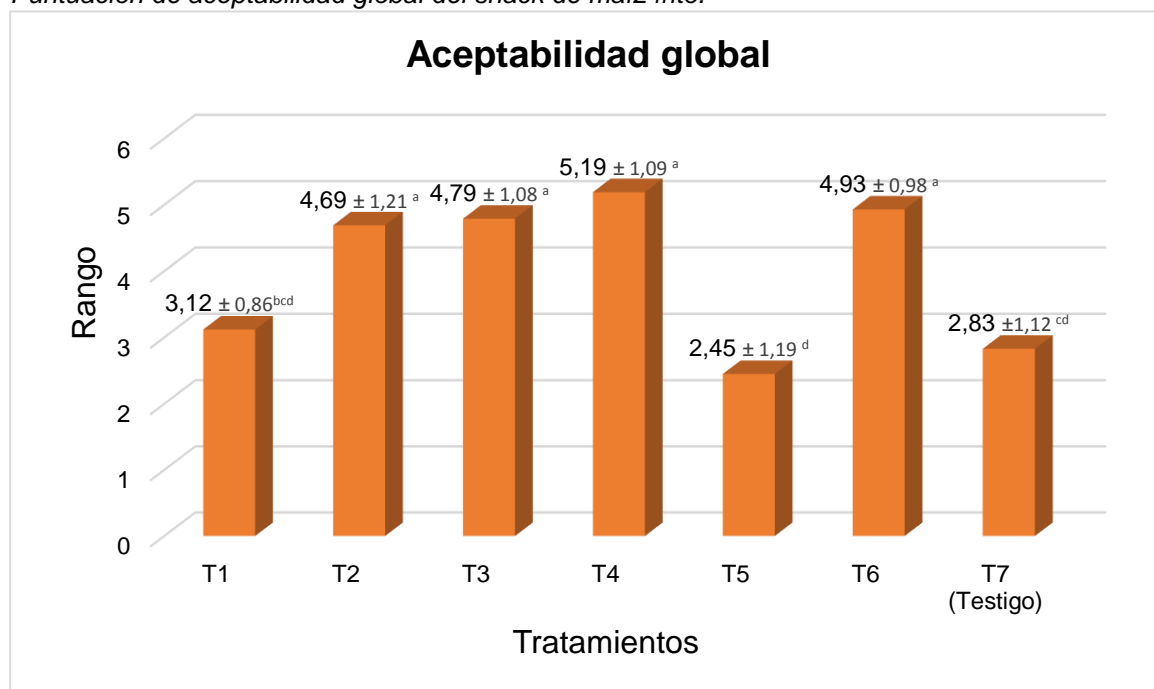
La propiedad principal de la textura del aperitivo es la textura crujiente (Capriles, 2012) y factores como la dureza y la fractura se ven afectados por la humedad (Berwig et al., 2017).

4.2.3.4 Aceptabilidad global

En la figura 28, se muestra los rangos de las puntuaciones del atributo de la aceptabilidad global de los *snacks* de maíz frito obtenidos por los tratamientos en estudio.

Figura 28.

Puntuación de aceptabilidad global del snack de maíz frito.



Nota: El gráfico presenta la calificación por parte de los panelistas acerca de la aceptabilidad global del producto final.

Según el panel de degustadores en la puntuación de la aceptabilidad global el **T4** (INIAP 192, frito a 8,9 kPa) fue el cual obtuvo la puntuación más alta con un valor de 5,19 seguido del tratamiento **T6** (INIAP 122, frito a 8,9 kPa) con el valor de 4,93.

Tabla 27.

Resumen de análisis de aceptabilidad sensorial

Tratamientos	Variables			
	Color	Sabor	Textura	Aceptabilidad Global
T1	3,48 ± 1,35bcd	3,19 ± 1,24bcd	3,95 ± 1,18cd	3,12 ± 0,86bcd
T2	4,29 ± 1,10ab	4,71 ± 1,40 ^a	4,55 ± 1,15abc	4,69 ± 1,21 ^a
T3	4,95 ± 1,07 ^a	4,88 ± 1,33 ^a	4,52 ± 1,46abc	4,79 ± 1,08 ^a
T4	4,81 ± 1,29 ^a	5,05 ± 1,15 ^a	5,40 ± 1,12 ^a	5,19 ± 1,09 ^a
T5	3,05 ± 0,93cd	3,00 ± 1,31cd	2,19 ± 1,09 ^e	2,45 ± 1,19 ^d
T6	4,88 ± 1,45 ^a	4,64 ± 1,04 ^a	4,19 ± 1,14bcd	4,93 ± 0,98 ^a
T7 (Testigo)	2,55 ± 0,85 ^d	2,52 ± 0,89 ^d	3,19 ± 1,56 ^{de}	2,83 ± 1,12 ^{cd}

Fr: valor de prueba no paramétrica Friedman calculado; **: altamente significativo (X², p ≤ 0,01);

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (X², p ≤ 0,05)

Valores promedio ± S.D. (n=21)

4.3 Determinación de las Propiedades Físicoquímicas y el Contenido Energético del Producto Final y Comparación de los *Snacks* de Maíz Procesados de Fritura Convencional con Fritura al vacío

En la tabla 28 se puede apreciar los valores de los análisis físicoquímicos realizados tanto al tratamiento testigo de variedad Chaucho mejorado INIAP 122 el cual fue procesado mediante fritura convencional a una temperatura de 165 °C a presión atmosférica y el mejor tratamiento seleccionado de fritura al vacío T4 chulpi mejorado INIAP 192 a presión absoluta de 8,9 kPa. El mejor tratamiento fue seleccionado con base al contenido final de humedad, extracto etéreo, textura y aceptación del producto.

La fritura al vacío con relación a la fritura convencional permite obtener *snacks* con menor contenido de extracto etéreo y logra la conservación de componentes nutricionales (Banerjee & Sahu, 2017; Coronel, 2014; Cueva Vásquez, 2014; Pillajo et al., 2019; Tipán Rojas, 2017; Zhang et al., 2020). Como se puede apreciar en la tabla 28 en relación al contenido de extracto etéreo de los *snacks* obtenidos en el presente estudio este es inferior en comparación a otros estudios realizados con la tecnología de fritura al vacío, Pillajo et al., (2019) reportaron un valor promedio de 25,93% en chips de mashua y Tipán Rojas, (2017), obtuvo 10% de extracto etéreo en papa. Por otro lado, respecto al contenido de humedad el snack tratado por fritura convencional posee un menor porcentaje a diferencia del tratado por fritura al vacío cuyo valor fue de 3,87% , sin embargo, estos cumplen con los requisitos establecidos por la norma técnica INEN 2 561:2010 para chips de productos vegetales(INEN , 2010) que señalan como máximo el 5%. A continuación se presenta los resultados de la caracterización química de los snacks de maíz frito.

Tabla 28.

Cuadro de comparación de las propiedades físicoquímicas de los snacks procesados por fritura convencional vs fritura al vacío.

	Descripción	Fritura al vacío (T4)	Fritura convencional
PROXIMAL	Humedad (%)	4,62 ± 0,58 ^b	0,93 ± 0,46 ^a
	Ceniza (%)	1,41 ± 0,05 ^a	1,33 ± 0,07 ^a
	Proteína (%)	8,30 ± 0,03 ^a	7,19 ± 0,16 ^b
	Extracto Etéreo (%)	9,29 ± 1,44 ^a	20,5 ± 3,56 ^b
	Fibra Dietética (%)	8,79 ± 0,05 ^b	10,64 ± 0,11 ^a
	Carbohidratos (%)	72,21 ± 0,60 ^a	60,33 ± 0,11 ^b
MINERALES	Hierro (Fe) ppm	29,5 ± 0,05 ^a	28,00 ± 0,1 ^a
	Zinc (Zn) ppm	31,00 ± 0,01 ^b	36,00 ± 0,02 ^a
	*L	48,52 ± 1,15	42,34 ± 2,82

	C	23,04 ± 4,13	26,12 ± 4,00
	H	79,16 ± 2,30	69,59 ± 1,94
COLOR	*a	4,45 ± 0,81	8,94 ± 0,96
	*b	22,63 ± 4,19	25,59 ± 4,19
	Valor energético (kcal/100 g)	405,65 ± 3,27 ^b	454,67 ± 7,76 ^a

Nota: análisis realizados en el laboratorio de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP) -2020
 $\bar{x} \pm S$ para n= 3

La fritura es ampliamente utilizada en la industria alimentaria desde la antigüedad (Banerjee & Sahu, 2017) , cuyo propósito es otorgarles características especiales de textura, color y gustos (sabor y olor) a productos fritos, los cuales no se ven afectados al utilizar la fritura al vacío, puesto que la conservación de las propiedades fisicoquímicas es una de las ventajas que brinda el proceso de fritura al vacío (Castellanos et al., 2012). Las bajas temperaturas y la pequeña exposición al oxígeno en el proceso son variables que trae la mayor parte de los beneficios que tiene este proceso de fritura (Acevedo et al., 2017).

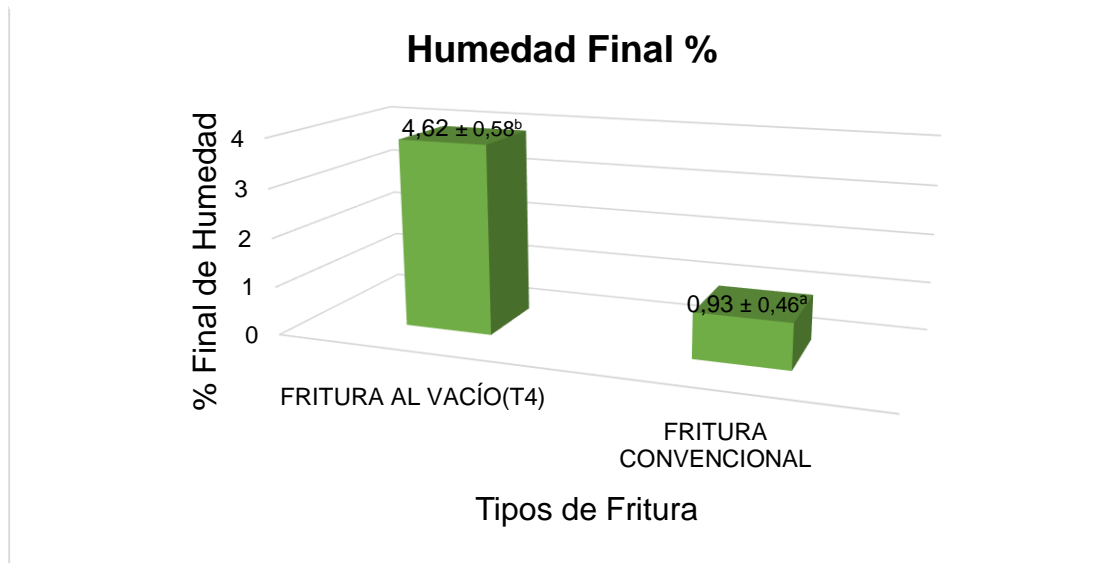
4.3.1 Humedad

En el presente estudio se desea bajos niveles de humedad en los *snacks*. Por lo que, en la figura 29, se puede apreciar que la humedad del *snack* procesado mediante fritura convencional contiene un porcentaje menor a diferencia del procesado por fritura al vacío 0,93% y 4,62%, respectivamente. Esto indica que al utilizar la fritura convencional se obtendrá un producto con menor contenido de humedad con relación a la fritura al vacío.

Una vez realizada la prueba t- student para la diferencia de dos medias, el valor p es inferior a 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula la cual dice que la humedad final de los *snacks* obtenidos tanto por fritura convencional como por fritura al vacío son iguales, y se acepta la hipótesis alternativa que indica que la humedad de los *snacks* obtenidos mediante estos dos tipos de fritura es diferente, es decir el contenido final de humedad de los *snacks* procesados por fritura al vacío es mayor a los procesados por fritura convencional.

Figura 29.

