

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Efecto del proceso de fritura en el contenido de antocianinas en
empanadas elaboradas con mezclas de harina de trigo - maíz morado**

(Zea mays L.)

Ana Lucía Lizano Prado

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de

Ingeniería de Alimentos

Quito, Diciembre de 2012

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Efecto del proceso de fritura en el contenido de antocianinas en
empanadas elaboradas con mezclas de harina de trigo - maíz morado
(*Zea mays L.*)**

Ana Lucía Lizano Prado

Stalin Santacruz, Ph.D
Director de Tesis

Javier Garrido, M.Sc
Codirector de Tesis
y Coordinador de Ing. Alimentos

Lucía Ramírez, Ph.D
Miembro del Comité de Tesis

Santiago Gangotena, Ph.D
Decano del Colegio de Ciencias e Ingeniería

Quito, Diciembre de 2012

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Ana Lucía Lizano Prado

C. I.: 1720949773

Fecha: 12/18/2012

DEDICATORIA

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en mi educación, tanto académica como de la vida, por su incondicional apoyo, comprensión y sus consejos en los momentos difíciles. Admiro su fortaleza y dedicación, hoy gracias a ustedes puedo alcanzar una de las metas más importantes de mi vida.

A mi hermano, tías, primos, abuelos y amigos.

Gracias por los momentos compartidos y por haber fomentado en mí el deseo de superación.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis, Ph.D Stalin Santacruz quién con sus conocimientos y experiencia ha sido un aporte invaluable en el desarrollo de este proyecto.

A todos mis profesores por su gran apoyo y motivación para la culminación de mi formación académica y en especial a los miembros del Tribunal: M.Sc Javier Garrido y Ph.D Lucía Ramírez.

A Ph.D Mario Caviedes y al personal del Programa Nacional de Maíz de la Estación Santa Catalina perteneciente al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), por facilitarme las muestras utilizadas en esta tesis.

Al Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología, de la Escuela Politécnica Nacional, por su colaboración en el análisis de las pruebas reológicas efectuadas.

Y a todos quienes en una u otra forma colaboraron para el éxito de este trabajo.

RESUMEN

La presencia de antocianinas en las variedades pigmentadas del maíz, le hace un producto potencial para el suministro de colorantes y antioxidantes naturales. Por esto el estudio de los pigmentos del maíz morado (*Zea mays L.*) ha despertado un interés en la industria de alimentos, que conlleva a utilizarlo como materia prima para la elaboración de productos con valor agregado. Sin embargo, se dispone de información limitada sobre el efecto que tienen los procesos de cocción de alimentos en el contenido de antocianinas. La presente investigación evalúa la estabilidad de las antocianinas en empanadas elaboradas a partir de harina de maíz morado, después de haber sido sometidas al proceso de fritura. Se trabajó con mezclas de harinas de trigo comercial y harina de maíz morado, variedad mejorada obtenida del Programa Nacional de Maíz perteneciente al INIAP, en proporciones del 10, 20 y 30% (p/p), que fueron caracterizadas mediante un estudio reológico, a través de un análisis farinográfico y extensográfico. Para la preparación de empanadas se usó además, tres tipos distintos de grasa: mantequilla, aceite y manteca vegetal, obteniéndose un total de 9 tratamientos, cada tratamiento fue analizado por triplicado. Se midieron como variables: humedad, absorción lipídica, tiempo de fritura y cuantificación de antocianinas. Para el análisis estadístico se empleó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 3^2 y los datos fueron interpretados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias usando la prueba de Tukey. Todos los tratamientos mostraron diferencias significativas entre ellos, con un error del 1%. Adicionalmente, se determinó que la mezcla de harinas fue el único factor que influyó significativamente sobre las variables del estudio, permitiendo así la utilización de distintos tipos de grasa en base a la friabilidad del producto que se requiera obtener. Las sustituciones de hasta el 30% de harina de trigo por maíz morado presentaron características apropiadas para la elaboración de productos de panificación sometidos a un proceso de fritura. Se estableció también, un contenido de antocianinas monoméricas de 1553 mg cianidina-3- β -glucósido/100 g de harina de maíz morado. El efecto del proceso de fritura sobre el contenido de antocianinas, mostró una degradación promedio del 22% del pigmento correspondiente a los 9 tratamientos analizados, siendo los sistemas de alta temperatura y corto tiempo los más adecuados para conservar el color de los alimentos. Finalmente, la aplicación de los mejores tratamientos, las formulaciones preparadas con 30% de maíz morado y la utilización de aceite (A) y manteca vegetal (M), nomenclatura correspondiente a 30A y 30M fueron evaluadas mediante un análisis sensorial, donde la prueba triangular efectuada detectó diferencia entre ambas muestras, demostrando que el tipo de grasa afecta significativamente ($p < 0.01$) en la aceptación del producto. Asimismo, se estudió la percepción del consumidor con respecto al producto, determinando una actitud de compra favorable del 94% e identificando su insatisfacción hacia la apariencia del alimento. Futuras investigaciones deberían analizar el uso de enzimas y mejoradores en las mezclas de harinas con el fin de optimizar las características reológicas de las masas. Por otro lado, se recomienda trabajar con marketing y publicidad para familiarizar al consumidor con el producto.

ABSTRACT

The presence of anthocyanins in the pigmented varieties of corn makes it a potential product for the supply natural colorants and antioxidants. Thus the study of pigments from purple corn (*Zea mays L.*) has generated interest in the food industry, leading to use as feedstock for the production of value - added products. However, limited information is available on the effect of cooking processes on the anthocyanin concentration. This research assesses the stability of anthocyanins in empanadas, a traditional meal in Latin America, made from purple corn flour after being fried. Partial replacement of commercial wheat flour with purple corn flour, variety obtained from National Corn Program belong to INIAP, in proportions of 10, 20 and 30% (w/w) were characterized by a rheological study, through a farinograph and extensigraph analysis. For the preparation of empanadas were used three different types of fat: butter, vegetable oil and shortening, yielding a total of 9 treatments. Moisture, lipid absorption, frying time and quantification of anthocyanins were measured; each treatment was tested three times. For statistical analysis, completely randomized design with a factorial arrangement of 3^2 was used, and the experimental data were interpreted by analysis of variance (ANOVA). Tukey test was conducted to evaluate mean differences. All treatments showed significant differences between them with an error of 1%. In addition, it was determined that the mixture of flours was the only factor that significantly influences on the variables studied, allowing the use of different types of fat based on the friability of the product will required to produce. It was found that substitutions of up to 30% of purple corn flour have appropriate characteristics for the preparation of bakery products after frying process. It was also established the monomeric anthocyanin content of purple corn flour, exhibited 1553 mg cyanidin-3- β -glucoside/100 g. The effect of frying process on the anthocyanin content showed an average 22% degradation of the pigment corresponding to the 9 treatments analyzed. Therefore, high - temperature and short-time systems are the most suitable for preserving the foods color. Finally, the application of the best treatments, formulations made with purple corn 30% and use vegetable oil (A) and shortening (M), nomenclature of 30A and 30M were evaluated by sensory analysis. Where the triangle test found significant difference between both samples, this results leads to the conclusion that the type of fat affects significantly ($p < 0.01$) in the product acceptance. Furthermore, it was studied consumer perceptions on the product. It was determined a favorable attitude of purchase about 94% and identified their discontent with the product appearance. Future research should analyze the use of enzymes and improvers in flour mixtures to optimize the rheological characteristics of dough. Moreover, it is recommended working together with marketing and advertising to familiarize consumers with the product.

TABLA DE CONTENIDO

1. Objetivos.....	13
2. Justificación.....	13
3. Revisión de la literatura	14
3.1 Generalidades	14
3.2 Maíz morado	15
3.3 Producción y Exportación de maíz morado en Perú	16
3.4 Maíz morado en el Ecuador	17
3.5 Antocianinas	18
3.5.1. Estructura y Coloración	19
3.5.2. Estabilidad	20
3.5.3. Efectos sobre la Salud	22
3.5.4. Antocianinas en el Maíz morado	24
3.6. Proceso de Fritura	25
3.6.1. Tipos de fritura	26
3.6.2. Cambios durante la fritura	26
3.6.3. Aceite de fritura	28
4. Materiales.....	34
4.1. Selección de materia prima.....	34
5. Metodología.....	34
5.1. Obtención de harina de maíz morado	34
5.2. Preparación de empanadas.....	35
5.3. Distribución del tamaño de partícula	37
5.4. Pruebas reológicas	37
5.4.1. Farinograma Brabender	37
5.4.2. Extensograma Brabender	38
5.5. Pruebas analíticas	38
5.5.1. Determinación de Extracto Etéreo	38
5.5.2. Determinación de Proteína	39
5.5.3. Determinación de Humedad	39
5.5.4. Absorción Lipídica	39

5.5.5. Tiempo de Fritura	39
5.5.6. Cuantificación de Antocianinas por Espectrofotometría	40
6. Diseño experimental y Análisis estadístico.....	41
7. Estudio Sensorial	43
7.1. Prueba Triangular	43
7.2. Grupo Focal	44
8. Resultados y Discusión	45
8.1. Distribución del tamaño de partícula	45
8.2. Pruebas reológicas	48
8.3. Análisis proximal	55
8.4. Pruebas analíticas - Diseño experimental	56
8.4.1. Determinación de Humedad	56
8.4.2. Absorción Lipídica	60
8.4.3. Tiempo de Fritura	63
8.4.4. Cuantificación de Antocianinas	65
8.4.4.1. Estabilidad de Antocianinas	70
8.5. Ponderación de Variables	71
8.6. Estudio de Costos	73
8.7. Estudio Sensorial	74
8.7.1. Prueba Triangular	74
8.7.2. Grupo Focal	75
9. Conclusiones.....	77
10. Recomendaciones.....	78
11. Bibliografía.....	79
12. Anexos.....	91
12.1. Anexo 1. Cuestionarios - Estudio sensorial	91
12.2. Anexo 2. Corrección para obtener el peso de harina	92
12.3. Anexo 3. Diagramas obtenidos por el Farinógrafo.....	93
12.4. Anexo 4. Diagramas obtenidos por el Extensógrafo	96
12.5. Anexo 5. Información nutricional de la materia prima.....	99
12.6. Anexo 6. Imágenes del procesamiento de empanadas	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de ácidos grasos en los aceites comunes para fritura	28
Tabla 2. Principales compuestos formados durante la fritura	29
Tabla 3. Composición de ácidos grasos en la oleína de palma	33
Tabla 4. Ingredientes utilizados en la preparación de empanadas	34
Tabla 5. Porcentajes usados en la preparación de empanadas	35
Tabla 6. Porcentaje de agua usado en la preparación de empanadas	36
Tabla 7. Tratamientos	41
Tabla 8. Composición de la masa base para cada tratamiento	42
Tabla 9. Evaluación sensorial de la formulación 30A y 30M	44
Tabla 10. Distribución del tamaño de partícula de la harina de trigo	45
Tabla 11. Distribución del tamaño de partícula de la harina de maíz morado	47
Tabla 12. Farinograma para las mezclas de harina	48
Tabla 13. Extensograma para las mezclas de harina luego de 135 min.	52
Tabla 14. Resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de humedad de los tratamientos antes del proceso de fritura	56
Tabla 15. Contenido de humedad de los tratamientos antes del proceso de fritura	57
Tabla 16. Resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de humedad de los tratamientos después del proceso de fritura	58
Tabla 17. Contenido de humedad de los tratamientos después del proceso de fritura	59
Tabla 18. Resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) de la absorción lipídica de los tratamientos	60
Tabla 19. Absorción lipídica de los tratamientos	61
Tabla 20. Resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) del tiempo de fritura de los tratamientos	63
Tabla 21. Tiempo de fritura de los tratamientos	64
Tabla 22. Resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de antocianinas de los tratamientos antes del proceso de fritura	66
Tabla 23. Contenido de antocianinas de los tratamientos antes del proceso de fritura	66
Tabla 24. Resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de antocianinas de los tratamientos después del proceso de fritura	68
Tabla 25. Contenido de antocianinas de los tratamientos después del proceso de fritura	69