Contenido final de humedad fritura al vacío vs fritura atmosférica



Nota: Porcentaje final de humedad de los *snacks* fritos de maíz procesados mediante fritura al vacío y fritura convencional

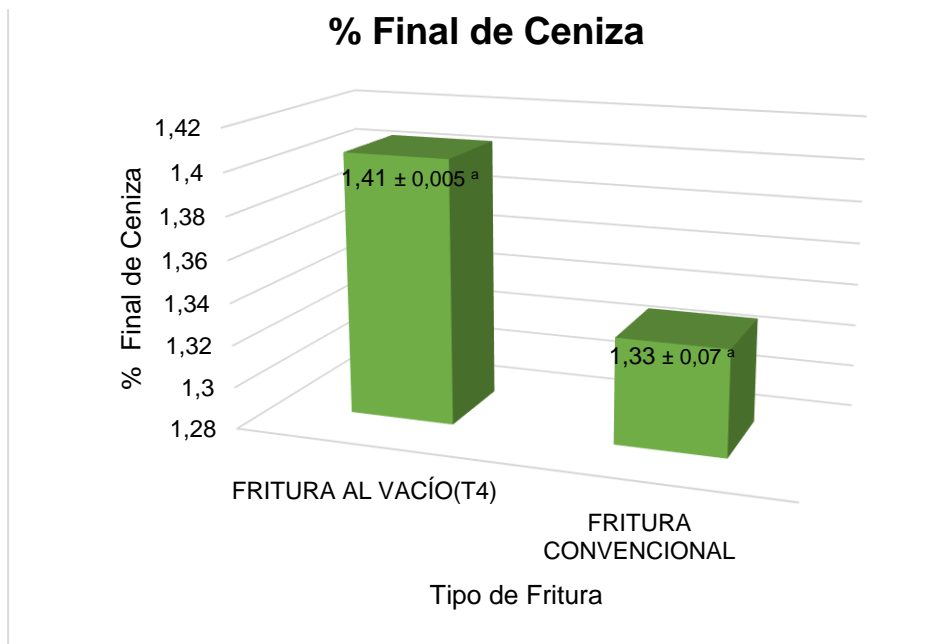
4.3.2 Cenizas

En el proceso de fritura tanto convencional como al vacío para el caso del maíz los minerales presentes en el mismo no varían, indicando que la cantidad de cenizas en el producto final no se ve influenciado por el tipo de fritura que se utilice para su obtención. La figura 30, muestra el contenido de cenizas presentes en los *snacks* obtenidos por el proceso de fritura convencional (1,33%) y fritura al vacío (1,41%).

Tras realizar la prueba t-student, la diferencia de dos medias, el valor p obtenido es superior al valor de significancia propuesto 0,05, lo cual indica que, el contenido final de cenizas no es significativo, es decir este no se ve influenciado por el tipo de fritura utilizada para su obtención.

Figura 30.

Contenido final de ceniza de fritura al vacío vs fritura atmosférica (convencional)



Nota: Porcentaje final de ceniza retenido en los *snacks* fritos de maíz procesados mediante fritura convencional y fritura a vacío.

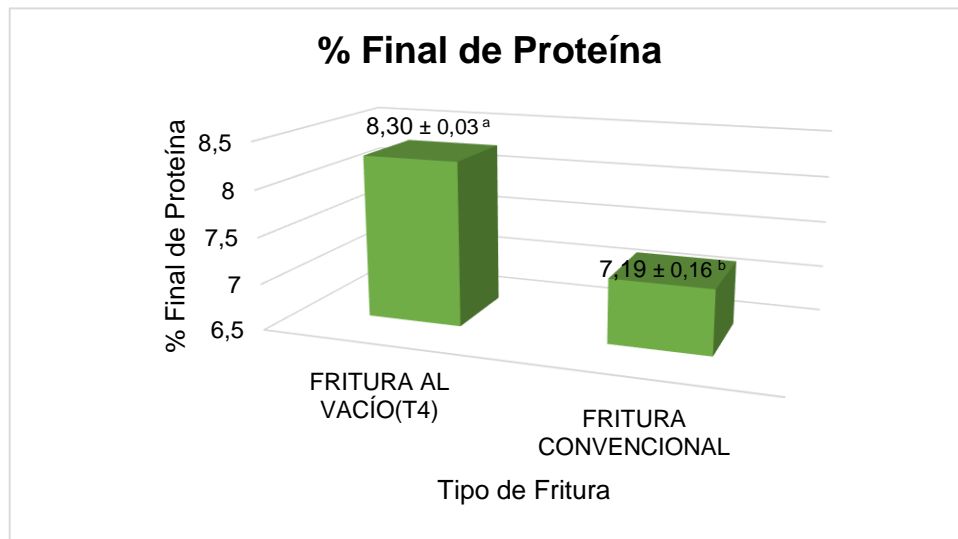
4.3.3 Proteína

Con respecto a la proteína, en la figura 31, se muestra el contenido de proteína de los *snacks* procesados mediante fritura, donde se evidencia que al utilizar la fritura al vacío la proteína en el producto final es mayor (8,27%), con respecto a los obtenidos por fritura convencional (7,19%). La conservación de este compuesto está asociados con la menor temperatura de fritura y la menor exposición del oxígeno (Dueik & Bouchon, 2011).

Una vez realizada la prueba t- student para la diferencia de dos medias, el valor p es inferior a 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula la cual dice que el contenido final de proteína de los *snacks* obtenidos por los dos tipos de fritura son iguales, y se acepta la hipótesis alternativa que indica el contenido final de proteína de los *snacks* obtenidos mediante estos dos tipos de fritura es diferente, esto indica que el producto final obtenido mediante fritura al vacío posee mayor contenido de proteína a diferencia del tratado por fritura convencional.

Figura 31.

Contenido final de proteína de fritura al vacío vs fritura convencional



Nota: Porcentaje final de proteína de los *snacks* de maíz sometidos a fritura subatmosférica y fritura tradicional.

4.3.4 Extracto Etéreo

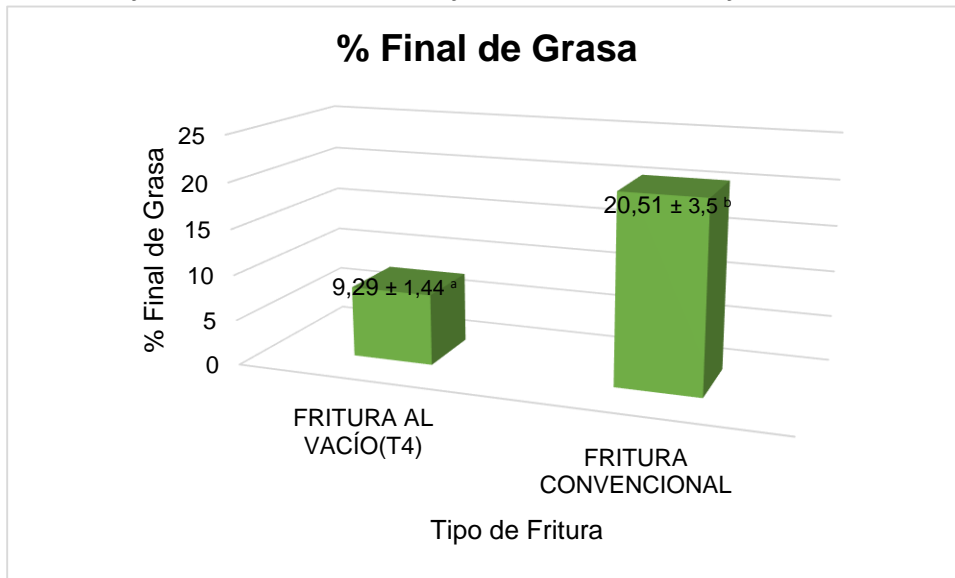
En la figura 32, se muestra el contenido de extracto etéreo de los *snacks* obtenidos por fritura al vacío, al aplicar este tipo de fritura el parámetro más relevante fue un menor porcentaje de grasa retenida, en comparación a la fritura convencional, en la fritura al vacío se determinó un contenido de 9,29% mientras que la fritura convencional se obtuvo 20,51%. Reduciendo en gran medida la cantidad de grasa presente en el alimento frito al vacío con respecto al proceso por fritura convencional.

Al realizar la prueba t-student para la diferencia de dos medias, el valor p es inferior a 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula la cual expresa que el contenido final de grasa de los *snacks* obtenidos tanto por fritura convencional como por fritura al vacío son iguales, y se acepta la hipótesis alternativa que indica que el contenido final de grasa de los *snacks* obtenidos mediante estos dos tipos de fritura es diferente, en otras palabras el producto final obtenido mediante fritura al vacío posee menor contenido de grasa a diferencia del tratado por fritura convencional.

Por otro lado, los *snacks* obtenidos cumplen con los requisitos establecidos en la norma técnica INEN 2561:2010 para bocaditos de productos vegetales, la cual permite un máximo de 40% contenido final de grasa.

Figura 32.

Contenido final de extracto etéreo de fritura convencional vs fritura al vacío



Nota: Porcentaje final de extracto etéreo retenido en el producto final procesado mediante fritura convencional y fritura atmosférica.

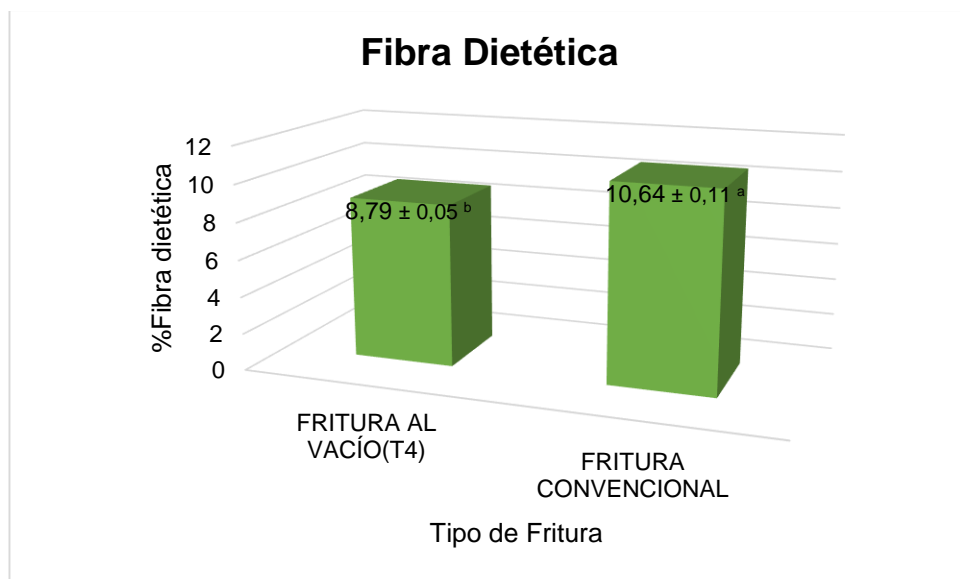
4.3.5 Fibra Dietética Total FDT

Como se puede apreciar en la figura 33 la fibra dietética presente en los *snacks* fritos muestran valores de 10,64% en la fritura convencional y 8,79% en la fritura al vacío. El porcentaje promedio de fibra dietética en el maíz puede variar de acuerdo a la variedad, refinación o tratamiento tecnológico a lo que ha sido sometida la muestra (FAO, 1993; Ortiz, 2010), los valores del presente estudio son similares a los reportados por Méndez, (2005) quien obtuvo valores de entre 7 y 13% en híbridos y variedades de maíz.

Una vez realizada la prueba t-student para la diferencia de dos medias, el valor p es inferior a 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula la cual indica que el contenido de FDT de los *snacks* adquiridos por fritura convencional y por fritura al vacío son iguales, y se acepta la hipótesis alternativa que expresa el contenido final de FDT de los *snacks* obtenidos mediante estos dos tipos de fritura es diferente, dicho de otra manera el producto final procesado mediante fritura convencional posee mayor contenido de FDT a diferencia del tratado por fritura al vacío.

Figura 33.

Contenido final de fibra dietética en snacks obtenidos mediante fritura al vacío vs fritura convencional.



Nota: Porcentaje final de fibra de los *snacks* sometidos a los dos tipos de fritura.

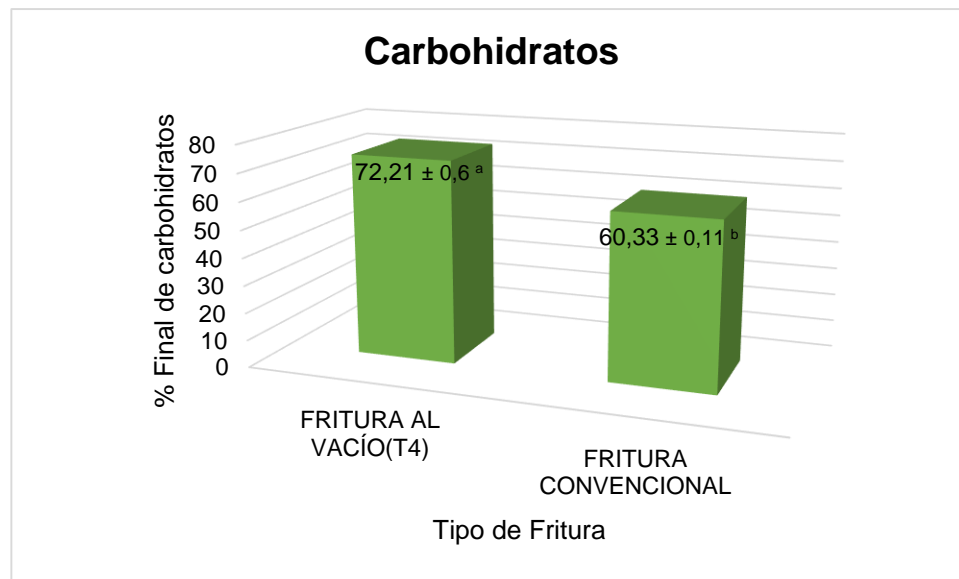
4.3.6 Carbohidratos

Los carbohidratos son la fuente de principal de energía para el ser humano y representan la mayor cantidad de una dieta óptima (FAO, 2018). En la figura 34 se observa que los *snacks* obtenidos por fritura a vacío presentan mayor contenido de carbohidratos (72,21%), a diferencia de los obtenidos por fritura convencional (60,33%).