Tabla 26. Estabilidad de las antocianinas en los tratamientos sometidos al proceso de fritura	70
Tabla 27. Ponderación de variables	71
Tabla 28. Tabla de ponderación de variables para cada tratamiento analizado	72
Tabla 29. Costo de las materias primas para la elaboración de empanadas de trigo – maíz morado	73
Tabla 30. Costo de la producción por unidad de empanada de trigo - maíz morado	73
Tabla 31. Prueba de identificación de tríos para las formulaciones 30A y 30M	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución general de Racimo de uva ecuatoriano	16
Figura 2. Estructura y sustituyentes de las antocianinas	19
Figura 3. Curva espectrofotométrica de la degradación de las antocianinas del jugo de uva durante el almacenamiento	22
Figura 4. Distribución del tamaño de partícula de la harina de trigo	46
Figura 5. Distribución del tamaño de partícula de la harina de maíz morado	47
Figura 6. Actitud de compra ante los tratamientos 30A y 30M	75
Figura 7. Evaluación del aspecto a mejorar en los tratamientos 30A y 30M	76

1. OBJETIVOS

GENERAL

- Evaluar el efecto del proceso de fritura en el contenido de antocianinas en empanadas elaboradas con mezclas de harina de trigo- maíz morado (*Zea mays L.*)

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar las propiedades reológicas de la masa en los tres porcentajes de mezcla, por medio de dos pruebas empíricas (farinograma y extensograma).
- Ensayar con tres tipos distintos de grasas en el desarrollo de empanadas preparadas con maíz morado.
- Verificar la calidad de las empanadas elaboradas a base de harina de trigo y maíz morado, mediante la valoración de sus características físicas, químicas y sensoriales.
- Obtener un alimento con propiedades antioxidantes beneficiosas para la salud del consumidor.

2. JUSTIFICACIÓN

El problema de la baja demanda nacional de los cultivos de maíz morado, puede ser atribuido en parte, al desconocimiento de la composición química, sus propiedades nutritivas y funcionales (Mayorga, 2010). Por lo que esta investigación, busca rescatar el uso del maíz morado en preparaciones alimenticias y de esta manera, contribuir a mejorar su demanda y consumo.

El maíz morado es rico en fitoquímicos, principalmente compuestos fenólicos y antocianinas, siendo la cianidina-3- β -glucósido su pigmento mayoritario, estas poseen conocidas propiedades farmacológicas, nutraceúticas y efectos benéficos para la salud humana (Cuevas *et al.*, 2008). Es por esta razón que el maíz morado ha despertado un interés en la industria de alimentos, que conlleva a utilizarlo como materia prima para la elaboración de productos con valor agregado. Sin embargo, se dispone de información limitada sobre el efecto que tienen los procesos de cocción de alimentos en el contenido de antocianinas (Acevedo, 2003).

A través de este estudio, se evaluará la estabilidad de las antocianinas frente al proceso de fritura bajo condiciones controladas, logrando abrir una nueva perspectiva para la obtención de productos a base de harina de maíz morado que cumplan además con las características físicas, químicas y sensoriales adecuadas.

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

3.1 Generalidades

El continuo crecimiento de la población mundial, particularmente el de las áreas urbanas, está acompañado de una creciente demanda en el consumo de trigo y por lo tanto de la necesidad de incrementar continuamente la producción de este cereal. Para el año 2010, la superficie cosechada fue de 14.566 ha con una producción de 13.163 Tm y un rendimiento de 0,9 Tm/ha (MAGAP, 2010).

El destino que se da a la producción de trigo nacional así como volúmenes de trigo importado indica que entre el 50-60% se utiliza en panificación, 20-30% en la fabricación de fideo, 10-15% en galletería, 5-7% en la fabricación de balanceados y entre el 1-2% a la industria maderera (Proyecto SICA- BM/MAG, 2002).

El trigo es el principal cereal demandado por la industria molinera en el país, sin embargo, su producción siempre ha sido deficitaria. El bajo rendimiento se debe principalmente a la insuficiente tecnología aplicada en el proceso de producción; debido a esto, las importaciones abastecen el 96% de la demanda nacional, pues la producción interna tan solo logra cubrir el 4% del requerimiento total.

Un buen porcentaje del trigo importado proviene de Canadá. En el 2009 este país vendió al Ecuador alrededor de 222 mil Tm por un valor de 120 millones de dólares. Le siguen en importancia Estados Unidos, Argentina y Alemania (MAGAP, 2010).

A medida que han aumentado los ingresos de las personas, el pan y los alimentos derivados del trigo han dejado de ser considerados alimentos de primera necesidad en algunas partes del mundo y, por lo tanto, las exigencias de los consumidores son cada vez mayores. Es por esta razón, que la industria panadera ha respondido desarrollando productos de panificación que formen parte de los alimentos funcionales (Lascano, 2010).

Por lo anterior, una buena solución es la mezcla de harina de trigo con otros cereales para la elaboración de productos de panificación con el aporte de otros nutrientes que la harina de trigo no posee. De este modo, esta investigación busca rescatar el uso del maíz en las preparaciones alimenticias debido a su gran valor nutricional, funcional y cultural.

En la sierra del Ecuador el cultivo de maíz es uno de los más importantes debido a la superficie sembrada y al papel que cumple como componente básico de la dieta de la población rural. La superficie cosechada como maíz suave alcanza las 76.417 ha con una producción de 44.447 Tm y con un rendimiento promedio de 0,58 Tm/ha (MAGAP, 2010).

La distribución de algunas variedades de maíz, mayormente cultivados en las provincias de la sierra, se debe principalmente a gustos y costumbres de los agricultores, es así por ejemplo, que en el norte (Carchi, Imbabura y Pichincha) se consume maíces de tipo amarillo harinoso, en la parte central (Chimborazo y Bolívar) se cultivan los maíces blanco harinosos y en el sur (Cañar y Azuay) el maíz Zhima (INIAP, 2011).

En el país existe una gran diversidad genética, representada en alrededor de 29 razas de maíz. Dos factores son la causa de esa gran diversidad: la variación en usos y la variación ecológica. La diversidad fenotípica del maíz en la región andina se expresa en una extraordinaria variabilidad en color, tamaño, forma, textura del grano y de la mazorca. De entre las principales razas que todavía se cultivan en la sierra del Ecuador se encuentran: el Cuzco ecuatoriano (Zhima), Canguil ecuatoriano, Morochón, Patillo, Kcello, Chaucho, Chulpi y Racimo de uva de la cual proviene el maíz morado (Jacho, 2009).

3.2 Maíz morado

Esta variedad de maíz pertenece a la familia poaceae, cuyo nombre científico es *Zea mays L.*, la raza de la cual proviene se conoce como Racimo de uva. Es originario de los Andes Peruanos, única en el mundo por poseer la coronta y los granos de un color morado característico, debido al pigmento que posee denominado antocianina. En el Perú su consumo es popular y masivo en forma de chicha morada y mazamorra morada (Arroyo *et al.*, 2007).

En el Ecuador el maíz morado se cultiva en el callejón Interandino entre los 2200 y 2800 msnm, tal como se muestra en la Figura 1. Por lo general la mayoría de los productores siembran desde septiembre hasta mediados de enero, coincidiendo la siembra con el inicio del período de lluvias, obteniendo de esta manera un mayor grado de germinación y producción (INIAP, 2011).

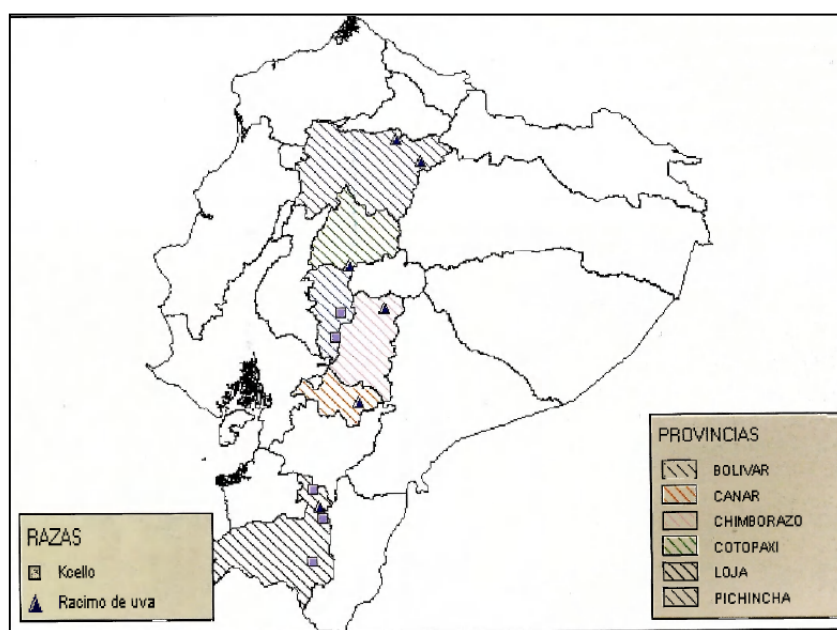


Figura 1. Distribución general de Racimo de uva ecuatoriano

3.3 Producción y Exportación de maíz morado en Perú

La producción peruana de maíz morado desde el 2003, mostró un avance en los niveles de producción tanto por la superficie cultivada como por el rendimiento. El ritmo de crecimiento de la producción promedio anual hasta el 2006 ha sido 19.6%. En dicho año la producción nacional de maíz morado alcanzó a 10.600 toneladas, siendo las principales regiones productoras, Lima (24.2%), Arequipa (21.8%) y Cajamarca (20.6%) (Sucno, 2007).

Los principales países destino del maíz morado son: EE.UU. y Japón, los cuales, en conjunto, absorben alrededor del 95.0 % del total exportado. Estados Unidos es el principal comprador de maíz morado, importando 297 mil dólares para el año 2008. Sin embargo, el precio promedio que paga el mercado japonés (US\$ 3.01/kg) es mayor al precio promedio del mercado americano (US\$ 1.33/kg) según información de la Asociación de Exportadores (Adex, 2008).

A nivel de subproductos, el principal exportado fue la coronta de maíz morado (26.3% del total de exportaciones de maíz morado y derivados), la cual es demandada no sólo como colorante natural en la industria de alimentos y bebidas sino para su aplicación en el sector farmacéutico, por su alto contenido de antocianina. Le siguieron en importancia los envíos de concentrado de maíz morado (10% del total de envíos), extracto de maíz morado (6.2%) y jugo (4.5%) (Baylon, 2010).

3.4 Maíz morado en el Ecuador

A pesar del gran valor nutricional que presenta la variedad de maíz “Racimo de uva”, su presencia comercial en los mercados es limitada y su frecuencia de consumo ha disminuido considerablemente en la población, siendo necesario caracterizarlo para rescatar su valor nutricional (Mayorga, 2010).

Si los agricultores dispusieran de una variedad mejorada de maíz morado, se lograría incentivar el consumo nacional y el de exportación, especialmente a países de oriente como Japón, en donde el maíz morado es muy cotizado debido a su alto contenido de pigmentos naturales.

El Programa Nacional de Maíz perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), inició en el 2006 una colección que actualmente incluye 65 accesiones de maíz morado, creada bajo el marco del proyecto financiado por el CONESUP y constituida por materiales provenientes de la Sierra del Ecuador (Jacho, 2009).

Noroña & Guamán (2008), caracterizaron agro morfológicamente esta colección y definieron las mejores accesiones para ser tomadas en cuenta en futuras investigaciones, las mismas que cumplen con características relevantes para una mejor producción como: altura de la planta, número de granos por hileras, longitud de la mazorca, longitud del grano y rendimiento.