Una vez realizada la prueba t-student para la diferencia de dos medias, el valor p es inferior al nivel de significancia fijado que en este caso es de 0,05, rechazando la hipótesis nula la cual dice que el contenido de carbohidratos de los *snacks* obtenidos tanto por fritura convencional como por fritura al vacío son iguales, y se acepta la hipótesis alternativa que indica el contenido de carbohidratos de los *snacks* obtenidos mediante estos dos tipos de fritura es diferente, o sea el contenido de carbohidratos de los *snacks* procesados por fritura al vacío es menor a los procesados por fritura convencional.

Figura 34.

Contenido final de carbohidratos presentes en los snacks de maíz procesados por fritura al vacío vs fritura atmosférica (convencional)



Nota: Carbohidratos presente en los *snacks* de maíz procesados mediante fritura convencional y fritura al vacío.

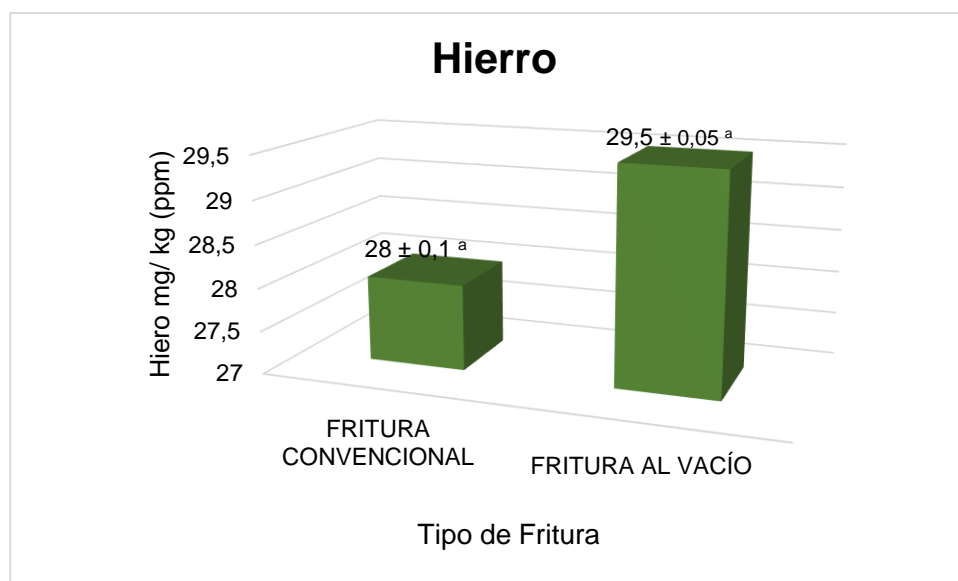
4.3.7 Hierro

Con respecto al microelemento hierro, la utilización tanto de la fritura convencional como la fritura al vacío no influyen en el contenido final de este en los *snacks* fritos. Cabe recalcar que la falta de hierro (Fe) en el organismo del ser humano ha sido señalada como un problema de salud pública y la causa más frecuente de anemia. De allí la importancia de incentivar al consumo de alimentos con grandes cantidades de hierro así como también, generar estrategias como la fortificación de alimentos con hierro con el objetivo de mejorar los niveles de consumo en la población (Serpa et al., 2016). En la figura 35 se puede observar el contenido de hierro presente tanto en los *snacks* de maíz procesados mediante fritura al vacío como en la fritura convencional 29,5 mg/ kg y 28 mg/ kg, respectivamente.

Tras realizar la prueba t-student, la diferencia de dos medias, el valor p obtenido es superior al valor de significancia propuesto 0,05, lo cual indica que, el contenido final de hierro no es significativo, es decir este no se ve influenciado por el tipo de fritura utilizada para su obtención.

Figura 35.

Contenido final de hierro (Fe) fritura al vacío vs fritura atmosférica (convencional)



Nota: El gráfico de barras presenta el contenido de hierro en el producto final.

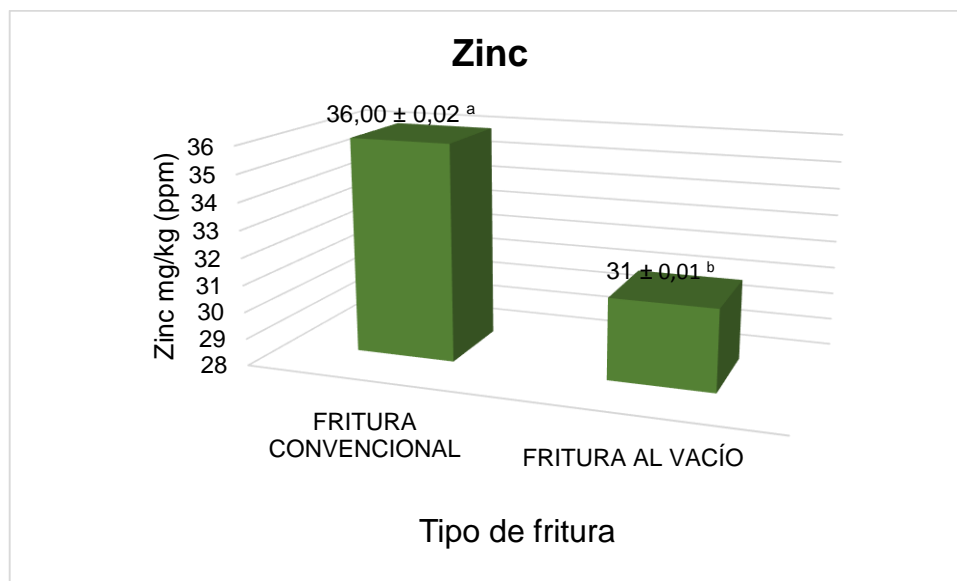
4.3.8 Zinc

El zinc es una molécula presente en el cuerpo humano en pequeñas cantidades, por lo que la deficiencia de este puede ocasionar serios problemas, ya que cumple una gran variedad de funciones en el metabolismo, en la reproducción celular y en los procesos de óxido-reducción (Taboada, 2017), es por ello que se aconseja el consumo de alimentos que contengan grandes cantidades de zinc. En la figura 36, se puede evidenciar los valores finales de zinc después del proceso de fritura tanto convencional (36 ppm) como al vacío (31 ppm).

Realizada la prueba t-student para la diferencia de dos medias, el valor p es inferior al nivel de significancia fijado de 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula la cual expresa que el contenido de zinc de los *snacks* obtenidos por fritura convencional y fritura al vacío son iguales, y se acepta la hipótesis alternativa la cual enuncia que el contenido de zinc de los *snacks* obtenidos mediante estos dos tipos de fritura es diferente, es decir el contenido de zinc de los *snacks* procesados por fritura al vacío es menor a los procesados por fritura convencional. Tirado et al. (2012) indican que en el proceso de fritura los cambios como la pérdida de humedad, formación de costra, ganancia de humedad, cuantiosos cambios estructurales dentro del alimento así como la pérdida de minerales son efectos del proceso.

Figura 36.

Contenido final de Zinc (Zn) fritura al vacío vs fritura atmosférica (convencional)



Nota: El gráfico presenta el contenido final de zinc presente en el *snack* de maíz procesado mediante fritura al vacío y fritura atmosférica.

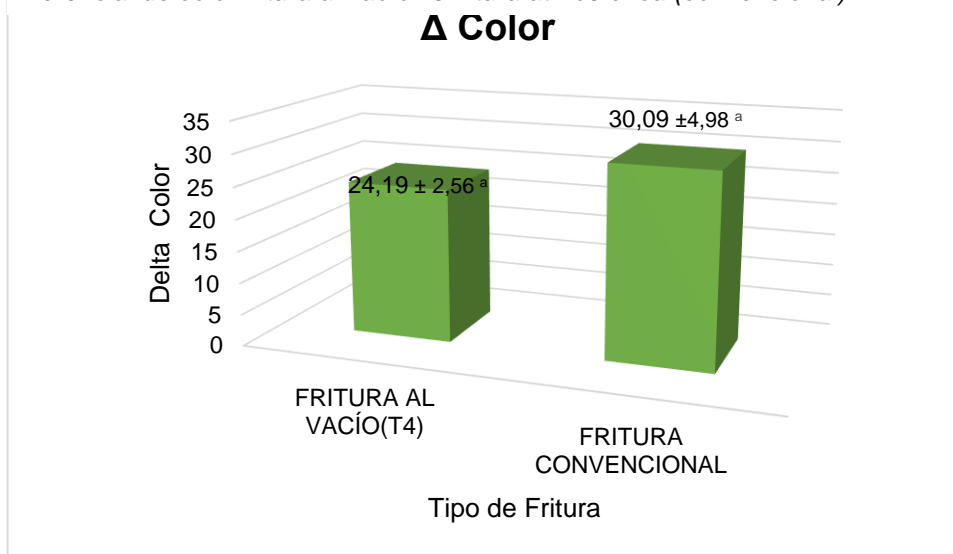
4.3.9 Color

La fritura al vacío previene la coloración excesiva por quemaduras u oscurecimientos de los *snacks* debido a que las reacciones de Maillard son menores a temperaturas y presiones bajas lo cual a su vez evita la formación de compuestos tóxicos (Dueik & Bouchon, 2011). Es así que los resultados en los cambios de color tanto para la fritura convencional como para la fritura al vacío no son significativamente diferentes en las tres variedades tratadas.

Al realizar la prueba T-student, la diferencia de dos medias, el valor p obtenido es superior al nivel de significancia propuesto de 0,05, lo cual muestra que, el contenido final de hierro no es significativo, en otras palabras el color no se ve influenciado por el tipo de fritura utilizada (fritura al vacío o fritura convencional), para su obtención.

Figura 37.

Diferencial de color fritura al vacío vs fritura atmosférica (convencional)



Nota: Color final de los *snacks* de maíz procesados por los dos tipos de fritura.

4.3.10 Valor Energético

Para la determinación del valor energético de los *snacks* de maíz fritos al vacío se realizó mediante el sistema Atwater el cual es un método indirecto que ayuda a la estimación de las kilocalorías a partir de los componentes alimenticios. El sistema está basado en los calores de combustión de proteínas, grasas e hidratos de carbono, que son corregidos teniendo en cuenta pérdidas ocurridas durante los procesos de digestión, absorción y excreción urinaria. El factor es aplicado a cada sustrato alimenticio de manera independiente a la fuente de donde provengan, los valores energéticos están dados así: 7 kJ / g (4,0 kcal / g) para la proteína, 37 kJ / g (9,0 kcal / g) para grasas, y 7 kJ / g (4,0 kcal / g) para carbohidratos (Pintor et al., 2016).

Como se puede apreciar en la tabla 28, para la fritura al vacío se tiene un valor de 405,65 kcal/100 g o 1698,45 kJ/100 g y para la fritura convencional un valor de 454,67 kcal/100 g o 1903,61 kJ/100 g.

Tras realizar la prueba t-student para la diferencia de dos medias, el valor p es inferior 0,05, rechazando la hipótesis nula la cual dice que la energía de los *snacks* obtenidos por fritura convencional y por fritura al vacío son iguales, y se acepta la hipótesis alternativa que indica la energía de los *snacks* obtenidos mediante estos dos tipos de fritura es diferente, es decir el valor energético de los *snacks* procesados por fritura al vacío es menor a los procesados por fritura convencional.

Conclusiones y Recomendaciones

4.4 Conclusiones

- La caracterización de la materia prima de las tres variedades de maíz analizadas: Chulpi ecuatoriano, Chulpi mejorado INIAP 192 y Chaucho mejorado INIAP 122, permitió evidenciar que estas se encuentra dentro del rango permisible por la norma de granos y cereales NTE INEN 2051: 2013.
- La presión reducida tuvo mayor efecto en la disminución del contenido de extracto etéreo en el *snack* durante el proceso de fritura, a diferencia de la utilización de fritura convencional (testigo).
- Las condiciones de vacío permitieron obtener *snacks* crujiente, firme y aceptable por el consumidor.
- En base al contenido nutricional del *snack* frito, se concluye que el tipo de fritura utilizado contribuye a la retención de extracto etéreo, así como también a la conservación de proteínas, cenizas y carbohidratos.
- El uso de fritura al vacío influye de manera significativa sobre la retención de extracto etéreo humedad y perfil de textura de los *snacks* fritos de maíz, por lo cual se acepta la hipótesis alternativa.

4.5 Recomendaciones

- Llevar a cabo un estudio de la influencia del pre tratamiento de cocción en la fritura de maíz y efectuar un estudio de vida útil del producto.
- Profundizar el estudio, tomando en cuenta otras variables que pueden afectar la calidad del producto final tales como, tiempo de centrifugación, tiempo de fritura, temperatura de fritura.
- Realizar un análisis de costos para la elaboración de *snacks* de maíz procesados mediante fritura al vacío.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Abarca, F. (2014). Caracterización agromorfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad San José [Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniería Agrónoma, Escuela Politécnica de Chimborazo]. In *Implementation Science* (Vol. 39, Issue 1).
<https://doi.org/10.4324/9781315853178>
- Acevedo, Montero, P., Beltrán, L., Gallo, L., & Rodríguez, J. (2017). Efecto de la fritura al vacío sobre la absorción de aceite en empanadas de maíz (*Zea Mays*). *Alimentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 1, 42–49.
- Agama-Acevedo, E., Juárez-García, E., Evangelista-Lozano, S., Rosales-Reynoso, O. L., & Bello-Pérez, L. A. (2013). Characteristics of maize starch and relationship with its biosynthesis enzymes. *Agrociencia*, 47(1), 1–12.
- Aguirre, J. C. (2011). Evaluación De Los Parametros De Calidad Durante La Fritura De Rebanadas De Papa Criolla. *Scientia Et Technica*, 16(48), 299–304.
<https://doi.org/10.22517/23447214.1317>
- Al-Hinai, K. Z., Guizani, N., Singh, V., Rahman, M. S., & Al-Subhi, L. (2013). Instrumental texture profile analysis of date-tamarind fruit leather with different types of hydrocolloids. *Food Science and Technology Research*, 19(4), 531–538.
<https://doi.org/10.3136/fstr.19.531>
- Albertos, I., Martin-Diana, A. B., Sanz, M. A., Barat, J. M., Diez, A. M., Jaime, I., & Rico, D. (2016). Effect of high pressure processing or freezing technologies as pretreatment in vacuum fried carrot snacks. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 33, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.11.004>
- Alcaraz-Marmol, F., Nuncio-Jáuregui, N., Calín-Sánchez, Á., Barrachina, Á. A. C., Hernández, F., & Martínez-Nicolás, J. J. (2015). Correlación entre la textura instrumental y textura sensorial como herramienta para establecer un punto de corte sobre la aceptación de diferentes variedades de granada. *Sociedad Española de Ciencias Hortícolas*, July.
- Alvis, Armado; Villada, H. S., & Villada, D. C. (2008). Efecto de la temperatura y tiempo de fritura sobre las características sensoriales del ñame (*Dioscorea alata*). *Informacion Tecnologica*, 19(5), 19–26. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.3958bit.07>

- Alvis, Armando, Romero, P., Granados, C., Torrenegra, M., & Pajaro-Castro, N. (2017). Evaluación del color, las propiedades texturales y sensoriales de salchicha elaborada con carne de babilla (*Caiman Crocodilus Fuscus*). *Revista Chilena de Nutricion*, 44(1), 89–94. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182017000100012>
- Anangonó, S. (2019). Determinación de cambios internos en el grano de maíz Carhuay (*Zea mays amilácea*) tratado con microondas [Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniería Agrónoma, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/17460/3/T-UCE-0004-CAG-090.pdf>
- Anton, A., & Luciano, F. (2007). Instrumental texture evaluation of extruded snack foods: A review Evaluación instrumental de textura en alimentos extruidos : una revisión. In *Ciencia y Tecnología Alimentaria* (Vol. 5, Issue 4, pp. 245–251). ALTAGA. <https://doi.org/10.1080/11358120709487697>
- Auza Torres, A. M., & Bourges Rodríguez, H. (2011). Almuerzo escolar en alumnos de primaria. Valor energético. *Revista Mexicana de Pediatría*, 78(6), 225–229.
- Ayala, D., & Oñate, L. (2007). *Evaluación y caracterización morfoagronómica de 117 líneas de maíz negro y 42 líneas de maíz dulce provenientes del Cimmyt, México* [Tesis previa a la Obtención del Título de Ingeniero Agropecuario, Escuela Politécnica del Ejército]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2579>
- Banerjee, S., & Sahu, C. K. (2017). A Short Review on Vacuum Frying-A Promising Technology for Healthier and Better Fried Foods. *International Journal of Nutrition and Health Science*, 1(2), 56–59.
- Bermeo, D. (2019). *Correlación del perfil de textura (TPA) entre el análisis instrumental y el análisis sensorial del queso freco*. [Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniera Agroindustrial, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6680>
- Berwig, K. P., Marques, D. R., Silva, D. M. B., Mendes, M. P., Raniero, G. Z., Monteiro, C. C. F., & Monteiro, A. R. G. (2017). *Texture on Extruded Snack : Correlation between Instrumental and Sensory Analysis*. 57(1963).
- Borja, S., Nevado, P., & Dick, D. (2016). *Evaluación del color del epicarpio de tomate (*Solanum lycopersicum*) en el espacio cromático CIELab, en relación a sus propiedades fisicoquímicas, en el proceso de maduración*. [Tesis previa a la obtención

del Título de ingeniero Agroindustrial y Comercio Exterior, Universidad Señor de Sipán]. [http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/3181/Borja Santiago - Nevado Chauca.pdf?sequence=8&isAllowed=y](http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/3181/Borja_Santiago_-_Nevado_Chauca.pdf?sequence=8&isAllowed=y)

Capriles, V. D. (2012). Avaliação da qualidade tecnológica de snacks obtidos por extrusão de grão integral de amaranto ou de farinha de amaranto desengordurada e suas misturas com fubá de milho Quality assessment of snacks obtained by extrusion of whole amaranth. *Braziiian Journal of Food Technology*, 15, 21–29.

Carrillo, M. G. V., Camarillo, J. P. P., Casillas, J. M. H., De La Luz Marrufo Diaz, M., & Ruiz, E. M. (2010). Calidad de grano y de tortillas de maíces criollos del altiplano y valle del mezquital, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(4), 49–56.

Castellanos, F., Pinedo, C., & Hernández, O. (2012). Comparación entre fritura atmosférica y a vacío en chips de plátano. *Vitae*, 19, 198–200.

Caviedes, M., Albán, M. G., & Zambrao, C. Y. (2017). Memorias de la XXII Reunión Latinoamericana del Maíz- Calidad Nutricional del Maíz. *USFQ*, 9, 28.

Caviedes, M., Moreno, F., & Silva, E. (1990). Nueva variedad de maíz INIAP -192 (chulpi mejorado). *INIAP (Estación Experimental Santa Catalina)*.
<http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>

Cazar, M. (2012). Implementación de una planta industrial dedicada a la producción y comercialización de camote y yuca frito como snacks alternativos de consumo en la ciudad de Milagro. [Tesis previa a la obtención de Título de Ingeniería Comercial, Universidad Estatal de Milagro].
[http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/1874/1/Implementación de una planta agroindustrial dedicada a la producción y comercialización de camote y yuca fritos como snacks alternativos de consumo en la ciudad de Milagro.pdf](http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/1874/1/Implementación_de_una_planta_agroindustrial_dedicada_a_la_producción_y_comercialización_de_camote_y_yuca_fritos_como_snacks_alternativos_de_consumo_en_la_ciudad_de_Milagro.pdf)

Centeno, C., & Jaramillo, M. (2013). Estudio de factibilidad para la creación de la microempresa, productora y distribuidora de loncheras escolares a base de snacks naturales y frutos deshidratados, ubicada en la parroquia de Alóag, Cantón Mejía. [Tesis previa a la obtención de Título de Ingeniería en Finanzas, Universidad Central del Ecuador].

Chávez Navarro, V. J., & Moreno Alvarado, G. S. (2018). Diseño de un sistema de gestión de calidad basado en la norma ISO 9001:2008 para una planta procesadora de snacks

andinos [Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina].

[http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3572/chavez-navarro-vanessa-](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3572/chavez-navarro-vanessa-johana.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2107/H10-R67-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.lamolina.edu)

[johana.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2107/H10-R67-](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2107/H10-R67-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.lamolina.edu)

[T.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.lamolina.edu](http://repositorio.lamolina.edu)

Chong, M., Mazzitelli, G., & Quintero, R. (2019). Efecto de los métodos de cocción por fritura en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de chips de taro (*Colocasia esculenta*). *I+D Tecnológico*, 15(1), 30–37. <https://doi.org/10.33412/idt.v15.1.2095>

Chuchuca Moran, G. W., Dick Zambrano, A. K., & Peñafiel Ube, J. F. (2012).

Implementación y Validación de una Metodología Económica para la Medición de Color Aplicada en Alimentos [Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, Escuela Superior Politecnica del Litoral].

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Cóndor, D. (2018). *Efecto del proceso de tostación con microondas sobre el grado de maíz chulpi (Zea mays sacchara) y sus características geométricas*. (Issue Figura 1) [Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniera Agrónoma, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15627/1/T-UCE-0001-CAG-008.pdf>

Coral, J. (2017). *Caracterización morfológica y agronómica de dos genotipos de maíz (Zea mays L.) en la zona media de la parroquia de Malchingui*. [Tesis previa a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, Universidad Central del Ecuador].

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13056/1/T-UCE-0004-42-2017.pdf>

Coronel, M. (2014). *Fritura al Vacío : Un enfoque nutricional (Vacuum Frying : A nutritional approach)*. 15–24.

Correa, M., Pérez, C., Teresa, A., Villegas, D., & Marina, A. (2018). Evaluación de la propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de Ñame Congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *Saber*, 26(2), 182–187.

Crosa, M. J., Elichalt, M., Skerl, V., Cadenazzi, M., Olazábal, L., Silva, R., Suburú, G., Torres, M., Vilaró, F., & Estellano, G. (2014). Chips de papa, la fritura en vacío y

- beneficios para la salud. *Innotec*, 0(9), 70–74.
- Cueto, M. A. (2016). Transformaciones físico-químicas de granos de maíz en la elaboración de laminados y extrudados para el desayuno. In *Facultad de Ciencias Exactas Y Naturales - Universidad de Buenos Aires*. Tesis de doctorado, Universidad de Buenos Aires.
- Cueva Vásquez, M. X. (2014). *Evaluación de la cinética del color durante el proceso de fritura al vacío de papa (solanum tuberosum)* [Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, Universidad Tecnológica Equinoccial].
http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5055/1/55237_1.pdf
- Delmoro, J., Muñoz, D., Nadal, V., Clemente, A., & Pranzetti, V. (2010). *El Color En Los Alimentos: determinación de color en mieles*. <https://studylib.es/doc/8833404/-1--el-color-en-los-alimentos--determinación-de-color-en->
- Diamante, L. M., Shi, S., Hellmann, A., & Busch, J. (2015). Vacuum frying foods: Products, process and optimization. *International Food Research Journal*, 22(1), 15–22.
- Dobarganes, C., & Márquez-ruiz, G. (2000). Interactions between fat and food during deep-frying. *Instituto de La Grasa*, 102, 521–528.
- Dueik, V., & Bouchon, P. (2011). Development of healthy low-fat snacks: Understanding the mechanisms of quality changes during atmospheric and vacuum frying. *Food Reviews International*, 27(4), 408–432. <https://doi.org/10.1080/87559129.2011.563638>
- Dueik, Veronica, & Bouchon, P. (2011). Vacuum Frying as a Route to Produce Novel Snacks with Desired Quality Attributes According to New Health Trends. *Journal of Food Science*, 76(2). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01976.x>
- El Telégrafo. (2017, September 30). *El Telégrafo - Noticias del Ecuador y del mundo - La producción de maíz cubre demanda del 90%*.
<https://www.letelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/la-produccion-de-maiz-cubre-demanda-del-90>
- Fan, L. P., Zhang, M., & Mujumdar, A. S. (2005). Vacuum frying of carrot chips. *Drying Technology*, 23(3), 645–656. <https://doi.org/10.1081/DRT-200054159>
- FAO. (1993). *El maíz en la nutrición humana - Composición química y valor nutritivo del maíz*. Fao. <http://www.fao.org/3/t0395s/t0395s03.htm>

- FAO. (2018). Macronutrientes: carbohidratos, grasas y proteínas. *Nutrición Humana En El Mundo En Desarrollo*.
- Fellows, P. J. (2017). *Food processing technology-principles and practice (4 eds)* (N. Bandeira (ed.)). Elsevier.
- Gamarra, A. O. (2018). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pulpa de café (*coffea arabica*) en el color , textura y contenido de minerales en galletas dulces Línea : Recursos , transformación y agroindustrial Sub línea : Pos cosecha y transforma. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- García-Segovia, P., Urbano-Ramos, A. M., Fiszman, S., & Martínez-Monzó, J. (2016). Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried cassava chips (*Manihot esculenta* Crantz). *LWT - Food Science and Technology*, *69*, 515–521. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.014>
- García, J.F., Elizarraraz, M., Sosa, M. E., Gómez, J. A., & Cerón, A. (2019). *Caracterización colorimétrica y propiedades fisicoquímicas en bebida a base de café soluble*. *4*, 782–790.
- Garzón-García, A. M., Dussán-Sarria, S., & Melo-Sevilla, R. E. (2018). Estudio de la Variación de Parámetros de Color del Yacón utilizando un Prototipo de Medición de Color y Temperatura. *Información Tecnológica*, *29*(6), 75–82. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000600075>
- Gómez, S., Martínez, J., & García, P. (2013). Efecto de las condiciones de fritura al vacío en el procesado de chips de kiwi (*Actidinia chinensis*). [Tesis de masterado, Universidad Politécnica de Valencia].
- González-Cortés, N., Silos-Espino, H., Estrada Cabral, J. C., Chávez-Muñoz, J. A., & Tejero Jiménez, L. (2017). Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *7*(3), 669. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i3.326>
- González, A., Alvis, A., & Arrázola, G. (2015). Efecto del recubrimiento comestible en las propiedades de trozos de batata (*Ipomoea Batatas* Lam) fritos por inmersión. Parte 1: Textura. *Informacion Tecnologica*, *26*(1), 95–102. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000100011>