En el 2009 se evaluó la variabilidad genética de la colección de germoplasma de maíz morado del Programa Nacional de Maíz - INIAP (65 accesiones de maíz morado) y se estableció los contenidos químico nutricionales de 11 accesiones seleccionadas molecularmente. Además se estableció la correlación entre la caracterización morfológica

y molecular, para determinar de esta manera el grado de complementariedad entre ambos métodos (Jacho, 2009).

Una vez obtenido el germoplasma de maíz morado, el Programa Nacional de Maíz se dispuso a crear poblaciones con características superiores a las accesiones locales que han sido sembradas a través de los años por los agricultores de las zonas alto andinas, y de esta manera liberar una variedad mejorada de este tipo de maíz, lo cual está previsto para el año 2013 (Mayorca, 2010).

Una variedad mejorada conserva las mismas características de mazorca y grano que el material original, así como la adaptación específica a las regiones, que notablemente superan a las variedades tradicionales. Entre las variedades de maíz ya liberadas se encuentran: “Chaucho” INIAP- 122, “Mishca” INIAP- 124, “Blanco Blandito” INIAP- 102, “Guagal” INIAP- 111, “Zhima” INIAP- 153 y “Chulpi” INIAP- 192 (Yáñez *et al.*, 2003).

El maíz morado utilizado en esta investigación, pertenece a la variedad mejorada de este tipo de maíz que será liberada por el Programa Nacional de Maíz de la Estación Santa Catalina perteneciente al INIAP.

3.5 Antocianinas

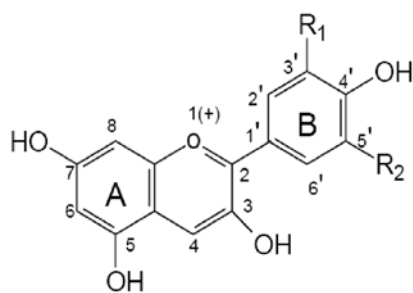
Las antocianinas representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles detectables en la región visible por el ojo humano (Strack & Wray, 1994). Estos pigmentos son responsables de la gama de colores que abarcan desde el rojo hasta el azul en varias frutas, vegetales y cereales (Wagner, 1982).

El interés por estos pigmentos y su investigación científica se han incrementado en los últimos años, debido no solamente al color que confieren a los productos que las contienen sino a su probable papel en la reducción de las enfermedades coronarias, cáncer, diabetes; efectos antiinflamatorios y mejoramiento de la agudeza visual y comportamiento cognitivo (Garzón, 2008). Por lo tanto, además de su papel funcional como colorantes, las antocianinas pueden ser agentes potenciales en la obtención de productos con valor agregado para el consumo humano.

3.5.1. Estructura y Coloración

Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, de amplia distribución en la naturaleza. Están compuestas por dos anillos aromáticos A y B unidos por uno heterocíclico con oxígeno (Garzón, 2008). El núcleo central flavilo constituye la antocianidina, que unida a la fracción azúcar, forma las antocianinas (Badui, 2006).

Se conocen aproximadamente 20 antocianidinas, las seis más importantes y de interés en los alimentos resultan de las variaciones estructurales del anillo B. (Figura 2) Los restantes son menos frecuentes y se encuentran en algunas hojas (Gross, 1987). Sus nombres derivan de la fuente vegetal de donde se aislaron por primera vez. La combinación de éstas con los diferentes azúcares generan aproximadamente 300 antocianinas que ya han sido identificadas (Badui, 2006).



Antocianidina	Substitución		λ_{max} (nm)	
	R1	R2	espectro visible	
Pelargonidina	H	H	494	(naranja)
Cianidina	OH	H	506	(naranja-rojo)
Delfinidina	OH	OH	508	(azul-rojo)
Peonidina	OCH3	H	506	(naranja-rojo)
Petunidina	OCH3	OH	508	(azul-rojo)
Malvidina	OCH3	OCH3	510	(azul-rojo)

Figura 2. Estructura y sustituyentes de las antocianinas (Durst & Wrolstad, 2001)

El color de las antocianinas depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. Incrementos en la hidroxilación producen desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas.

En la naturaleza, las antocianinas siempre presentan sustituciones glicosídicas en las posiciones 3 y/o 5 con mono, di o trisacáridos que incrementan su solubilidad y estabilidad. Dentro de los sacáridos glicosilantes se encuentran en orden de abundancia la glucosa, ramnosa, galactosa, xilosa y arabinosa y, ocasionalmente rutinosa, sofrorosa y gentobiosa. Otra posible variación en la estructura es la acilación de los residuos de azúcares de la molécula con ácidos orgánicos. Los ácidos orgánicos pueden ser alifáticos, tales como: malónico, acético y succínico; o aromáticos: p-coumárico, caféico y ferrúlico.

Stintzing *et al.*, (2002) demostraron que el tipo de sustitución glicosídica y de acilación producen efectos en el tono de las antocianinas. Es así como sustituciones glicosídicas en la posición 5 al igual que acilaciones aromáticas, producen un desplazamiento hacia las tonalidades púrpura.

Las antocianinas forman complejos o sales con cationes metálicos como el sodio, potasio, calcio, magnesio, estaño, hierro o aluminio. Resultando en un cambio de color, con estos dos últimos, produciendo coloraciones azules sobre todo con aquellas que tienen dos grupos en posición orto. La corrosión de las latas de estaño puede alterar el color de los alimentos de rojo a púrpura o azul sobre todo cuando estas latas se almacenan durante largos períodos de tiempo (Charley, 1991). Por esta razón, se recomienda que las latas que se empleen para los alimentos que contengan antocianinas se recubran con una laca protectora que evite el desprendimiento de los metales, así como también se debe tener en cuenta las sales y los minerales propios del agua empleada en la preparación industrial de las frutas y hortalizas (Giusti & Wrolstad, 1996).

3.5.2. Estabilidad

Las antocianinas son compuestos lábiles y su estabilidad es muy variable en función de su estructura y la composición de la matriz en la que se encuentran (Delgado & Paredes, 2003).

Su estabilidad se ve afectada por el pH, temperaturas de almacenamiento, presencia de enzimas, luz, oxígeno, estructura y concentración de las antocianinas, y la presencia de otros compuestos tales como flavonoides, proteínas y minerales (Leyva, 2009).

Efecto del pH

Uno de los principales factores del medio que afecta la estabilidad del color de las antocianinas es el pH. Se puede decir que las antocianinas actúan como indicadores ácido-base, puesto que el color resultante está en función de la estructura que se encuentre en mayor proporción a determinado pH (Gross, 1987). Las antocianinas son más estables en un medio ácido que en un medio neutro o alcalino.

En soluciones ácidas de $\text{pH} < 2$, básicamente 100% del pigmento se encuentra en su forma más estable de catión flavilio de color rojo intenso. A valores de pH más altos ocurre una

pérdida del protón y adición de agua dando lugar a un equilibrio entre la pseudobase carbinol o hemiacetal y la forma chalcona o de cadena abierta. Tanto el hemiacetal como la chalcona, son formas incoloras bastante inestables. Entre pH 4 y 5.5 hay poco color, ya que las dos formas coloreadas están en bajas concentraciones y el equilibrio se desplaza a las formas incoloras (Acevedo, 2003). A valores de pH > 7 se presentan las formas quinoidales de color púrpura que se degradan rápidamente por oxidación con el aire (Hutchings, 1999).

Efecto de la temperatura

El efecto de la temperatura en la estabilidad de antocianinas en productos alimenticios ha sido estudiado por muchos investigadores, el consenso general es que los pigmentos antocianinicos son notoriamente destruidos por el calor durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos (Markakis, 1982).

Aun no existe un mecanismo de degradación por temperatura, se ha postulado que incrementos de temperatura resultan en pérdida del azúcar glicosilante en la posición 3 de la molécula y apertura de anillo con la consecuente producción de chalconas incoloras (Timberlake & Henry, 1986). Una degradación mayor de la antocianina da productos con precipitados de color café (Markakis, 1982).

Timberlake & Henry (1986) observaron un incremento logarítmico en la destrucción de la antocianina con un incremento aritmético de la temperatura. Además, identificó que el equilibrio entre las estructuras es endotérmico, en una dirección de izquierda a derecha:



A altas temperaturas el equilibrio cambia hacia chalconas. El retorno de chalconas a flavilio es lento.

Hendry & Houghton (1996) identificaron que en el jugo de uva se presenta una relación logarítmica entre la pérdida del color y la temperatura. La Figura 3 muestra la degradación de las antocianinas del jugo de uva cuando es calentado en diferentes condiciones y almacenado. Se puede observar una gran diferencia entre la absorbancia del control de los productos tratados térmicamente. Así como ocurre con las vitaminas y otros pigmentos, los sistemas de alta temperatura- corto tiempo son más adecuados para conservar el color de los alimentos (Badui, 2006).

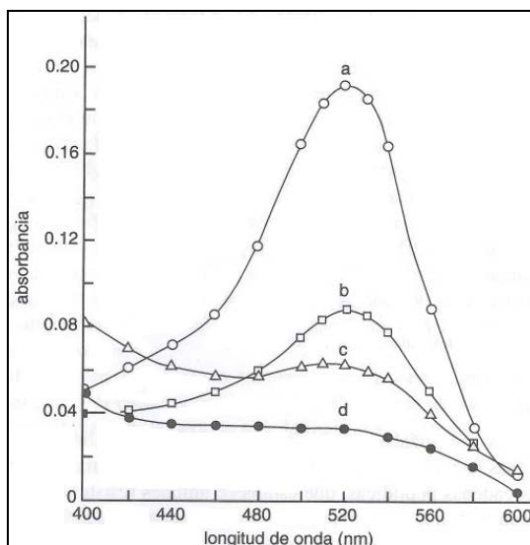


Figura 3. Curva espectrofotométrica de la degradación de las antocianinas del jugo de uva durante el almacenamiento: (a) control sin calentar; (b) calentando a 99°C por 1 hora; (c) calentando a 99°C por 2 horas; (d) jugo de uva comercial

3.5.3. Efectos sobre la Salud

Las antocianinas poseen conocidas propiedades farmacológicas utilizadas para la terapia de un amplio espectro de enfermedades (Wagner, 1982). Durante el paso del tracto digestivo al torrente sanguíneo de los mamíferos, las antocianinas permanecen intactas (Miyazawa *et al.*, 1999) y ejercen efectos terapéuticos conocidos que incluyen la reducción de la enfermedad coronaria, efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos; además del mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo (Torrico, 2006).

Los efectos terapéuticos de las antocianinas están relacionados con su actividad antioxidante. Estudios con fracciones de antocianinas provenientes del vino han demostrado que estas son efectivas en atrapar especies reactivas del oxígeno, además de inhibir la oxidación de lipoproteínas y la agregación de plaquetas (Ghiselli *et al.*, 1998).

De igual manera, Wang & Jiao (2000) y Wang & Lin (2000) comprobaron que frutos ricos en antocianinas evidencian una alta actividad antioxidante contra el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y contra radicales peróxido ($ROO\cdot$), superóxido (O_2^-) e hidróxilo ($\cdot OH$).

A las antocianinas también se les atribuye actividad antitumoral y anticancerígena. Hagiwara *et al.*, (2002) probaron que el suministro de papas púrpuras dulces y repollo morado a ratas de laboratorio, causan supresión de tumores. De igual manera, Koide *et al.*, (1997) reportaron efectos antitumorales al usar extractos de fríjoles rojos de soya que contenían cianidina conjugada con glucosa y ramnosa. En cuanto a la actividad anticancerígena, Kamei *et al.*, (1998) revelaron la supresión de células cancerígenas HCT-15 provenientes del colon humano y de células cancerígenas gástricas AGS al suministrar fracciones de antocianinas del vino tinto. Así también, Tristan *et al.*, (2005) realizaron bioensayos que demuestran que los arándanos inhiben las etapas de iniciación, promoción y progresión de la carcinogénesis.