- Granados, C., Acevedo, D., Cabeza, A., & Lozano, A. (2014). Análisis de perfil de textura en plátanos Pelipita, Hartón y Topocho. *Informacion Tecnologica*, 25(5), 35–40. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000500006>
- Guiné, R. P. F., & Barroca, M. J. (2012). Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioproducts Processing*, 90(1), 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.01.003>
- Gutiérrez-Coronado, M. L., Coronado-Amaya, E., Vázquez-Ortíz, F. A., López-Franco, Y. L., & Ortega-Corona, A. (2010). Caracterización física y química de maíz de calidad proteínica mejorada Physical and chemical characterization of quality protein maize. *CyTA-Journal of Food*, 7(2), 111–118. <https://doi.org/10.1080/19476330902940416>
- Guzmán, D. (2017). *Etapas Fenológicas del Maíz (Zea mays l.) Var. Tusilla bajo las Condiciones Climáticas del Cantón Cumandá, Provincia de Chimborazo*. [Tesis previo a la obtención del título de Ingeniero agropecuario, Universidad Técnica de Ambato]. [http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25123/1/tesis 029 Ingeniería Agropecuaria - Guzman Dennys - cd 029.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25123/1/tesis%20029%20Ingenier%C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Guzman%20Dennys%20-%20cd%20029.pdf)
- Hermiyanty, Wandira Ayu Bertin, D. S. (2017). Mejoramiento de maíz con calidad de proteína. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 8, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 28(3), 718–726. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612008000300031>
- Hernández, M. (2013). Aplicación de recubrimiento comestible para reducir la absorción de aceite durante el proceso de freido en los alimentos. In *Journal of Petrology* (Vol. 369, Issue 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Hleap Borrero, J., & Velasco, V. (2010). Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*oreochromis sp.*). *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 8(2), 46–56.
- Idowu, A. O., & Aworh, O. C. (2014). Optimization of some processing conditions for Kokoro production using response surface methodology. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 16(2), 187–195.

- Inen. (1995). Granos y cereales. Maíz molido, sémola, harina, griz. Requisitos. *Nte 2051*, 1988, 11.
- INIAP. (2014). *Maíz suave*. <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rmaizs>
- Jiménez-Juárez, J., Arámbula-Villa, G., Cruz-Lázaro, E. de la, Aparicio-Trápala, M., Arámbula-Villa, G., La Cruz-Lázaro, E., & Aparicio Trápala, M. (2012). Característica del grano, masa y tortilla producida con diferentes genotipos de maíz del trópico mexicano. *Universidad y Ciencia*, 28(2), 145–152. <https://doi.org/10.19136/era.a28n2.22>
- Jin, C., Wu, X., & Zhang, Y. (2013). Relationship between antioxidants and acrylamide formation: A review. *Food Research International*, 51(2), 611–620. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.047>
- Jodar, M. (2018). *Snackificación : un nuevo concepto de consumo*. <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/consumidor/snacks-nuevo-concepto-consumo/>
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B., & Marinos-Kouris, D. (2001). Colour changes during deep fat frying. *Journal of Food Engineering*, 48(3), 219–225. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00161-8](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00161-8)
- López, G. (2019). *Caracterización de la percepción oral de la textura de seis alimentos sólidos*. 127. http://oa.upm.es/56908/1/TFG_GONZALO_BIELZA_LOPEZ_MANTEROLA.pdf
- Lu, R. (2013). Principles of solid food texture analysis. *Instrumental Assessment of Food Sensory Quality*, 103–128. <https://doi.org/10.1533/9780857098856.1.103>
- Lupano, C. (2013). Modificaciones de componentes de los alimentos: Cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento. In *Universidad Nacional de la Plata: Vol. Primera*.
- Maity, T., Bawa, A. S., & Raju, P. S. (2014). Effect of vacuum frying on changes in quality attributes of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) Bulb slices. *International Journal of Food Science*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/752047>
- Maldo, P. A., & Conti-Silva, A. C. (2014). Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Journal of Food Engineering*, 121(1), 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.007>

- Males, J. (2017). *El oro indígena base de una cultura y de la cocina autóctona*. [Tesis previo a la obtención del título de Licenciada en Arte Culinario y Administración de Alimentos y Bebidas, Universidad San Francisco de Quito].
<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7072/1/135701.pdf>
- Mansilla, P. (2018). Evaluación del valor nutricional de maíces especiales (*Zea mays* L.):selección para la calidad agroalimentaria [Tesis Doctorado, Universidad Nacional de Córdoba]. [https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/6107/Mansilla%2C P. S. Evaluación del valor nutricional de maíces especiales...pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/6107/Mansilla%2C%20P.%20S.%20Evaluaci%20n%20del%20valor%20nutricional%20de%20ma%20ices%20especiales...pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Marchesino, M., López, P., Guerberoff, G., & Olmedo, R. (2020). Los procesos de fritura y su relación con los valores nutricionales y la inocuidad: una visión integral desde la seguridad alimentaria. *Nexo Agropecuario*, 8(1), 43–51.
- Martínez Cruz, M. (2011). Caracterización morfoagronómica y nutricional, de una colección cubana de maíz (*Zea Mays* L.). *INCA (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas)*, May. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1208.4084>
- Martínez Cruz, M., Pérez, R. O., & Raigón, M. D. (2017). Contenido De Fósforo, Potasio, Zinc, Hierro, Sodio, Calcio Y Magnesio, Análisis De Su Variabilidad En Accesiones Cubanas De Maíz. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 92–101.
<https://doi.org/10.1234/ct.v38i1.1343>
- Medina Lopez, P. (2013). *Evluación sensorial del pan de pulque* [Tesis previo a la obtención del título de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro].
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/532/62679s.pdf?sequence=1>
- Mehrjardi, P. Y., Tarzi, B. G., & Bassiri, A. (2012). Developing vacuum fried pumpkin (cucurbita moschata dutch) snack. *World Applied Sciences Journal*, 18(2), 214–220.
<https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2012.18.02.648>
- Méndez-Montevalvo, G., Solorza-Feria, J., Velázquez del Valle, M., Bello-Pérez, L. A., Gómez-Montiel, N., & Paredes-López, O. (2005). Chemical composition and calorimetric characterization of hybrids and varieties of maize cultivated in México. *Agrociencia*, 39(3), 267–274.
- Meneses, E. (2011). *Determinación del valor calórico en los platos típicos de la gastronomía*

ecuatoriana usando herramientas informáticas, Riobamba 2010. file://valor calorico platos tipicos del Ecuador.pdf

Mir-Bel, J., Oria, R., & Salvador, M. L. (2009). Influence of the vacuum break conditions on oil uptake during potato post-frying cooling. *Journal of Food Engineering*, 95(3), 416–422. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.06.001>

Mir-Bel, J., Oria, R., & Salvador, M. L. (2012). Deep-fat frying under moderate vacuum of potato cylinders. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(7), 1369–1377. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.02982.x>

Montes de Oca Rosales, L. (2019). *Efecto Del Tratamiento De Freido, Adicion De Scelite Fresco Y Tipo De Alimento Sobre La Estabilidad Oxidativa De Un Aceite Vegetal* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de México]. [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/104908/MCARN-LMOR-0519%28sin datos sensibles%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/104908/MCARN-LMOR-0519%28sin%20datos%20sensibles%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Montes, N., Millar, I., Provoste, R., Martínez, N., Fernández Débora, Morales, G., & Valenzuela, R. (2016). *Absorción de aceite en alimentos fritos*. 87–91. chrome-extension://dagcmkpagjlhakfdhnbomgmjdpkdklff/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fscielo.conicyt.cl%2Fpdf%2Frcnut%2Fv43n1%2Fart13.pdf

Mostacilla, S., & Ordóñez, A. (2019). Evaluación De Los Parámetros De Textura En Un Snack a Partir De Una Mezcla De Cereales Desarrollado En La Empresa Segalco S.a.S. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). Universidad del Cauca.

Muñoz Bonilla, S. C. (2015). *Obtención de chips de melloco (Ullucus tuberosus) mediante la aplicación de fritura al vacío*. 6. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Narváez Acaro, J. A. (2013). *Proyecto de exportación de maíz chulpi de Ecuador al mercado Brasil* [Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Empresarial, Escuela Poletécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7121/1/CD-5309.pdf>

Navas, V., Beatriz, P., & Carlos, J. (2015). Características Sensoriales De Papas Tipo Bastón Fritas En Aceites Condimentados. *Ciencias Básicas Y Tecnología*, 27(2), 286–292. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427742245010>

- Neethu, K. C., Sharma, A. K., Pushpadass, H. A., Emerald, F. M. E., & Manjunatha, M. (2016). Prediction of convective heat transfer coefficient during deep-fat frying of pantoa using neurocomputing approaches. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 34, 275–284. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.02.012>
- NTE INEN 2561:2010. (2010). *NTE INEN 2 561:2010 BOCADITOS DE PRODUCTOS VEGETALES . REQUISITOS*.
- Ordoñez, M., Gely, M., & Pagano, A. (2012). Estudio De Las Propiedades Físicas Y De La Cinética De Secado De Granos De Maiz Colorado Duro. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 3(3), 153–171.
- Ortíz, A. S. (2010). *"Determinación De La Composición Química Proximal Y Fibra Dietaria De 43 Variedades Criollas De Maíz De 7 Municipios Del Estado De Hidalgo [Tesis previo a la obtención del título de Licenciado en Nutrición, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]*.
[http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/630/Determinacion quimica proximal y fibra dietaria.pdf?sequence=1](http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/630/Determinacion%20quimica%20proximal%20y%20fibra%20dietaria.pdf?sequence=1)
- Palacios-Rojas, N. (2018). *Calidad nutricional e industrial de Maíz*.
conservacion.cimmyt.org/en/component/.../2022-calidad-de-grano-para-tecnicos-
- Paliwal, R. L., Gonzalo Granados, H. R. L., Violic, A., & Marathée, J. P. (2001). *EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS: Mejoramiento y producción*.
http://www.fao.org/3/003/x7650s08.htm#P0_0
- Pasquel, J. (2016). *Evaluación de dos compuestos balanceado de maíz suave "mishca" (Zea mays L.) provenientes de medios hermanos y hermanos completos , Ascazubi, Pichincha. (Issue August) [Tesis previo a la obtención de título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Central del Ecuador]*.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6752/5/T-UCE-0004-08.pdf>
- Pedreschi, F., & Moyano, P. (2005). Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips. *LWT - Food Science and Technology*, 38(6), 599–604.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.08.008>
- Peñaherrera, D. (INIAP). (2011). Manejo integrado del cultivo de maíz de altura. *INIAP (Estación Experimental Santa Catalina)*, 55.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3302/1/iniapscpm190.pdf>

- Pillajo García, J. P. (2014). *Estudio del proceso para la obtención de chips salados de mashua*. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero de Alimentos, Universidad tecnológica equinoccial.
- Pillajo, J., Bravo-Vásquez, J., & Vernaza, M. G. (2019). Effect of cooking and salt concentration in the pre-treatment of salted mashua (*Tropaeolum tuberosum*) Chips Obtained by Vacuum Frying. *Informacion Tecnologica*, 30(4), 13–21.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000400013>
- Pineda-Gómez, P., Coral, D. F., Arciniegas, M. L., Rorales Rivera, A., & Rodríguez García, M. E. (2010). Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetría diferencial de barrido. *Ingeniería y Ciencia - Ing.Cienc.*, 6(11), 129–141.
<http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/252>
- Pintor, A. M., Hernández, M. Y., Ricaurte, L., Alonso, J., & Cubides, P. (2016). Caracterización Químico-Energetica de dos variedades de queso fresco, haciendo uso del factor Atwater y calorimetría. *Alimentos Hoy*, 24(38), 34–61.
- PRO ECUADOR. (2018a, November 23). *Tendencia de alimentos en Estados Unidos – PRO ECUADOR*. <https://www.proecuador.gob.ec/tendencia-de-alimentos-en-estados-unidos/>
- PRO ECUADOR. (2018b, November 30). *Tendencia de consumo hacia snacks saludables en el mercado húngaro – PRO ECUADOR*. <https://www.proecuador.gob.ec/tendencia-de-consumo-hacia-snacks-saludables-en-el-mercado-hungaro/>
- PROCHILE. (2017). *Tendencias de snacks saludables en Ecuador*. 5.
<http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/reglamentos/reglamentos.pdf>
- Quan, X., Zhang, M., Fang, Z., Liu, H., Shen, Q., & Gao, Z. (2016). Low oil French fries produced by combined pre-frying and pulsed-spouted microwave vacuum drying method. *Food and Bioprocess Processing*, 99(1), 109–115.
<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.04.008>
- Ramírez Botero, C., Gómez Ramírez, B., Suaterna Hurtado, A., Martínez Galán, J., Cardona Zuleta, L., & Alberto Rojano, B. (2012). Content of total polar compounds in previously used cooking oils most marketed in Medellín (Colombia). *Perspectivas En Nutrición Humana*, 14(1), 59–69.