Referente a la actividad antiinflamatoria, Vuorela *et al.*, (2005) encontraron un efecto supresor de prostaglandina EG2, sinónimo de actividad antiinflamatoria en extractos de antocianinas de frambuesa.

De acuerdo a Tristan *et al.*, (2008) antocianinas provenientes de cuatro especies de arándanos silvestres: *Amelanchier alnifolia*, *Viburnum trilobum*, *Prunus virginian* y *Shepherdia argentea*, muestran propiedades hypoglicémicas. Tales frutos, con alto contenido de sustancias fitoquímicas, han sido consumidos tradicionalmente por tribus norteamericanas para la protección de enfermedades crónicas como diabetes. Otro ejemplo de actividad antidiabética de las antocianinas fue investigado por Perossini *et al.*, (1987) en donde estudios clínicos realizados en Italia revelaron que 79% de los pacientes diabéticos consumidores de extracto de bayas rojas (160 mg dos veces al día durante un mes) mostraron alivio en los síntomas de retinopatía diabética.

Finalmente, el mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo como resultado del consumo de antocianinas han sido reportados por Ohgami *et al.*, (2005) quienes suministraron extractos de frutas ricas en antocianinas a ratas con deficiencia ocular, lo cual resultó en un efecto antiinflamatorio y de aumento de la agudeza visual. Joseph *et al.*, (1999) y Shukitt-Hale *et al.*, (2005) demostraron que el comportamiento cognitivo y las funciones neuronales de ratas de laboratorio puede ser mejorado a través de suplementación nutricional con extractos de arándanos y fresas.

3.5.4. Antocianinas en el Maíz morado

La presencia de antocianinas en las variedades pigmentadas del maíz, lo hace un producto potencial para el suministro de colorantes y antioxidantes naturales, por esta razón el estudio de los pigmentos del maíz morado ha despertado un interés sin precedentes (Cuevas *et al.*, 2008).

El pigmento mayoritario en el maíz morado es la cianidina-3- β -glucósido, importante antioxidante que posee conocidas propiedades farmacológicas, nutraceúticas y efectos benéficos para la salud humana. Además del pigmento principal cianidina-3-glucósido, se han encontrado en variedades de maíz morado: pelargonidina-3-glucósido, peonidina-3-glucósido, cianidina-3-maloilglucósido, pelargonidina-3-malonilglucósido y peonidina-3-malonilglucósido en extractos comerciales de maíz morado y granos del mismo (Pascual *et al.*, 2002).

En el 2007, se realizó en Perú un estudio con extracto hidroalcohólico atomizado de maíz morado, el mismo que tuvo por objetivo determinar su influencia sobre el perfil lipídico (colesterol total, HDL y triglicéridos) y su actividad antioxidante en ratas con inducción de hipercolesterolemia. Después de administrar por vía oral durante 60 días dicho extracto, se demostró que el consumo de maíz morado produjo una reducción de los niveles de colesterol total en las ratas hipercolesterolémicas que consumieron dosis de 250 y 500 mg/kg (reducción de 21,5 y 11,2% respectivamente). Además, se concluyó que a mayor dosis de maíz morado existe una mayor reducción de radicales libres.

Asimismo, en esta investigación se estableció que no existían diferencias significativas en la reducción de los niveles de triglicéridos y colesterol HDL. Esto pudo darse debido al limitado tamaño de la muestra y a la variabilidad de los resultados, por lo que se recomendó realizar experimentos con mayor número de animales, lo cual posibilitaría confirmar estos hallazgos (Arroyo *et al.*, 2007).

Cuevas *et al.*, (2008) realizaron una investigación para caracterizar las antocianinas en diferentes variedades de maíz morado boliviano, los hallazgos obtenidos fueron la identificación de dos antocianinas mayoritarias en todas las variedades de maíz morado,

independiente de su origen: cianidina-3-glucósido (42,5%) y cianidina-3-(6"-malonil)-glucósido (30,7%).

Se pudo observar además, que existen diferencias en el perfil de antocianinas minoritarias entre especies de maíz; que si bien son mínimas ocasionan una diferencia enorme en el color y pigmentación de las diferentes variedades de maíz morado. Esta variación se define en colores que van desde el rojo, pasando por el morado (completo o moteado) hasta el casi negro.

Por otro lado, se determinó que las antocianinas en las semillas de maíz morado de las variedades bolivianas, son de tipo simple y no aciladas, ya que su estructura está conformada por el grupo cromóforo y únicamente un azúcar, que es la glucosa. Esta estructura química minimiza su uso potencial como colorantes naturales para alimentos, ya que son menos estables a cambios de pH que las aciladas; sin embargo, poseen una actividad antioxidante sobresaliente, por lo que las antocianinas del maíz morado pueden considerarse valiosas como agentes antioxidantes (Cuevas *et al.*, 2008).

3.6 Proceso de Fritura

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

El objetivo de la fritura consiste en "sellar" los alimentos en aceite caliente para que los sabores presentes en él sean retenidos en una corteza crujiente. Es así como la mayoría de las características deseables de los productos fritos proviene de la formación de una estructura compuesta por una capa externa o corteza crocante, porosa y aceitosa y un interior húmedo y cocinado (Suaterna, 2009).

Es también considerado un proceso de deshidratación, porque a medida que un producto alimenticio es frito, las células internas se van deshidratando y el agua evaporada es parcialmente remplazada por aceite (Fillion & Henry, 1998). Las temperaturas de fritura son elevadas, pero únicamente la superficie del alimento frito se calienta a 100°C debido al

tiempo corto, mientras que el interior del alimento alcanza temperaturas de 70 a 98 °C (Dimitrios & Elmadfa, 1999). La razón por la que las temperaturas de fritura se encuentran entre 160 -180°C, se debe a que temperaturas mayores favorecen el deterioro del aceite y temperaturas menores incrementan el tiempo de fritura; además que las temperaturas bajas son insuficientes para recuperar las pérdidas de calor por evaporación (Toledo, 1982).

Durante el proceso de fritura, el calor se transfiere por convección desde el aceite caliente a la superficie del producto, posteriormente, la transferencia de calor al interior del alimento ocurre por conducción. El agua que abandona el alimento genera un enfriamiento en el frente de evaporación. La transferencia de masa es caracterizada por la pérdida de agua desde el producto como vapor de agua y el movimiento de aceite al interior del alimento (Vives, 2003).

3.6.1. Tipos de fritura

Existen dos formas para realizar la fritura: superficial y por inmersión. En esta investigación la fritura fue efectuada por inmersión. Proceso por el cual, todas las superficies reciben un tratamiento térmico semejante.

En la fritura por inmersión los alimentos son completamente o casi completamente sumergidos en aceite caliente o grasas; normalmente se realiza en una freidora o en recipientes profundos con una capacidad alta para contener el aceite, en una proporción producto: aceite entre 1:6 y 1:10 (Suaterna, 2009).

3.6.2. Cambios durante la fritura

La inmersión en aceite es un proceso complejo que involucra cambios químicos y físicos en el alimento, incluyendo la gelatinización del almidón, desnaturalización de proteínas, vaporización del agua, reacciones de Maillard y de caramelización, formación de costra y varios cambios micro estructurales en el interior del alimento (Blumenthal, 1991).

El resultado de la fritura por inmersión produce alimentos con diferentes estructuras y propiedades: cambios en textura, una superficie atractiva y de buen color y aumento de la palatabilidad (Cuesta *et al.*, 1993).

Los alimentos fritos se consumen en grandes cantidades y contribuyen enormemente a la ingestión de grasas en la dieta diaria (USDA, 1988). Las grasas y aceites ofrecen propiedades especiales incluyendo sabor, suavidad y una sensación característica en la boca que mejora la palatabilidad. Uno de los parámetros más importantes de calidad de los productos fritos es la cantidad de grasa absorbida durante el proceso de fritura (Fillion & Henry, 1998).

Absorción lipídica

El contenido de aceite es el factor que más afecta la aceptabilidad del consumidor hacia los productos fritos, la actual demanda para los productos bajos en grasa es una exigencia para un mejor entendimiento del mecanismo de absorción de aceite durante la fritura (Blumenthal, 1991). El inconveniente del proceso de fritura está en la incorporación de aceite al alimento, incrementando significativamente el aporte calórico y el consumo de grasa. El aceite de fritura se absorbe en el alimento en cantidades que varían del 5 al 40% en peso (Suaterna, 2009). La cantidad absorbida depende de la superficie expuesta en la fritura y se ve afectada por las condiciones previas del alimento. Los principales factores que regulan la cantidad de lípidos que absorberá un sistema alimenticio durante la fritura son los siguientes:

Tiempo y temperatura de calentamiento.- Generalmente cuanto más tiempo se calienta un alimento, mayor es la absorción lipídica y a bajas temperaturas se absorben más lípidos.

Superficie total del alimento.- Cuanto mayor es la superficie de contacto que existe entre el alimento y el aceite de fritura, mayor es la absorción lipídica (B. Ott, 1987).

Composición y naturaleza del alimento.- Diferentes tipos y proporciones de ingredientes en un producto pueden influir sobre la cantidad de lípidos absorbidos en la fritura. Bennion & Park (1968) encontraron que el aumento de la grasa y/o del azúcar en la formulación del alimento provoca una mayor absorción lipídica. Asimismo, un alto contenido inicial de agua en el alimento produce una alta absorción de aceite (Toledo, 1982). Por otro lado, Lowe *et al.*, (1940) identificaron que el aumento de la manipulación de la masa disminuía la absorción de grasa.

Temperatura de humo de la grasa utilizada.- A menor punto de humo, mayor absorción lipídica se producirá. (Lowe *et al.*, 1940) Los lípidos varían en la temperatura a la cual comienzan a humear, aquellos que producen humo a bajas temperaturas no son adecuados para utilizarlos en la fritura dado el olor y efecto irritante de los humos (B. Ott, 1987).

3.6.3. Aceite de fritura

La importancia de seleccionar un adecuado aceite de fritura se debe a que la estabilidad del mismo y su grado de alteración influirán directamente en la duración del producto frito. En el mercado existe una gran cantidad de aceites utilizados para la fritura de los alimentos, entre los más importantes están los aceites de palma, soya, canola, oliva, maíz y girasol. En estado fresco cada aceite presenta una composición de ácidos grasos propia, como puede verse en la Tabla 1. El aceite de palma presenta el más alto contenido de ácidos grasos saturados (49,3 g/100 g de aceite), mientras que el aceite de oliva tiene mayor contenido de monoinsaturados (72,9%) y el de soya y maíz mayor proporción de poliinsaturados (57,7 y 54,7% respectivamente) (Suaterna, 2009).

Tabla 1. Composición de ácidos grasos en los aceites comunes para fritura

Tipo de aceite	Ácidos grasos (g/100g aceite)			
	Saturados	Monoinsaturados	Poliinsaturados	Trans
Palma	49,300	37,000	9,300	SRD
Soya	15,650	22,783	57,740	0,533
Canola	7,365	63,276	28,142	0,395
Girasol	9,009	57,334	28,962	0,219
Oliva	13,808	72,962	10,523	SRD
Maíz	12,948	27,576	54,677	0,286

SRD: Sin reporte de dato

Fuente: USDA. National Nutrient Database for Standard Reference

En el aceite de fritura se producen una gran cantidad de cambios físicos y químicos, como consecuencia de la interacción entre el aceite, el agua y otros componentes del alimento. Por esta razón, el aceite utilizado determinará la calidad del alimento, así como las condiciones del proceso y la composición del producto (Marcano *et al.*, 2010).

Deterioro del aceite o grasa de fritura

Sin importar la fuente, todos los aceites se deterioran lenta o rápidamente dependiendo de factores controlables y no controlables. Entre los controlados se encuentran las prácticas de manejo, el tipo de fritura, la relación entre cantidad de alimento y volumen de aceite, el tipo de alimento, la temperatura que alcanzan los aceites, la reposición o no de aceite, el retiro de los restos de alimentos en el aceite y el tiempo de utilización. Entre los no controlables se resalta la presencia de oxígeno (Vives, 2003).

Son tres las reacciones de deterioro del aceite: la hidrólisis causada por agua, la oxidación y las alteraciones causadas por las altas temperaturas, tal como se expone en la Tabla 2. Las reacciones de oxidación son las más relacionadas con la salud y la nutrición, ya que a partir de éstas se forman hidroperóxidos, compuestos polares y monómeros y polímeros cíclicos (Saguy & Dana, 2006), los cuales han sido relacionados en animales de experimentación como productores de retraso en el crecimiento, hipertrofia o hiperplasia hepática, hígado graso, úlceras gástricas y lesiones titulares en corazón y riñón (Joffre *et al.*, 2001).

Tabla 2. Principales grupos de compuestos formados en los aceites y grasas durante el proceso de fritura

Tipo de alteración	Agente causante	Compuestos nuevos resultantes
Hidrolítica	Humedad	Ácidos grasos libres Diacilgliceroles Monoacilgliceroles
Oxidativa	Aire	Monómeros oxidados (TG) Dímeros y polímeros oxidados (TG) Compuestos volátiles (aldehídos, cetonas, hidrocarburos, etc.) Óxidos de esteroides
Térmica	Temperatura	Dímeros y polímeros no polares (TG) Monómeros cíclicos (TG) Isómeros <i>trans</i> (TG) y de posición

(Saguy & Dana, 2006)

Oleína de Palma

El aceite de palma, ha llegado a ser uno de los aceites vegetales más empleados en diversas aplicaciones debido a sus cualidades y propiedades. Uno de los procesos más comunes para su modificación y uso en la industria es el fraccionamiento, a partir del cual se obtienen la estearina de palma de alto punto de fusión y la oleína de bajo punto de fusión; lo cual amplía el rango de productos comestibles en los que se pueden utilizar estas fracciones (Marcano *et al.*, 2010).

La oleína de palma es la parte líquida obtenida por el fraccionamiento del aceite de palma después de una cristalización a temperatura controlada. El porcentaje de ácido oleico (40-50%) presente en su composición, lo hace beneficioso contra el riesgo de enfermedades cardíacas coronarias al igual que el aceite de oliva y otros aceites monoinsaturados (Arroyo, 1995).

Posee una mezcla de ácidos grasos poliinsaturados, monoinsaturados y saturados, cuyas respectivas concentraciones son de: 44% de ácido oleico, 10% de ácido linoleico, 40% de ácido palmítico y 5% de ácido esteárico, composición balanceada de ácidos grasos que le permite ser utilizado para la obtención de aceites domésticos e industriales (Lawson, 1994).

El mayor uso de la oleína de palma es en procesos de obtención de frituras a nivel industrial, lo cual se debe a su estabilidad a altas temperaturas, punto de humo relativamente alto (210°C), bajo punto de fusión (22°C) y alta resistencia a la rancidez y oxidación debido a la presencia de antioxidantes naturales (tocoferoles y tocotrienoles). Asimismo tiene menor tendencia a formar humo, espuma o polímeros indeseables que otros aceites (Fernández *et al.*, 2010).

Por las razones antes mencionadas, para esta investigación se utilizó el aceite de palma de marca comercial Palma de Oro como medio de cocción del alimento, el mismo que para su formulación mezcla el aceite de soya con oleína de palma.

Ventajas de la oleína de palma frente otros aceites de fritura

La formación de compuestos polares parece depender del tipo de aceite utilizado y del tiempo de utilización, por ejemplo Abdulkarim *et al.*, (2007) al investigar la estabilidad de un nuevo aceite para fritura (*Moringa oleífera*) compararon la formación de compuestos polares cuando se freían porciones de papas chips. Al final del período de fritura, los compuestos polares fueron significativamente más bajos en la oleína de palma (21,28%), cuando se compararon con aceite de canola (28,73%) y aceite de soya (31,82%). Por otra parte, concluyen que los aceites iban aumentando el contenido de compuestos polares a medida que aumentaba el tiempo de fritura.

Los ácidos grasos *trans* (en inglés *trans fatty acids*, TFA) se forman en grasas y aceites de fritura como resultado de una isomerización geométrica. El consumo de estos ácidos grasos, se ha relacionado con un aumento en el riesgo de enfermedad cardiovascular y por eso las restricciones recomendadas para su consumo (Valenzuela & Morgado, 1999). Varían de acuerdo con el tipo de aceite desde una composición inicial menor a 1% hasta concentraciones superiores al 50%. Grandgirard *et al.*, (1984) observaron que en el aceite de girasol, el calentamiento a temperatura de fritura durante dos horas, produce 5,0% de isómeros *trans*, mientras que, con la oleína de palma el mismo tratamiento produce 0,3 % de estos isómeros.

Oleína de palma con otros aceites vegetales

En climas cálidos la oleína siempre se mantiene en su estado líquido; sin embargo, en climas fríos tiende a solidificarse, lo que no resulta atractivo para el consumidor y por ello se efectúan mezclas de oleína de palma con otros aceites, a los cuales no les ocurre este cambio de estado (Cenipalma, 2009).

La mezcla de aceites y grasas es una posibilidad real para conseguir una mayor flexibilidad en la disponibilidad de los mismos, obteniendo productos finales con características propias. Esto podría ser considerado como un método de modificación de aceites y grasas, sobre todo debido a las interacciones que tienen lugar entre los triglicéridos que

promueven alteraciones en las propiedades físicas de los productos oleosos (Smalwood, 1989; Birker & Padley, 1987).

Varios estudios efectúan mezclas con oleína de palma para determinar su efecto en las propiedades físico - químicas del aceite vegetal analizado. Entre las mezclas que presentan mejores características durante el proceso de fritura, se encuentran las realizadas con aceite de canola, maíz y soya (Tiffany *et al.*, 2009). Estos aceites ricos en ácido linoleico y linolénico presentan puntos de fusión bajos, con elevados índices de yodo, lo cual manifiesta su susceptibilidad a las reacciones de oxidación (Badui, 2006).

Bazlul *et al.*, (2010) demostraron que la oleína de palma mejora las características de estabilidad frente a la oxidación del aceite de soya, así como también su tiempo de vida útil. Esto se comprobó después de un período de almacenamiento de nueve semanas a temperatura ambiente. Por otro lado, los resultados manifestaron la disminución en el punto de fusión de la oleína de palma cuando este es mezclado con otros aceites.

En cuanto a la composición de ácidos grasos, Voives (2004) identificó la disminución en la composición de ácidos grasos saturados y *trans* de la oleína de palma al mezclar con aceite de soya, tal como se observa en la Tabla 3. Se observó además, que al mezclar aceites como canola, maíz y soya con oleína de palma, el porcentaje de ácidos grasos insaturados aumenta, sin embargo, no interviene en los cambios químicos del aceite debido a su composición química similar.

Tabla 3. Composición de ácidos grasos en la oleína de palma y en su mezcla con aceite de canola, maíz y soya

Analytical	100% Palm Olein	65%/35% Palm Olein / Canola Oil	65%/35% Palm Olein / Corn Oil	65%/35% Palm Olein / Soy Oil
PV (Meq/Kg)	0.20	0.16	0.12	0.10
FFA (% oleic)	0.06	0.06	0.06	0.05
SFC @ 50 F	41.52	17.88	19.17	19.38
SFC @ 70 F	5.01	1.78	1.69	1.98
SFC @ 80 F	0.32	0.00	0.05	0.01
SFC @ 92 F	0.06	0.00	0.00	0.00
SFC @ 104 F	0.00	0.00	0.00	0.00
OSI @ 110°C (hrs)	53.03	39.88	33.80	33.45
TBHQ (ppm)	167	170	170	199
Lauric C12:0	0.36	0.23	0.24	0.23
Myristic C14:0	1.14	0.76	0.76	0.75
Palmitic C16:0	40.10	27.49	30.04	29.89
Stearic C18:0	4.34	3.53	3.51	4.32
Total C18:1 trans FA	0.34	0.25	0.21	0.21
Total C18:1 cis FA	41.20	48.72	36.61	34.65
Total C18:2 trans FA	0.49	0.44	0.39	0.41
Total C18:2 cis FA	10.42	13.29	26.36	25.17
Total C18:3 trans FA	0.10	0.51	0.10	0.19
Total C18:3cis FA	0.21	2.68	0.49	2.88
Arachidic C20:0	0.38	0.47	0.41	0.38
Behenic C22:0	0.07	0.17	0.09	0.17
Lignoceric C24:0	0.11	0.11	0.13	0.07
Total Saturated FAs	46.74	32.95	35.35	36.01
Total trans FA	0.93	1.20	0.70	0.81

(Voives, 2004)

En base a lo expuesto anteriormente, la presente investigación busca reemplazar la harina de trigo por harina de maíz morado en la preparación de empanadas y evaluar el efecto del proceso de fritura con la utilización de una mezcla de aceites oleína de palma - soya en el contenido de antocianinas. Se estudiarán las propiedades reológicas de la masa y se valorarán las características físicas, químicas y sensoriales de las empanadas, para de esta manera, obtener un producto de calidad con propiedades antioxidantes.

4. MATERIALES

4.1. Selección de materia prima

La harina de maíz morado utilizada, se obtuvo a partir de las corontas de maíz de raza Racimo de Uva proporcionadas por el Programa Nacional de Maíz de la Estación Santa Catalina perteneciente al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Las mazorcas fueron recolectadas en el campo experimental de esta institución entre los meses de junio y agosto del 2011, de una variedad mejorada de este tipo de maíz que será liberada para el año 2013.

Los demás ingredientes utilizados en la preparación de las empanadas se adquirieron en un supermercado local de la ciudad de Quito. En la Tabla 4. se detallan cada uno de ellos con su respectiva marca comercial, la correspondiente información nutricional se encuentra en el Anexo 4.

Tabla 4. Ingredientes utilizados en la preparación de las empanadas con su respectiva marca comercial

Ingredientes	Marca Comercial
Harina de trigo	Santa Lucía
Mantequilla	Miraflores
Manteca vegetal	3 Chanchitos
Aceite de soya	La Favorita
Polvo de hornear	Levapan
Azúcar	Valdez
Sal	Crissal
Aceite de palma (aceite para fritura)	Palma de Oro

5. METODOLOGÍA

5.1. Obtención de harina de maíz morado

Se realizó una limpieza preliminar de 10 kg de maíz morado, mediante corrientes de aire seco, con el fin de eliminar polvo, paja y demás impurezas. La molienda del grano se efectuó mediante un molino de rodillos de piedra de esmeril, que va triturando el grano, conjuntamente con diversos procesos de tamizado.

Obtenida la harina de maíz morado se establecieron las mezclas necesarias con el fin de determinar, a escala comercial, el grado de aceptación de las empanadas. Los niveles de reemplazo de la harina de trigo fueron del 10, 20, y 30%. Las mezclas se efectuaron utilizando como base de cálculo 1kg de harina.

5.2. Preparación de empanadas

La preparación de la masa base para la elaboración de empanadas de trigo- maíz morado está basada en una receta típica de empanadas de viento ecuatorianas (Ramia, 1994).

Todas las masas fueron preparadas usando 100 g de la mezcla de harina de trigo con maíz morado, obteniéndose 4 empanadas de 38 g cada una. La Tabla 5 muestra una formulación de la masa base aplicada en función del total de harina utilizado. Es decir, para preparar 4 empanadas con un nivel de sustitución del 20%, se necesita 100 g de harina (80 g harina de trigo - 20 g harina de maíz morado), 10 g de grasa que puede ser aceite, manteca vegetal o mantequilla, 1 g de polvo de hornear, 5 g de azúcar y 2 g de sal.