- Romaña, D. L. De, D, C. C., & Diazgranados, D. (2010). *EL ZINC EN LA SALUD HUMANA – I ZINC IN HUMAN HEALTH - I*. 37(1), 234–239.
- Romero, A. (2018). *Análisis nutricional comparativo entre snacks de mangala (Xanthosoma saggitifolium) y papa china (Colocasia esculenta) mediante la fritura convencional* [Universidad Nacional de Chimborazo].
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4680/1/UNACH-EC-ING-AGRO-2018-0003.pdf>
- Rosales, J., & Tang, T. (2006). Composición Química Y Digestibilidad De Insumos Alimenticios De La Zona De Ucayali. *Folia Amazónica*, 8(2), 13.
<https://doi.org/10.24841/fa.v8i2.318>
- Rosero, J. (2014). “La realidad tras las cifras.” *INEC*, 4.
- Saavedra, W. C. (2017). *Análisis de Textura en Cereales* [Universidad Nacional de Trujillo].
http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9783/SAAVEDRA_YSLADO_WILBER_CESAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Salinas, Y., Pérez, P., Castillo, J., & Álvarez, L. (2003). Relación De Amilosa: Amilopectina En El Almidón De Harina Nixtamalizada De Maíz Y Su Efecto En La Calidad De La Tortilla Amylose: Amylopectin Ratio in Starch of Nixtamalized Maize Flour and Its Relationship With Tortilla Quality. *Artículo Científico Rev. Fitotec. Mex*, 26(2), 115–121.
- Serpa, A. M., Vélez, L. M., Barajas, J. A., Castro, C. I., & Gallego, R. (2016). Compuestos de hierro para la fortificación de alimentos: El desarrollo de una estrategia nutricional indispensable para países en vía de desarrollo. - Una revisión TT - Iron compounds for food fortification: The development of an essential nutritional str. *Acta Agronómica*, 65(4), 340–353. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n4.50327>
- Severini, C., Baiano, A., De Pilli, T., Carbone, B. F., & Derossi, A. (2005). Combined treatments of blanching and dehydration: Study on potato cubes. *Journal of Food Engineering*, 68(3), 289–296. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.045>
- Sevilla, G., Martínez, J., García, P., & Bello, A. (2012). *Evaluación de diferentes técnicas de deshidratación para la obtención de chips de pomelo mediante fritura a vacío*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Silva Edison, Jorge, D., & Jorge, H. (1997). Variedades de maíz amarillo harinoso precoz

- para la provincia de Imbabura. *INIAP (Estación Experimental Santa Catalina)*.
- Singh, R. P., & Debnath, S. (2011). Heat and Mass Transfer in Foods During Deep-Fat Frying. In *Batters and Breadings in Food Processing* (Second Edi, Issue Singh). AACC International, Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-1-891127-71-7.50016-4>
- Singh, V., Guizani, N., Al-Alawi, A., Claereboudt, M., & Rahman, M. S. (2013). Instrumental texture profile analysis (TPA) of date fruits as a function of its physico-chemical properties. *Industrial Crops and Products*, 50(March), 866–873. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.08.039>
- Sobukola, O. P., Dueik, V., Munoz, L., & Bouchon, P. (2013). Comparison of vacuum and atmospheric deep-fat frying of wheat starch and gluten based snacks. *Food Science and Biotechnology*, 22(SUPPL. 1), 177–182. <https://doi.org/10.1007/s10068-013-0064-2>
- Solarte-Montúfar, J. G., Díaz-Murungal, A. E., Osorio-Mora, O., & Mejía-España, D. F. (2019). Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón. Procedente de Tres Variedades de Papa Criolla. *Información Tecnológica*, 30(6), 35–44. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000600035>
- Taboada, N. (2017). El zinc y el cobre: micronutrientes esenciales para la salud humana. *Acta Médica Del Centro*, 11(2), 79–89.
- Talens Oliag, P. (2017a). Caracterización de las propiedades mecánicas de alimentos mediante análisis de perfil de textura. *Universitat Politècnica de València*, 1–6. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2005.08560.x>
- Talens Oliag, P. (2017b). Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB. *Universidad Politecnica de Valencia*. <http://hdl.handle.net/10251/83392>
- Tapia, G. (2020). *Evaluación del comportamiento del maíz (Zea mays L.), variedad INIAP 122 bajo dos densidades poblacionales y cuatro niveles de nitrógeno en siembra directa* [Universidad Técnica del Norte]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21507>
- Tipán Rojas, E. (2017). *Aplicación de fritura al vacío y convencional en dos variedades de papa (Solanum tuberosum) para fritura: Premium Y Allipacha*. 95.
- Tirado, D., Acevedo, D., & Guzmán, L. (2012). *Freído por inmersión de los alimentos*. <https://books.google.com.ec/books?id=3TwxnjXcXPcC&pg=PA73&lpg=PA73&dq=des>

naturalizacion+de+proteinas+por+temperatura+en+el+proceso+de+fritura&source=bl&ots=olIvLwkvxc&sig=ACfU3U2pyXRqavS3noFqAVx27ZNtEaOFJA&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiF5MHC1_LpAhVldt8KHamyBvYQ6

- Torres, J., Alvis, A., Gallegos, L., Acevedo, D., Piedad, M., & Francisco, C. (2018). Optimización del proceso de fritura por inmersión de la arepa con huevo utilizando metodología de respuesta. *Chil Nutr*, 45(1), 50–59. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182018000100050>
- Torres, J. D., Acevedo, D., & Montero, P. M. (2017). Efectos de la Fritura al Vacío en los Atributos de Calidad de Arepa con Huevo. *Informacion Tecnologica*, 28(1), 99–108. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000100010>
- UNED. (2019). *EL VALOR ENERGÉTICO DE LOS ALIMENTOS*. <http://www.castelseras.com/Recetas/alimento/valener.htm>
- Untuña, P. (2013). *Estudio del efecto de la fritura al vacío sobre los atributos de calidad de chips de para nativa*. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Urango, L. (2018). Componentes del maíz en la nutrición humana. *Revistas UdeA*, 185–209. <file:///C:/Users/EDI/Downloads/336229-Texto del capítulo-161342-1-10-20181031.pdf>
- Urbano R., A. M., García S., P., & Martínez M., J. (2012). *EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DE YUCA (Manhiot CHIPS*. 1–20.
- Urrunaga, A., Pico, J., & Encalada, E. (2016). Exportación De Snacks Elaborados a Base De Camote, Zanahoria Blanca Y Plã Tano Hacia Ciudad De Montreal-Canadá. In *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* (Issue 2016_08).
- Valdez Espino Krystel Cecilia. (2014). *ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE PRODUCTOS SNACKS PROCESADOS EN LA EMPRESA PROCESO VELSAC.SAC MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y SENSORIALES*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CALLAO .
- Valencia, F., Cortes, M., & Roman, M. (2013). Cinética del color durante el almacenamiento de caramelos blandos de uchuva adicionados de calcio y sin sacarosa. *Revista Lasallista de Investigacion*, 9(2), 11–25.
- Vilchis, R. (2019). Evaluación de las propiedades físicas y viscoelásticas de granos de trigo (*Tricum aestivum* L.), centeno (*Secale cereale* L.) y triticale (X *Triticosecale*

- Wittmack). In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Villamizar, R. H., Quiceno, M. C., & Giraldo, G. A. (2011). *EN LA OBTENCIÓN DE PASABOCAS DE MANGO (Manguifera indica L .) COMPARISON OF ATMOSPHERIC AND VACUUM FRYING IN OBTAINING SNACK OF MANGO (Manguifera indica L .)*. 16(1), 64–74.
- Villaroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Almidón resistente: características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Scielo*, 45(3), 271–278.
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v45n3/0717-7518-rchnut-45-03-0271.pdf>
- Vivas Arroyo, O. Y. (2009). *Perfil Descriptivo Cuantitativo Y De Textura De Productos Elaborados Con Harinas De Leguminosas Fermentadas* [Universidad Simón Bolívar].
<http://www.aulavirtual-exactas.dyndns.org/claroline/backends/download.php?url=L0hPUk5FQURPLzQtVGVzaXNfcGVyZmlsX2RlX3RleHR1cmFfZGVfcHJvZHVjdG9zX2VsYWJvcmlkbnNfY25faGFyaW5hLnBkZg%3D%3D&cidReset=true&cidReq=OPTRCA>
- Voyer, L. E. (2019). *ARTÍCULO ESPECIAL REACCIÓN DE MAILLARD . EFECTOS PATOGENICOS Glicación endógena Efectos patogénicos*. 137–143.
- Wellhausen, E., Roberts, L. M., Hernandez, E., & Mangelsdorf, P. (1952). Races of maize in Mexico. *National Academy Of Ciencias - National Research Council*, 1–2.
[file:///c:/Users/Cesar Tapia/Desktop/Wellhausen. Razas de maiz en mexico.pdf](file:///c:/Users/Cesar%20Tapia/Desktop/Wellhausen.%20Razas%20de%20maiz%20en%20mexico.pdf)
- Yagua, C. V., & Moreira, R. G. (2011). Physical and thermal properties of potato chips during vacuum frying. *Journal of Food Engineering*, 104(2), 272–283.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.12.018>
- Yáñez, C., Zambrano, J., Caicedo, M., & Heredia, J. (2013). *Guía de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras*. 96, 24–32.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2435>
- Yáñez, C., Zambrano, J., Caicedo, M., Sanchez, V., & Heredia, J. (2003). *Cátalo de recursos genéticos de maíces de altura ecuatorianos*.
<http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Yépez, C. (2012). *Estudio del efecto del tratamiento de tostación con microondas sobre el grano de maíz de endospermo harinoso*. [Escuela Politécnica Nacional].

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4935/1/CD-4467.pdf>

Zhang, T., Li, J., Ding, Z., & Fan, L. (2016). Effects of Initial Moisture Content on the Oil Absorption Behavior of Potato Chips During Frying Process. *Food and Bioprocess Technology*, 9(2), 331–340. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1625-6>

Zhang, X., Zhang, M., & Adhikari, B. (2020). Recent developments in frying technologies applied to fresh foods. *Trends in Food Science and Technology*, 98(September 2018), 68–81. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.007>

Zhu, B., Li, B., Gao, Q., Fan, J., Gao, P., Ma, M., & Feng, X. (2013). Predicting texture of cooked blended rice with pasting properties. *International Journal of Food Properties*, 16(3), 485–499. <https://doi.org/10.1080/10942912.2011.555899>

Zuluaga, N. (2018). El análisis sensorial de alimentos como herramienta para la caracterización y control de calidad de derivados lácteos [Universidad Nacional de Colombia]. In *Universidad Nacional de Colombia. Medellin*. <http://bdigital.unal.edu.co/61962/1/1128280679.2018.pdf>

5 ANEXOS

5.1 ANEXO 1. Pruebas DMS para la variable Humedad

Prueba de Diferencia Mínima Significativa para el factor B

FACTOR	MEDIAS	RANGO
B2	1,51	A
B1	4,52	B

Medias con iguales letras no son significativamente diferentes ($\alpha > 0,05$)

5.2 ANEXO 2. Pruebas DMS para la variable Extracto Etéreo

Prueba de Diferencia Mínima Significativa para el factor B

FACTOR	MEDIAS	RANGO
B1	9,24	A
B2	13,3	B

Medias con iguales letras no son significativamente diferentes ($\alpha > 0,05$)

5.3 ANEXO 3. Métodos de análisis físicos de la materia prima

- **Densidad aparente (peso hectolítrico)**

Peso hectólitro es el peso de una masa de granos que ocupa el volumen de 100 L. Por ser el hectólitro un volumen muy grande, en el laboratorio se determina utilizando una balanza hectolítrica. El cereal se coloca hasta el enrase del envase previamente tarado y se pesa.

- **Masa de mil granos**

La determinación de la masa de mil granos se realizó el conteo de 100 granos y posteriormente se pesó y este valor se lo multiplica por 10 obteniendo la masa de mil granos.

- **Color**

El color es uno de los parámetros más importantes, por lo cual para su determinación se utilizó el colorímetro de alimentos LANGE espectro-color.

Así mismo se calculó el cambio general de color (ΔE) respecto al producto sin procesar (estándar) utilizando la ecuación 2:

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L)^2 + (a^* - a)^2 + (b^* - b)^2} \quad (2)$$

Donde:

L^* = Luminosidad del Tratamiento, L = luminosidad estándar

a^* = coordenada colorimétrica del tratamiento, a = coordenada colorimétrica estándar

b^* = coordenada colorimétrica del tratamiento, b = coordenada colorimétrica estándar

Nota: parámetros de luminosidad, coordenadas colorimétricas a y b son adimensionales.

5.4 ANEXO 4. Métodos de análisis proximal

➤ **Humedad**

Se determinó mediante el método 930.15, A.O.A.C.

Fundamento

Se basa en la determinación de la cantidad de agua existente en la muestra. Se realiza para poder expresar los resultados en base seca. Por diferencia se obtiene el contenido de materia seca en la muestra.