Tabla 5. Porcentajes usados en la preparación de empanadas - Nivel de sustitución 20%

Ingrediente	*Porcentaje (%)
Harina de trigo	80
Harina de maíz morado	20
Grasa	10
Polvo de hornear	1
Azúcar	5
Sal	2

* Porcentajes en función del total de harina

Una vez pesados los ingredientes de acuerdo a los distintos niveles de reemplazo de la harina de trigo por maíz morado (10, 20, y 30%), se utilizó el porcentaje de absorción de agua obtenido por el farinograma (ver Anexo 2) para desarrollar una consistencia estándar de la masa de 500 U.B. (Unidades Brabender).

Debido a que la naturaleza de los lípidos afecta a la friabilidad de las masas (B. Ott, 1992), se realizó un ensayo para cada tratamiento en el que se iba adicionando agua hasta lograr desarrollar la red de gluten, proceso que se verificó tomando una porción de masa y extendiéndola hasta que pueda verse a trasluz sin desgarrarse (Calaveras, 1996). La Tabla 6 indica los porcentajes de agua utilizados en la mezcla cuando el tipo de grasa varía entre aceite, manteca vegetal y mantequilla.

Tabla 6. Porcentaje de agua usado en la preparación de empanadas por cada tratamiento

% Harina de maíz morado	% H ₂ O Farinograma	Aceite	Manteca Vegetal	Mantequilla
		% H ₂ O	% H ₂ O	% H ₂ O
10	64	54	55	56
20	63	53	54	55
30	62	52	53	54

* Porcentajes en función del total de harina (100 g)

Cuando el agua fue incorporada a la receta, se mezcló todos los ingredientes mediante un amasado manual por 2 min, se pasó a la amasadora mecánica mixta SALVA (3 velocidades) amasándose en la segunda velocidad por el tiempo de desarrollo o amasado obtenido por el farinograma (Tabla 12), hasta alcanzar la consistencia máxima de la masa.

Obtenida la masa, esta fue extendida con una laminadora SALVA hasta obtener una lámina fina de aproximadamente 2 mm, y cortada en fracciones de aproximadamente 38 g utilizando el molde cortador # 100. Posteriormente, la masa fue doblada formando un semi-círculo y repulgada en los filos.

El proceso de fritura se realizó por el método de inmersión. El aceite de palma fue calentado a una temperatura de 180°C, alcanzada esta temperatura se sumergió el alimento totalmente en el aceite en una proporción 1:10, es decir, que por cada gramo de alimento que se preparó, se adicionó 10mL de aceite. La fritura de cada empanada fue hecha por separado en un recipiente profundo de acero inoxidable. Durante la fritura fue necesaria la reposición del aceite, que además de compensar las pérdidas y mantener constante el nivel de aceite en el recipiente, conserva la capacidad del aceite de brindar un buen sabor y aroma al alimento (Cuesta *et al.*, 1993).

5.3. Distribución del tamaño de partícula

Para la determinación del tamaño de partícula de las harinas de maíz morado y trigo se utilizó el método indicado en la norma técnica ecuatoriana INEN 0517:81. La determinación se efectuó por duplicado para cada muestra, en donde los tamices seleccionados poseían una abertura equivalente a 2000, 850, 425, 250, 180, 150, 100.67 y 75 (μm). Para comenzar se pesaron los tamices y 100 g de la muestra de harina con aproximación al 0.1 g, se transfirió la muestra directamente al tamiz superior de la columna de tamices, se colocó la tapa y se fijó la columna en el aparato de vibración durante 5 min; una vez finalizado este tiempo, se registró el peso de cada uno de los tamices con la fracción de muestra retenida con aproximación al 0.1 g.

5.4. Pruebas reológicas

5.4.1. Farinograma Brabender

Se obtuvieron los farinogramas de las tres mezclas de harina de trigo con maíz morado en proporciones 10, 20 y 30% (p/p) de acuerdo con el método American Association of Cereal Chemists (AACC) 54-21 (1995). Para esta prueba se obtuvo previamente el contenido de humedad de cada muestra, pues para producir una curva centrada en la máxima consistencia (500 U.B.), es necesario calcular la equivalencia a 300g de harina (14% de humedad).

Se colocó la harina en base a la humedad obtenida (ver Anexo 1), en el recipiente de amasado y se llenó la bureta con agua a $30^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$. El sistema de registro conectado al farinograma debe colocarse de tal manera que la pluma esté en contacto con la posición de 9 min en el gráfico. Posteriormente, se encendió el farinograma a alta velocidad durante 1 min hasta que la pluma alcance la posición de 0 min en el gráfico. A continuación, se añadió agua con una bureta hasta que la consistencia máxima de la masa fue de 500 U.B. (Unidades Brabender). Al alcanzar esta consistencia se corrió el farinograma por 20 min adicionales hasta obtener la curva para la evaluación.

5.4.2. Extensograma Brabender

El extensograma se aplicó a las mezclas de harina de trigo con maíz morado preparadas en el farinógrafo. Esta prueba se efectuó mediante el método 54-10 de la AACC (1995). Se mezcló 300 g de harina óptimamente amasada en el farinógrafo con una solución salina 6g NaCl disueltos en agua (la cantidad de agua utilizada es igual a la absorción óptima de agua obtenida previamente en el farinograma menos el 2% para compensar el efecto de la sal). Se mezcló la harina por 1 min, se mantuvo en reposo por 5 min y se dejó correr el equipo por 2 min más hasta que la masa tenga una consistencia adecuada de 500 U.B. Se cortaron dos piezas de masa de 150g cada una, se moldearon en forma de cilindro y fueron colocadas en una cámara de fermentación a 30°C y 94% H.R. Después de un reposo de 45 min, la masa fue situada horizontalmente en un sistema de soporte, los extremos ajustados firmemente dejando la sección media libre para la prueba. Un gancho sujetó la mitad de la muestra y la estiró mientras se movía hacia abajo a velocidad constante. Una vez evaluada la muestra, el cilindro de masa fue reformado para colocarse nuevamente en la cámara y repetir el procedimiento en los siguientes 45 min, esto se repite una tercera vez, correspondiendo a los períodos de reposo (45, 90 y 135 min). Los parámetros del extensograma reportados en este estudio corresponden a las masas reposadas después de 135 min.

Ambas pruebas reológicas (farinograma y extensograma) fueron realizadas por duplicado para cada porcentaje de sustitución. Los resultados obtenidos son un promedio de dos determinaciones. Estos análisis se llevaron a cabo en el Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología, de la Escuela Politécnica Nacional en Quito, Ecuador.

5.5. Pruebas analíticas

5.5.1. Determinación de Extracto Etéreo

Este análisis fue efectuado por triplicado de acuerdo con la metodología de Soxhlet 920.85 (AOAC, 1990).

5.5.2. Determinación de Proteína

El contenido de proteína de ambas harinas (trigo y maíz morado) fue cuantificado mediante el método Kjeldahl 979.09 (AOAC, 1990).

5.5.3. Determinación de Humedad

Esta variable se midió tanto para las mezclas de harina en los distintos porcentajes de sustitución, así como también para cada uno de los tratamientos antes y después de someterlos al proceso de fritura, utilizando el método gravimétrico 935.29 (AOAC, 1990).

5.5.4. Absorción Lipídica

El contenido de aceite absorbido fue calculado por medio de un balance de masa y en base al porcentaje de humedad de cada tratamiento antes y después del proceso de fritura, por el método descrito por B. Ott (1987) con ligeras modificaciones. Se pesó 38 g de masa con aproximación al 0,01 g, se formó la empanada extendiendo la masa hasta conseguir un espesor de 2 mm. Se utilizó el aceite de palma comercial (marca Palma de Oro) en una proporción 1:10 con la masa a freír. La fritura se efectuó a 180°C mediante el método de inmersión. Una vez finalizado el proceso de fritura, se pesó y se midió la humedad de la masa frita. Se realizó un balance de materia para determinar los gramos de aceite absorbidos y finalmente se empleó la siguiente ecuación (1) para el cálculo del porcentaje de absorción lipídica:

$$\%Aceite = \frac{P_{aceite}}{P_{muestra}} \times 100 \quad (1)$$

Donde, P_{aceite} es el peso calculado del aceite en gramos y $P_{muestra}$ es el peso de la masa en gramos después de la fritura.

5.5.5. Tiempo de fritura

Con un cronómetro se midió el tiempo de fritura para cada uno de los tratamientos, desde el contacto del aceite con el alimento hasta su cocción. Lo que fue evidenciado una vez que decreció el burbujeo provocado por la deshidratación del producto y se observó cambios físicos en la superficie del alimento como la formación de color.

5.5.6. Cuantificación de Antocianinas por Espectrofotometría

Para conocer el contenido de antocianinas se utilizó el método de pH- diferencial propuesto por Guisti & Wrolstad (2001). La antocianina experimenta una transformación reversible con los cambios de pH manifestado por un cambio en la absorbancia. La forma coloreada oxonium predomina a pH 1 y la incolora hemiacetal a pH 4.5, como se observa en el Anexo 6.

Debido a que la luz es un factor que acelera la degradación de las antocianinas (Delgado-Vargas & Paredes- López, 2003), las muestras fueron analizadas en un área con mínima iluminación con las debidas precauciones. Se prepararon dos diluciones diferentes para cada tratamiento, se pesó 0,2 g de masa con aproximación al 0,01 g y se aforó a 25 mL con buffer de cloruro de potasio 0,025M pH 1, la misma cantidad de muestra se aforó además a 25 mL con buffer de acetato de sodio 0,4M pH 4,5. Teniendo en consideración que la absorbancia debía resultar menor a 1,2 UA (Unidades de Absorbancia) para de esta manera cumplir con la Ley de Beer. Un espectrofotómetro UV (Ultravioleta-visible) de marca Genesys™ 10, fue usado para las mediciones espectrales a 510 y 700 nm, contra un blanco de agua destilada. Las mediciones se efectuaron en un intervalo de tiempo entre 15 a 30 min después de que las diluciones fueron preparadas. El contenido de pigmento fue calculado como cianidina-3-β-glucósido, antocianidina mayoritaria en la variedad de maíz morado (Montilla *et al.*, 2008), mediante las ecuaciones (2) y (3):

$$\text{Contenido de antocianina (mg/L)} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\varepsilon \times 1} \quad (2)$$

Donde:

$$A = (A_{\lambda \text{ vis-max}} - A_{700})_{pH 1.0} - (A_{\lambda \text{ vis-max}} - A_{700})_{pH 4.5} \quad (3)$$

Siendo $A_{\lambda \text{ vis-max}}$ la absorbancia máxima tomando en cuenta la antocianidina mayoritaria (cianidina-3-β-glucósido) a 510 nm, A_{700} es la lectura de la absorbancia a 700 nm, ε es la absortividad molar de la antocianidina mayoritaria ($26900 \text{ L cm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$), MW es el peso molecular (449.2 g/mol) y DF es el factor de dilución.

6. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se empleó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 3^2 correspondiente a la combinación de dos factores con tres niveles dentro de cada factor, realizándose además tres repeticiones (27 unidades experimentales). Se evaluó el efecto del nivel de sustitución de la harina de trigo por maíz morado (*Zea mays L.*) en proporciones del 10, 20, y 30% (p/p) y el uso de distintos tipos de grasa en la formulación (mantequilla, aceite y manteca vegetal). Las variables analizadas fueron humedad, contenido de antocianinas, absorción de aceite y tiempo de fritura de la masa para la elaboración de empanadas. Los 9 tratamientos con su respectiva nomenclatura se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Tratamientos

% Harina de maíz morado	Tipo de grasa	Nomenclatura
10	Aceite	10A
	Manteca vegetal	10M
	Mantequilla	10Q
20	Aceite	20A
	Manteca vegetal	20M
	Mantequilla	20Q
30	Aceite	30A
	Manteca vegetal	30M
	Mantequilla	30Q

Los porcentajes de sustitución de harina de trigo por maíz morado 10, 20 y 30% fueron seleccionados basándose en estudios preliminares que demostraron la factibilidad de estos porcentajes de mezcla para la elaboración de productos panificables. Según Morales & Villagrán (1978) la harina de maíz disminuye la calidad panadera del trigo, siendo necesario realizar sustituciones con harina de maíz hasta porcentajes del 20% dependiendo de las variedades de maíz. Por otro lado, en el proyecto PHPPF realizado en la UTA (2009), las mezclas de harina de trigo con harina de maíz en sustituciones de 10, 20 y 30% presentaron resultados favorables en la elaboración de pan sobre los siguientes factores: características externas e internas aceptables como color de la corteza, textura, color y grano de la miga, apariencia y simetría.

El empleo de tres tipos distintos de grasa (mantequilla, aceite y manteca vegetal) tiene por objetivo estudiar su influencia tanto en las propiedades reológicas de la masa, así como

también en las variables de estudio. Su elección se debe a que estas grasas son las más utilizadas en la industria panadera en el país, conociendo que su uso o preferencia en las industrias está dado únicamente por su costo en el mercado. El porcentaje empleado en todas las formulaciones fue del 10%, puesto que se ha encontrado que la cantidad de grasa en los diferentes tipos de pan varía desde 1 a 5% en pan blanco, de 5 a 10% en panes comunes y hasta un 20 a 25% en productos de repostería. Además, de que el contenido graso en los panes de la Costa y Sierra del Ecuador se halla entre un 10 a 15% (Morales & Villagrán, 1978). Estos porcentajes eran mayores en el pasado, sin embargo, en la actualidad se han reducido dado las exigencias del consumidor por obtener productos que beneficien su salud.

Establecidos los 9 tratamientos se procedió a la preparación de empanadas, la composición de la masa base en conjunto con el tiempo de amasado se resumen en la Tabla 8.

Tabla 8. Composición de la masa base para cada tratamiento

Ingrediente	Tratamientos								
	10 A	10 M	10 Q	20 A	20 M	20 Q	30 A	30 M	30 Q
	*(%)								
Harina de trigo	90	90	90	80	80	80	70	70	70
Harina de maíz morado	10	10	10	20	20	20	30	30	30
Grasa (aceite, manteca vegetal y mantequilla)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Polvo de hornear	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Azúcar	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Sal	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Agua	54	55	56	53	54	55	52	53	54
Tiempo de amasado (min)	4,5	4,5	4,5	5	5	5	5	5	5

* Porcentajes en función del total de harina

Finalmente, los datos fueron interpretados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

7. ESTUDIO SENSORIAL

Se evaluó la percepción sensorial de las empanadas elaboradas a base de harina de trigo y maíz morado, a través de técnicas y pruebas sensoriales que permitieron conocer la respuesta del consumidor hacia el alimento presentado.

La evaluación sensorial fue realizada con los dos mejores tratamientos del diseño experimental (30A y 30M), que fueron seleccionados estadísticamente una vez que se asignó una ponderación a cada variable analizada, además del análisis de costos efectuado para reconocer la formulación más factible de salir al mercado.

El estudio sensorial aplicado en esta investigación consistió en una prueba triangular y en utilizar la técnica de un grupo focal con la finalidad de conocer las opiniones y actitudes del consumidor hacia el producto.

7.1. Prueba Triangular

La prueba triangular es un método discriminatorio que permite determinar si existe una diferencia detectable entre dos muestras. La diferencia puede darse por un atributo específico como sabor, textura, color, olor, etc.; o por un cambio en los ingredientes, elaboración, envasado o almacenamiento del producto (Método AACC 33-50.02). Cualquiera que sea la diferencia, se presentará al juez tres muestras de forma simultánea, en donde dos de ellas son iguales y una es diferente, por lo que se pedirá al juez identificar la muestra diferente (Espinosa, 2007).

Número de Jueces

Para seleccionar el número de jueces, se propuso utilizar un $\alpha = 0,01$ equilibrando la presentación de las muestras, de manera que se asegure que la diferencia fue detectada por el juez con la mínima probabilidad de error. Según la norma ISO 4120:2004, se ubicó el α del estudio, un Pd del 50%, es decir que para el 50% de los jueces debe ser perceptible la diferencia entre las muestras y un $\beta = 0,05$ lo cual indica que la prueba tiene un 95% [$100(1-\beta) \%$] de probabilidad de detectar diferencia. Con estos tres parámetros se utilizó 35 jueces para la evaluación de la prueba, siendo 19 el número mínimo de respuestas necesarias para concluir que existe diferencia perceptible entre las muestras.

Metodología

La prueba triangular fue realizada a 35 jueces consumidores (estudiantes y profesores de la Universidad San Francisco de Quito, campus Cumbayá) divididos en 20 mujeres y 15 hombres, comprendidos entre los 17 y 60 años de edad. Según lo recomendado por la norma ISO 4120:2004, las muestras 30A y 30M fueron presentadas a los jueces de manera aleatoria en seis combinaciones posibles (AMA, AAM, MAA, MMA, MAM, AMM), en las cuáles las posiciones de las dos muestras son diferentes. El orden de presentación de las muestras permitió minimizar los errores en los resultados y fue diseñado de modo que cada combinación aparezca el mismo número de veces frente al juez consumidor.

La Tabla 9 muestra las combinaciones utilizadas para la realización de esta prueba.

Tabla 9. Evaluación sensorial de la formulación 30A usando Aceite “A” y 30M con Manteca vegetal “M”

Combinación	AMA	AAM	MAA	MMA	MAM	AMM
No. de muestras de la formulación 30A	2	2	2	1	1	1
No. de muestras de la formulación 30M	1	1	1	2	2	2
No. de jueces	6	6	5	6	6	6

Una vez determinadas las combinaciones, se entregó a cada juez el cuestionario perteneciente a la prueba triangular, el cual se muestra en el Anexo 1.

7.2. Grupo Focal

El grupo focal es una herramienta de investigación cualitativa utilizada para comprender las percepciones de los consumidores, opiniones, creencias y actitudes con respecto a un producto. Se pueden usar ya sea en la etapa inicial de desarrollo del producto para obtener una perspectiva acerca del mismo o después del desarrollo de productos para percibir la opinión de los consumidores y mejorar la calidad del prototipo, para esta segunda opción el investigador intentará sacar el producto al mercado en base a los resultados obtenidos por el grupo (Society of sensory professionals, 2011).

Metodología

El grupo focal estuvo conformado por 35 personas divididas en 20 mujeres y 15 hombres, que anteriormente realizaron la prueba triangular. Las variables que se evaluaron fueron actitud de compra y el aspecto a mejorar en el producto, para esta segunda variable los consumidores escogieron entre el sabor, apariencia y textura de la muestra, el formato de la prueba se observa en el Anexo 1.

Las preguntas expuestas al juez durante esta prueba, fueron elaboradas con el fin de conocer la aceptación y factibilidad con la que cuenta el producto para salir al mercado. Con este propósito se informó al juez previo a la encuesta, las características y beneficios a la salud que posee el consumo de maíz morado.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. Distribución del tamaño de partícula

La especificación del tamaño de partícula es uno de los primeros controles de calidad para las harinas de panificación (Gallegos, 2011).

Los pesos retenidos en cada tamiz para la determinación del tamaño de partícula de la harina de trigo de marca comercial Santa Lucía se muestra en la Tabla 10.

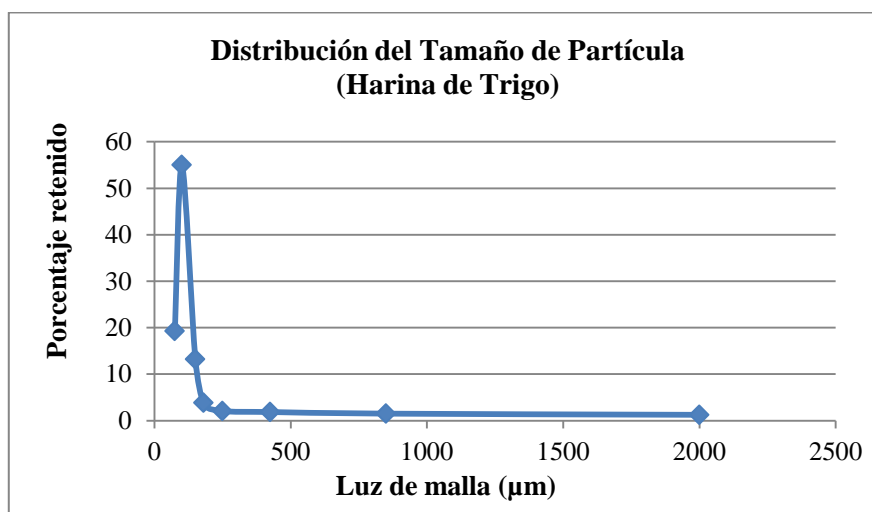
Tabla 10. Distribución del tamaño de partícula de la harina de trigo

Tamiz (ASTM)	Luz de malla (µm)	Fracción retenida	
		Peso promedio ¹ (g)	Porcentaje
10	2000	1,25	1,25
20	850	1,50	1,50
40	425	1,85	1,85
60	250	2,08	2,08
80	180	3,85	3,85
100	150	13,20	13,22
150	100,67	54,95	55,02
200	75	19,25	19,27
> 200		1,95	1,95
TOTAL		99,88	100,00

¹ Valores obtenidos con 2 repeticiones

La Tabla 10. indica que el mayor porcentaje de partículas de harina de trigo (87,5%) se encuentra distribuido en los tamices con aberturas de malla entre 75 y 150 μm . Estos datos se demuestran gráficamente en la Figura 4.

Figura 4. Distribución del tamaño de partícula de la harina de trigo (Porcentaje en peso vs. Luz de malla)



La harina de trigo de marca comercial Santa Lucía presentó una distribución de tamaño de partícula acorde a la norma técnica ecuatoriana INEN 616:2006, en donde se establece que la harina de trigo cuando es sometida a un ensayo normalizado de tamizado, mínimo el 95% deberá pasar por un tamiz de 212 μm (70 ASTM).

La granulometría de la harina determina el uso al cual se destina, por ejemplo una harina para tostadas y tamales requiere una granulometría más gruesa que la destinada a tortillas (Flores *et al.*, 2002).

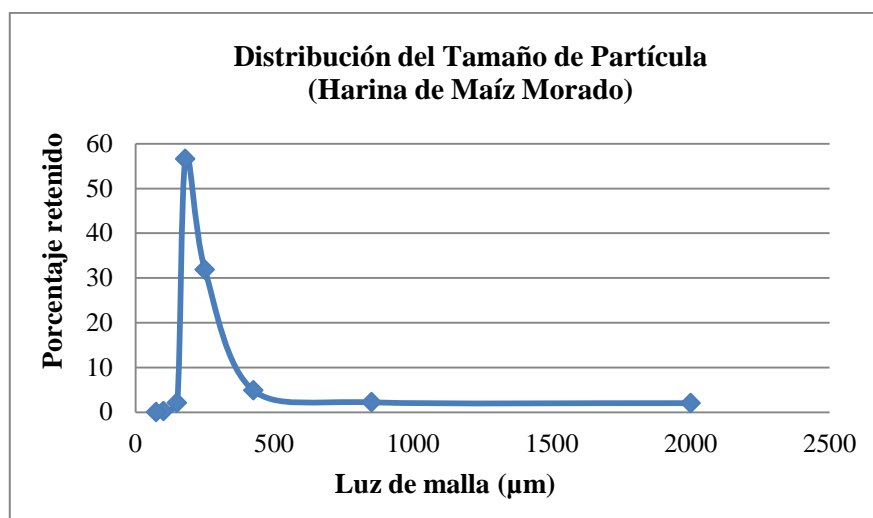
A continuación, en la Tabla 11. se presenta la granulometría de la harina de maíz morado.