Procedimiento

- Lavar los crisoles con agua destilada, secar en una estufa a 105° C por 8 h, sacar en un desecador y una vez fríos pesar.
- Se pesa de 1 a 2 g de muestra molida en los crisoles, se lleva a la estufa a 105° C por 12 h (preferible una noche), se saca los crisoles con la muestra en un desecador hasta que estén fríos y se pesan.

Cálculos

Se utilizó la siguiente ecuación:

(3)

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_{cmh} - P_{cms}}{P_{cmh} - P_c} \times 100$$

Donde:

P_c = masa del recipiente (g)

P_{cmh} = masa del recipiente más muestra húmeda (g)

Pcms = masa del recipiente más muestra seca (g)

➤ **Ceniza**

Método 923.03, A.O.A.C.

Fundamento

Se fundamenta en la eliminación total del material orgánico presente en la muestra por calcinación en una mufla a 600 °C previo a una pre-calcinación. El material inorgánico que no se destruye se denomina ceniza o residuo remanente.

Procedimiento

- Pesar 2 g de muestra en un crisol. Colocar en una mufla a 600° C y mantener a esta temperatura por 2 h, hasta que la ceniza adquiera un color blanco o grisáceo.
- Transferir la cápsula a un desecador, enfriar a temperatura ambiente y pesar.

Cálculo

(4)

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{Pcz - Pc}{Pm} \times 100$$

Donde:

Pcz = masa del crisol más ceniza (g)

Pc = masa del crisol (g)

Pm = masa de la muestra (g)

➤ **Proteína**

Método 955.39, A.O.A.C.

Fundamento

El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio al ser digeridas en ácido sulfúrico en ebullición, el residuo se enfría, se diluye en agua y se agrega hidróxido de sodio, se procede a destilar. El amoniaco presente se desprende y se recibe en una solución de ácido bórico, que luego se titula con ácido clorhídrico estandarizado.

Procedimiento

Digestión

- Pesar exactamente 0,04 g de la muestra, colocar dentro del balón de digestión, añadir 0,5 g de catalizador y 2 ml de ácido sulfúrico al 92 %.
- Colocar los balones en el digestor micro Kjeldahl en los calentadores a 500 ° C hasta que la solución adquiera una coloración verde cristalina. Retirar los balones del digestor y enfriar.

Destilación

- Colocar la muestra en el destilador, añadir 10 ml de hidróxido de sodio al 50 %, destilar recogiendo el destilado en 6 ml de ácido bórico al 4 % hasta obtener 60 ml de volumen.

Titulación

- Al destilado se agrega 4 gotas del indicador mixto y se titula con ácido clorhídrico 0,02 N hasta que la solución cambie de color. Se realiza también una titulación con un blanco.

Cálculos

(5)

$$\% \text{Nitrogeno} = \frac{\text{mlH}_2\text{SO}_4 * \text{NH}_2\text{SO}_4 * \text{meqN}}{g} \times 100$$

Donde:

ml H₂SO₄: mililitro de ácido sulfúrico

N H₂SO₄: normalidad de ácido sulfúrico

g: gramos de muestra

(6)

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrogeno} \times 6,25$$

➤ Extracto etéreo

Método 920.39C, A.O.A.C.

Fundamento

El solvente utilizado se condensa continuamente extrayendo materiales solubles al pasar a través de la muestra. El extracto se recoge en un vaso que al completar el proceso se destila quedando en el vaso el extracto graso de la muestra por medio de la extracción directa SOHXLET.

Procedimiento

- Lavar los vasos de destilación con agua destilada y llevar a la estufa a 105 °C por 2 h, retirar los vasos en un desecador, enfriar, pesar, y añadir 200 ml de hexano.
- Pesar de 1 a 2 g de muestra, mezclar con 2 a 3 g de sulfato de sodio anhidro, colocar en un cartucho limpio y tapar con algodón.
- Depositar el cartucho con la muestra dentro del dedal de vidrio y colocar dentro del vaso con hexano, montar el equipo Soxhlet, abrir la llave de agua fría para el refrigerante, extraer la grasa por 4 h.
- Secar el vaso de destilación con el residuo en una estufa a 105 °C por 7 h retirarlos de la estufa en un desecador, se enfría y se pesa.

Cálculo

(7)

$$\text{Extracto etéreo}\% = \frac{Pvr - Pv}{Pm} \times 100$$

Donde:

EE= Extracto etéreo (%)

Pv= masa del vaso tarado (g)

Pvr= masa del vaso más residuo (g)

Pm= masa de la muestra (g)

➤ **Fibra**

Método 978.10, A.O.A.C.

Fundamento

Permite determinar el contenido de fibra en la muestra, luego esta deber ser digerida con dos tipos de soluciones, una ácida y otra básica como lo son el ácido sulfúrico e hidróxido de sodio. Después de la calcinación, habrá una diferencia de pesos la cual nos permitió indicar la cantidad de fibra presente.

Procedimiento

- Para iniciar se procede a un proceso previo de secado a la muestra en una estufa a 70°C. Se pesa 2g de muestra y en un matraz se añade 200ml de ácido sulfúrico a 0.25 y gotas antiespumantes.
- Se somete a ebullición durante 30 min en el condensador, rotando constantemente.
- Se filtra el contenido resultante a través de un embudo Büchner y se lava con 75 ml de agua hirviendo repitiendo el proceso por tres veces.
- Se retorna el residuo al desecador y se calienta por tres min, rotando el matraz periódicamente. Se repite el proceso de lavado, con 25 ml de ácido sulfúrico con tres repeticiones y 25 ml de etanol al 95%.
- Se transfiere el residuo al crisol y se seca en la estufa a 130°C por dos horas. Se enfría en un desecador para registrar su peso.

Cálculo

(8)

$$\% \text{ Fibra} = \frac{A-B}{C} \times 100$$

Donde:

A = masa del crisol con el residuo seco

B = masa del crisol con la ceniza

C = masa de la muestra

➤ Carbohidratos

El contenido de carbohidratos de un alimento se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\%C.T = 100 - (\%Humedad + \%Proteína + \%Extracto Etéreo + \%Cenizas)$$

(9)

➤ Almidón

Método Goñi y col 1997

Fundamento

Este método permite cuantificar el contenido total de almidón en muestras vegetales. Para ello se procede a la solubilización del almidón en un medio alcalino para, a continuación, hidrolizar totalmente con amiloglucosidasa los enlaces glucosídicos α -1.4 y α -1.6 de las cadenas de amilosa y amilopectina constituyentes del almidón. La hidrólisis completa con

amiloglucosidasa rinde glucosa libre, la cual es cuantificada espectrofotométricamente mediante el empleo de un test enzimático que contiene glucosa-oxidasa y peroxidasa.

Procedimiento

- Pesar 50 mg de muestra en tubos de centrífuga de 50 ml de capacidad
- Añadir 3 ml de agua destilada y 3 ml de KOH 4 M, mezclar y agitar vigorosamente a temperatura ambiente durante 30 min.
- Añadir aproximadamente 5,5 ml de HCL 2 M y 3 ml de tampón acetato sódico 0,4 M, ajustar a pH 4,75.
- Añadir 60 µl de suspensión de amiloglucosidasa. Mezclar e incubar a 60 °C durante 45 min. En un baño con agitación.
- Centrifugar y recoger los sobrenadantes en matraces aforados. Lavar al menos con 10 ml de agua destilada y repetir la centrifugación.
- Preparar una solución patrón de glucosa o agua (blanco de reactivos)
- Poner 2 ml de solución en cada tubo, previamente diluida colocar en un baño de hielo – agua y añadir 4 ml de antrona. Preparar un blanco de antrona.
- Agitar los tubos sobre el vórtex y colocar en ebullición durante 10 min exactos
- Colocar los tubos en un baño de agua – hielo, agitar y esperar 10 min para eliminar burbujas de aire.
- Leer la absorbancia a 625 nm.

➤ **Amilosa**

Método MO-LSAIA-0A (2000). Por la técnica de Marrison y Laignelet.

Fundamento

En este método los gránulos de almidón son dispersados con etanol y luego gelatinizados con hidróxido de sodio. Después se toma una alícuota la cual es acidificada y se le agrega una solución de yodo para formar un complejo de color azul. Este complejo es cuantificado espectrofotométricamente para después ser comparado contra una curva estándar.

Procedimiento

- Pesar 100 mg de muestra en balones de 100 ml

- Agregar 1 ml de etanol al 95 % agitar y añadir 9 ml de NaOH 1 N, evitando que la muestra se pegue a las paredes del balón. Permitir que la gelatinización suceda a temperatura ambiente, durante 24 horas, sin agitación.
- Aforar a 100 ml con agua destilada.
- Tomar 2,5 ml en balones volumétricos de 50 ml con 30 ml de agua.
- Colocar 0,5 ml de ácido acético 1 N y 1 ml de solución de yodo al 2 %
- Agitar, aforar y dejar en reposo a temperatura ambiente, en la oscuridad por 30 min.
- Pasar la muestra a las celdas del colorímetro y leer a 620 nm.

➤ **Amilopectina**

El contenido de amilopectina se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

(10)

$$\%Amilopectina = \%Almidón - \%Amilosa$$

➤ **Azúcares**

Método Dobois y Hamilton, 1956

Procedimiento

Preparación de los estándares

- Preparar un patrón de 0,5 g de glucosa en 100 ml de alcohol al 80%.
- Tomar 1 ml y diluir a 100 ml, concentración obtenida 50 mg/L
- Preparar una curva de concentración entre 100 y 50 mg/ L.

Preparación de la muestra

- Licuar 15 g de mezcla con 40 ml de alcohol al 80%
- Filtrara la solución
- Aforar el filtrado hasta un volumen conocido.
- Diluir la solución
- Poner 2 ml de solución en cada tubo, previamente diluida, colocar en un baño de hielo-agua y añadir 4 ml de reactivo antrona, preparar un blanco de antrona.
- Agitar los tubos sobre el vórtex y colocar en ebullición durante 10 min exactos.
- Colocar los tubos en un baño de agua- hielo, agitar y esperar 10 min para eliminar burbujas de aire.

- Leer la absorbancia a 625 nm.

➤ **Hierro (Fe)**

Método A.O.A.C. (1997) Núm. 944.02

La muestra es incinerada y luego se somete a digestión ácida, se afora a un volumen determinado y se determina los diferentes minerales por espectrofotometría de absorción atómica.

➤ **Zinc (Zn)**

Método A.O.A.C. (1997) Núm. 944.02

La muestra es incinerada y luego se somete a digestión ácida, se afora a un volumen determinado y se determina los diferentes minerales por espectrofotometría de absorción atómica.

Las muestras para el análisis de minerales y fibra fueron enviadas al laboratorio de servicios de análisis e investigación en alimentos (INIAP – Santa Catalina)

5.5 ANEXO 5. Métodos Análisis de textura instrumental

➤ **Dureza**

Para el análisis de textura instrumental se trabajó, en un analizador de textura TA-XT2i. Micro systems Goalming UK con una carga de 5 kg y una punta cilíndrica de acero inoxidable con un diámetro de 5 mm (P5)

La fuerza necesaria para comprimir el 40% de la altura de la muestra se midió en Newtons.

➤ **Adhesividad**

Se utilizó el texturómetro antes mencionado, y es el área de fuerza negativa que se obtiene tras la primera compresión y que representa el trabajo necesario para separar el émbolo de compresión del alimento.

➤ **Fracturabilidad**

Se utilizó el texturómetro antes mencionado, es la fuerza con la que la muestra se desmorona, agrieta o rompe.

La fuerza necesaria para comprimir el 40% de la altura de la muestra se midió en Newtons

➤ **Elasticidad**

Se utilizó el texturómetro antes mencionado, Elasticidad o altura que el alimento recupera respecto a la que tenía inicialmente durante el tiempo que transcurre desde que acaba la primera compresión hasta que empieza la segunda.

5.6 ANEXO 6. Plantilla para evaluar la textura descriptiva con panelistas semi-entrenados.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Nombre: _____ Fecha: _____

EVALUACIÓN DE TEXTURA DESCRIPTIVA DE MAÍZ SOMETIDO A FRITURA AL VACÍO

Instrucciones: Frente a usted se encuentra una muestra de maíz sometido a fritura al vacío, de acuerdo a los atributos a evaluar, deguste y señale según su criterio con una línea vertical en las siguientes escalas.

ATRIBUTOS

DUREZA

	0		5		10	
KSM	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
SST	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
D2S	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
EEN	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
JGT	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
AAT	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
MIR	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					

CRUGENCIA

	0		5		10	
KSM	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
SST	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
D2S	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
EEN	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
JGT	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
AAT	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
MIR	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----					

Peso creciente

RESISTENCIA A LA RUPTURA

CÓDIGO

0

5

10



ADHERENCIA

CÓDIGO

0

5

10



OBSERVACIONES

5.7 ANEXO 7. Plantilla de análisis de aceptabilidad en panelistas semi-entrenados



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Nombre: _____ Edad _____ Fecha: _____

EVALUACIÓN DE ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE MAÍZ SOMETIDO A FRITURA AL VACÍO

Instrucciones: Frente a usted se encuentra una muestra de maíz sometido a fritura al vacío, de acuerdo a los atributos a evaluar, deguste y marque con una "X" en la categoría correspondiente.

COLOR

Código de muestras	Me gusta			No me gusta Ni me Disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
K6M							
S3T							
D2S							
E8N							
J8T							
A4T							
M1R							

SABOR

Código de muestras	Me gusta			No me gusta Ni me Disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
K6M							
S3T							
D2S							
E8N							
J8T							
A4T							
M1R							

OLOR

Código de muestras	Me gusta			No me gusta Ni me Disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
K6M							
S3T							
D2S							
E8N							
J8T							
A4T							
M1R							

TEXTURA (CROCANCIA)

Código de muestras	Me gusta			No me gusta Ni me Disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
K6M							
S3T							
D2S							
E8N							
J8T							
A4T							
M1R							

ACEPTABILIDAD GLOBAL

Código de muestras	Me gusta			No me gusta Ni me Disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
K6M							
S3T							
D2S							
E8N							
J8T							
A4T							
M1R							

De las muestras degustadas indique ¿Cuál (código) fue de su mayor agrado?: _____

OBSERVACIONES:

5.8 ANEXO 8. Norma INEN 2051: 2013 granos y cereales

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	CEREALES Y LEGUMINOSAS MAÍZ MOLIDO, SÉMOLA, HARINA, GRITZ REQUISITOS	NTE INEN 2051:2013 Primera revisión 2013-09
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir: el maíz entero molido, la sémola, harina y gritz del maíz desgerminado, para consumo humano, alimento zootécnico y uso industrial.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma no se aplica a las sémolas instantáneas, harinas y sémolas enriquecidas, harinas a utilizarse como coadyuvantes de cervecería, y las destinadas a la fabricación de almidón, harinas precocidas.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Aflatoxina. Grupo de metabolitos altamente tóxicos, producidos por algunas cepas de los hongos relacionados con el deterioro de los alimentos.</p> <p>3.2 Maíz molido infestado. Maíz molido que contiene insectos vivos en cualquiera de sus estados biológicos.</p> <p>3.3 Maíz dañado por hongos. Maíz que ha sufrido deterioro en su estructura debido a la acción de hongos.</p> <p>3.4 Maíz molido. Es el producto de la molturación del grano entero de maíz <i>Zea mays</i> L.</p> <p>3.5 Harina de maíz, Sémola, Gritz. Son alimentos que se obtienen de granos de maíz <i>Zea mays</i> L., con madurez comercial, en buen estado, sanos, exentos de impurezas, moho, semillas de malas hierbas, y otros cereales, mediante el proceso de molienda, en el que se pulveriza el grano hasta obtener un grado de finura, y eliminando gran parte del salvado y del germen. La diferente denominación se debe a la granulometría del producto.</p> <p>3.6 Otras definiciones constan en la NTE INEN 2050.</p> <p style="text-align: center;">4. REQUISITOS</p> <p>4.1 Requisitos específicos</p> <p>4.1.1 El maíz molido y los demás derivados de la molienda del maíz (harina, sémola y gritz) deben ser inocuos y apropiados para consumo humano.</p> <p>4.1.2 El maíz molido y los demás derivados de la molienda del maíz (harina, sémola y gritz) deben estar exentos de sabores y olores extraños y de insectos vivos. No deben presentar infestación.</p> <p>4.1.3 El maíz molido y los demás derivados de la molienda del maíz (harina, sémola y gritz) deben estar exentos de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos), en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.</p> <p>4.1.4 Requisitos del maíz molido</p> <p>4.1.4.1 Se considera maíz en grano molido cuando el 100% de la masa (peso) total del producto molturado, no pasa a través del tamiz INEN 1,18 mm (ASTM número 16). NTE INEN 154.</p> <p>4.1.4.2 Se permite como máximo el 5% de granos de otros colores, cuando se trate de maíz molido amarillo o de otros colores; en tanto que para el caso de maíz molido blanco, no se aceptará más del 2% de maíz de otros colores</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

4.1.4.3 *Requisitos físicos.* El maíz molido debe cumplir con los requisitos indicados en la tabla 1.

TABLA 1. Requisitos físicos del maíz

REQUISITO	VALORES	
	Mínimo	Máximo
Humedad, %(m/m)	-	13,0%
Materias orgánicas extrañas, %(m/m)	-	1,5%
Materias inorgánicas extrañas, % (m/m)	-	0,5%
Suciedad, %(m/m)	-	0,1%

NOTA: Las materias orgánicas extrañas son componentes orgánicos que no sean granos de cereales comestibles (semillas extrañas, tallos, etc). Las materias inorgánicas extrañas se definen como componentes inorgánicos (piedras, polvo, etc). Suciedad son las impurezas de origen animal (incluidos insectos muertos). Además debe estar exento de las siguientes semillas tóxicas o nocivas que, en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana: la crotalaria (*Crotalaria spp.*), la nequilla (*Agrostemma githago L.*), el ricino (*Ricinus communis L.*), el estramonio (*Datura spp.*) y otras semillas, son comúnmente reconocidas como nocivas para la salud.

4.1.4.4 *Requisitos bromatológicos.* El maíz molido debe cumplir con los requisitos indicados en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos bromatológicos del maíz molido

REQUISITOS	% MINIMO	% MAXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
PROTEINA	8,0	----	NTE INEN 543
GRASA	----	3,1	NTE INEN 523
CENIZA	----	3,0	NTE INEN 520
FIBRA	----	2,5	NTE INEN 522

4.1.4.5 *Requisitos microbiológicos.* El maíz molido debe cumplir con los requisitos indicados en la tabla 3.

TABLA 3. Requisitos microbiológicos del maíz

MICROORGANISMO	N	c	VALORES	
			m	M
Mohos	5	2	10 ²	10 ³

En donde:

- n = Número de muestras que se van a examinar
- c = Número de muestras permisibles con resultados entre m y M
- m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad
- M = Índice máximo permisible para identificar nivel de calidad aceptable.

4.1.4.6 *Contaminantes.* El límite máximo de metales pesados en el maíz molido debe cumplir con los requisitos indicados en la tabla 4.

TABLA 4. Contaminantes

Metal	Requisito
Plomo, mg/kg	0,2
Aflatoxinas , ug/kg (ppb)	20

4.1.4.7 El maíz molido se ajustará a los límites máximos de residuos de plaguicidas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius, CAC/LMR 01-2009.

5.9 ANEXO 9. Norma INEN 2561: 2010 requisitos de productos vegetales fritos.

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	BOCADITOS DE PRODUCTOS VEGETALES. REQUISITOS.	NTE INEN 2 561:2010 2010-10
	<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>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.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a los productos fritos u horneados que se comercializan envasados, tales como: hojuelas, productos extruidos, granos y cereales dilatados.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <i>Bocadito</i>. Son los productos alimenticios que permiten mitigar el hambre sin llegar a ser una comida completa, se los conoce como pasabocas, snacks, botanas.</p> <p>3.1.2 <i>Hojuelas</i>. Son las láminas de un tubérculo, raíz tuberosa, fruta, semillas que se forman por moldeado de una masa.</p> <p>3.1.3 <i>Hojuelas fritas</i>. Son los productos que se obtienen de un proceso de fritura de las hojuelas con aceites comestibles a altas temperaturas.</p> <p>3.1.4 <i>Extruidos</i>. 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.</p> <p>3.1.5 <i>Cereales dilatados</i>. Son los productos que se expanden o incrementan su volumen por aplicación de calor.</p> <p style="text-align: center;">4. REQUISITOS</p> <p>4.1 Requisitos específicos</p> <p>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).</p> <p>4.1.2 El producto debe presentar el color, olor, sabor y textura característicos</p> <p>4.1.3 Se permite la adición de los aditivos y colorantes establecidos en la NTE INEN 2 074</p> <p>4.1.4 Se permite la adición de especias y condimentos para conferir las características sensoriales deseadas</p> <p>4.1.5 No se permite la adición directa de antioxidantes y conservantes, su presencia se debe únicamente al efecto de transferencia.</p>	

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.

5.10 ANEXO 10. Análisis fisicoquímicos

HUMEDAD		
		
ESTUFA		DESECADOR
PROTEÍNA		
DIGESTOR		
EXTRACTO ETÉRO		
		
		EQUIPO DE SOXHLET
CENIZAS		
		
BALANZA ANALÍTICA	MUFLA	CRISOLES CON MUESTRA

ALMIDÓN



COCCIÓN

BALONES Y AGITADOR

AMILOSA

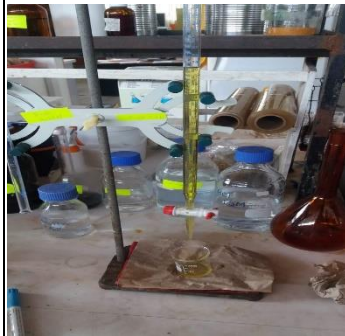
DETERMINACIÓN DE AMILOSA



AZÚCAR



DETERMINACIÓN DE AZUCARES



TITULACIÓN CON ANTRONA



COLOR



ESPECTRO COLOR

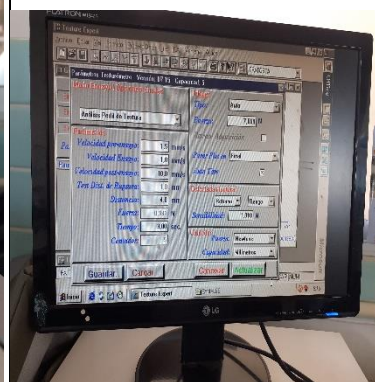


ANÁLISIS TEXTURA SENSORIAL



ANÁLISIS TEXTURA INSTRUMENTAL

TEXTURÓMETRO



5.11 ANEXO 11. Análisis físico- químico de la materia prima.



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Katherin Simbaña
DIRECCIÓN: Tabacundo – Pichincha
FECHA DE EMISIÓN: 08-02-2019
ANÁLISIS SOLICITADO: Análisis físicos y químicos de materias primas

Parámetro analizado	Unidad	Resultados			Método de ensayo
		Maíz Chulpi INIAP 192	Maíz Chulpi ecuatoriano	Maíz Chaucho INIAP 122	
Humedad	%	12,09	12,17	12,55	AOAC 930.15
Cenizas	%	1,97	2,08	1,50	AOAC 923.03
Proteína	%	9,16**	8,85**	7,91**	AOAC 955.39
Extracto etéreo	%	7,68	6,86	5,00	AOAC 920.85
Fibra bruta	%	4,21	3,71	3,33	AOAC 978.10
Carbohidratos	%	79,34	81,36	81,31	Cálculo
Almidón	%	52,12**	63,23**	71,97**	Goffi y col 1997
Amilosa	%	17,45	23,25	30,75	Morrison y Laignelet
Amilopectina	%	82,55	78,75	69,25	Cálculo
Azúcares	%	11,41	3,91	8,94	Dobols y Hamilton
Fe	ppm	38,00	27,50	23,00	AOAC 978.10
Zn	ppm	3,00	38,50	35,50	AOAC 999.11
Peso hectolítrico	kg/Hl	64,75	59,25	64,5	INEN 1 464. 1987-07.1
Peso de mil granos	g	272,54	303,12	586,99	INEN 1514

** base seca


Ph.D. Elena Villacrés
RESPONSABLE TÉCNICO



5.12 ANEXO 12. Análisis proximal de producto terminado.





INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Katherin Simbaña									
DIRRECCIÓN: Tabacundo – Pichincha									
FECHA DE EMISIÓN: 10-06-2020									
ANÁLISIS SOLICITADO: Análisis proximal de producto terminado									

Parámetro analizado	Unidad	Tratamientos							Método de ensayo
		T1 (Chulpi INIAP 192 +11,3 kPa)	T2 (Chulpi ecuatoriano + 8,9 kPa)	T3 (Chaucho INIAP 122 + 11,3 kPa)	T4 (Chulpi INIAP 192 + 8,9 kPa)	T5 (Chulpi ecuatoriano + 11,3 kPa)	T6 (Chulpi INIAP 122+ 8,9 kPa)	T7 (testigo)	
Humedad	%	1,35	4,67	1,28	4,62	1,97	4,27	0,93	AOAC 930.15
Ceniza	%	-	-	-	1,41	-	-	1,33	AOAC 923.03
Proteína	%	-	-	-	8,30	-	-	7,19	AOAC 955.39
Extracto etéreo	%	12,72	8,65	12,59	9,29	14,07	9,79	20,51	AOAC 920.85
Fibra D	%	-	-	-	8,79	-	-	10,64	AOAC 978.10
Carbohidratos	%	-	-	-	72,21	-	-	60,33	Cálculo
Hierro	ppm	-	-	-	29,5	-	-	28	AOAC 978.10,
Zinc	ppm	-	-	-	31	-	-	36	AOAC 999.11
Color	ΔE	27,17	31,2	36,96	24,14	29,6	46,9	30,09	colorimetría
Valor energético	kcal/100 g	-	-	-	405,57	-	-	454,67	Cálculo



PhD. Elena Villacrés
RESPONSABLE TÉCNICO