Tabla 11. Distribución del tamaño de partícula de la harina de maíz morado

Tamiz (ASTM)	Luz de malla (μm)	Fracción retenida	
		Peso promedio ¹ (g)	Porcentaje
10	2000	2,05	2,05
20	850	2,23	2,23
40	425	4,88	4,88
60	250	31,83	31,85
80	180	56,58	56,61
100	150	2,10	2,10
150	100,67	0,25	0,25
200	75	0,05	0,05
> 200		0,00	0,00
TOTAL		99,95	100,00

¹ Valores obtenidos con 2 repeticiones

La Tabla 11 y la Figura 5. muestran que el mayor porcentaje de partículas de la harina de maíz morado (88%) quedan retenidas entre los tamices 60 y 80 ASTM correspondientes a la luz de malla de 250 y 180 μm . Al presentar un tamaño de partícula $<250 \mu\text{m}$, la harina de maíz morado analizada posee una granulometría fina, lo que estimula un mayor desarrollo de flexibilidad y cohesión en la fabricación de masas (Fernández *et al.*, 2008).

Figura 5. Distribución del tamaño de partícula de la harina de maíz morado (Porcentaje en peso vs. Luz de malla)

La harina de maíz morado reunió las condiciones de granulometría que la norma técnica ecuatoriana INEN 2051:1995 establece, ya que para ser considerada harina de maíz mínimo el 50% del producto debe pasar el tamiz de malla de 212 μm (70 ASTM).

8.2. PRUEBAS REOLÓGICAS

Caracterización Farinográfica en Mezclas de Harinas

El farinograma es un método de ensayo que determina las características y calidad de las harinas, midiendo su comportamiento durante la formación de la masa y el proceso de amasado. Con este método se registra la resistencia que la masa opone a un amasado uniforme, traduciéndolo bajo la forma de un diagrama, que expresa la resistencia en función del tiempo (Nuñez & Castillo, 2009).

La Tabla 12. registra los datos correspondientes a absorción de agua, estabilidad, valor valorimétrico, tiempo de amasado e índice de tolerancia para cada porcentaje de sustitución de harina de trigo por maíz morado. Los diagramas obtenidos por el Farinógrafo se muestran en el Anexo 2.

Tabla 12. Farinograma para las mezclas de harina de trigo y maíz morado

MUESTRA DE HARINA	ABSORCIÓN DE H ₂ O (%)	TIEMPO (MINUTOS)			INDICE TOLER. (U.B.)	VALOR VALORIMÉTRICO
		LLEGADA	AMASADO	ESTABLD		
90% Trigo - 10% Maíz Morado	64	2,0	4,5	6,5	30	66
80% Trigo - 20% Maíz Morado	63	2,5	5,0	6,0	40	66
70% Trigo - 30% Maíz Morado	62	2,5	5,0	5,5	40	66

Dentro de los resultados que se obtienen en el Farinograma, están:

Absorción de agua

La absorción de agua es la cantidad de agua requerida para desarrollar una consistencia estándar de la masa de 500 U.B. (Unidades Brabender) en el punto de máximo desarrollo de la curva.

Se puede identificar que mientras mayor es el porcentaje de sustitución de la harina de trigo por harina de maíz morado, la absorción de agua disminuye. Este porcentaje de absorción depende de la granulometría de la harina, el contenido de proteína y almidón, la humedad inicial y humedad relativa del ambiente (Rodríguez *et al.*, 2005). La mezcla con el 10% de harina de maíz morado mostró una mayor capacidad de absorción de agua, posiblemente debido al mayor contenido de proteína (gluteninas y gliadinas) presentes en el trigo, que forman una red de gluten que les permite la retención de agua, lo que se traduce en un mayor rendimiento de la masa.

Tiempo de llegada

El tiempo de llegada es la medida (min) de la tasa de hidratación de la harina, requerido para alcanzar la línea de 500 U.B. de consistencia. Según Mayorga (2010) mientras menor es el tiempo de llegada, mayor es la velocidad de absorción de agua. Las tres mezclas experimentales tuvieron un tiempo de llegada similar, considerando que el tiempo de llegada de la mezcla con 10% de harina de maíz morado difirió de las otras dos mezclas por 30 segundos.

Tiempo de amasado

El tiempo de amasado, es el necesario para que la masa alcance su máxima consistencia de 500 U.B., obteniendo un mejor desarrollo. Es un indicador de la fuerza relativa de la harina, conociendo que harinas más fuertes necesitan períodos más prolongados que las harinas débiles (Mayorga, 2010).

Se estableció que la mezcla con 10% de maíz morado requiere un tiempo de amasado de 4.5 min, que se encuentra dentro del rango considerado ideal por la industria panadera para la elaboración de pan (2.5 – 4.5 min) y evidencia además, las características de una harina fuerte, posibilitando la formación de gluten (Calaveras, 1996). Si el amasado se realiza en tiempos inferiores a los mencionados, no se producirá una completa absorción de agua y la consistencia de la masa no será idónea para la elaboración de productos de panificación.

Por otro lado, las sustituciones del 20 y 30% de maíz morado reportaron tiempos de amasado de 5 min. Estas mezclas al presentar tiempos de amasado mayores a 4.5 min, son consideradas resistentes al amasado. El mayor tiempo de amasado se encuentra relacionado

con la velocidad de la masa tanto para formar la red de gluten, como para absorber agua (Alvarado & Aguilera, 2001).

Es importante considerar que los tiempos de amasado muy largos no son convenientes, puesto que la reducción del tiempo de desarrollo de la masa, permitirá conseguir un mejor manejo y acortamiento del tiempo en los procesos de panificación (Lascano, 2010).

Tiempo de estabilidad

El tiempo de estabilidad es un índice que manifiesta la calidad de la harina. Todas las masas decaen eventualmente durante un amasado continuo y esta fase es indicada en el farinograma por un descenso de la curva. Cuanto más pronto sucede esta caída, menos tiempo de tratamiento en la amasadora y en fermentación puede tolerar la harina (Alvarado & Aguilera, 2001).

Tal como se observa en la Tabla 12, el aumento del porcentaje de harina de maíz morado en las mezclas experimentales, genera un descenso en el tiempo de estabilidad de las harinas, lo cual se debe a la disminución en la cantidad de proteínas formadoras del gluten. La mezcla con 10% de harina de maíz morado muestra un tiempo de estabilidad de 6.5 min, clasificándola en harina de buena calidad para la elaboración de pan (Lascano, 2010), mientras que las mezclas con 20 y 30% de maíz morado al presentar tiempos de 6 y 5.5 min respectivamente, son clasificadas como harinas de calidad discreta (> 5 min) y no son recomendables para la elaboración de productos fermentados, puesto que no favorecerán a la retención de gas carbónico para el esponjamiento de la masa (Ramírez, 2003).

Índice de tolerancia

El índice de tolerancia representa la resistencia de la masa durante el amasado. Es la medida en U.B. de la caída de la curva 5 minutos después de llegar a la parte superior (500 U.B.). Un valor alto del índice significa que la harina se debilitará rápidamente después de alcanzar el máximo desarrollo (Lascano *et al.*, 2009).

Las sustituciones del 10, 20 y 30% de harina de maíz morado presentaron un índice de tolerancia del 30, 40 y 40 U.B. respectivamente; que junto a sus características de tiempo de desarrollo y estabilidad, son clasificadas como mezclas de harina de buena calidad (30 - 50 U.B.) para la elaboración de productos de panificación; teniendo en cuenta, que para la

elaboración de un pan común se establece un índice de tolerancia < 125 U.B. (Calaveras, 1996).

Los resultados obtenidos demuestran además, que el índice de tolerancia y el tiempo de estabilidad son dos variables que indican la fuerza de la harina. Mientras más prolongado sea el tiempo en que la masa se mantiene en la máxima consistencia (500 U.B.), menor es el índice de tolerancia y por lo tanto, más fuerte es la masa.

Valor Valorimétrico

El valor valorimétrico es aquel que interpreta los farinogramas en un solo número, sobre la base del tiempo de desarrollo de la masa, de su grado de decaimiento y de la fuerza de la harina. Es particularmente útil en el mezclado de harinas y facilita la aplicación de la proporción adecuada de harinas de fuerzas distintas para alcanzar la mezcla deseada (Alvarado & Aguilera, 2001).

Todas las mezclas analizadas del 10, 20 y 30% de sustitución de harina de trigo por harina de maíz morado, muestran un valor valorimétrico de 66, que confirma que estas mezclas de harina poseen una calidad aceptable para la preparación de productos de panificación.

El farinograma obtenido para las mezclas de harina de trigo y maíz morado, permite establecer como regla general que mientras mayor es el porcentaje de sustitución de harina de trigo, menor es el porcentaje de absorción de agua y el tiempo de estabilidad de la mezcla. Así mismo, un porcentaje de sustitución menor de harina de trigo se manifiesta en un menor tiempo de llegada, tiempo de amasado e índice de tolerancia.

Caracterización Extensográfica en Mezclas de Harinas

Un extensograma generalmente se aplica a masas preparadas en el farinógrafo. Este análisis se realiza usando un extensógrafo, diseñado para conocer las características de extensión natural de una masa. El extensógrafo mide la estabilidad de una masa y la resistencia que opone luego de un período de reposo (Rodríguez *et al.*, 2005).

Los parámetros del extensograma reportados en este estudio corresponden a las masas reposadas después de 135 min, la Tabla 13. muestra los resultados obtenidos para cada porcentaje de sustitución de harina de trigo por maíz morado.

La gráfica del extensograma expresa la fuerza de la masa a la extensión medida en Unidades Brabender (U.B.) en función de la extensibilidad medida en centímetros (cm), tal como se observa en el Anexo 3.

Tabla 13. Extensograma para las mezclas de harina luego de un período de reposo de 135 min

MUESTRA DE HARINA	*a EXTENSIB (mm)	RESIST. EXTENSIB. (U.B.)		ENERGÍA (cm ²)	b/a
		*b 5 (cm)	MÁXIMO		
90% Trigo - 10% Maíz Morado	188	415	680	163	2,2
80% Trigo - 20% Maíz Morado	160	410	610	122	2,6
70% Trigo - 30% Maíz Morado	130	410	500	85	3,15

*a: Extensibilidad

*b: Resistencia a la extensión

En el extensograma se registran los siguientes parámetros:

Extensibilidad

La extensibilidad es la capacidad de la masa para ser estirada sin producirse roturas ni resquebrajamientos, interviniendo principalmente la cantidad de proteínas formadoras del gluten presentes en la masa. Una propiedad que se encuentra íntimamente ligada es la cantidad de agua libre absorbida por la harina; pues a mayor cantidad de agua, la masa adquiere una consistencia pegajosa y muy suave, pero si esta es poca la masa es dura y resistente al estiramiento (Ramírez, 2003). La extensibilidad se calcula al medir la longitud del extensograma en milímetros desde el inicio al final de la curva.

Los datos en el extensograma, muestran que la extensibilidad de la masa disminuye al aumentar el porcentaje de harina de maíz morado en las mezclas analizadas. Obteniéndose una extensibilidad de 188, 160 y 130 mm para las mezclas de harina con el 10, 20 y 30% de sustitución respectivamente. Estos resultados muestran que el gluten refuerza la calidad de la harina, lo que da un mejor cuerpo a la masa y por tanto, un mejor desarrollo de los productos de panificación. De acuerdo a Lascano (2010) una forma de compensar la menor extensibilidad de mezclas trigo - cebada, es incrementando el tiempo de amasado.

Resistencia a la extensión

La resistencia es la propiedad de un cuerpo en virtud de la cual soporta la aplicación de una fuerza sin sufrir ruptura o una deformación profunda. Esta propiedad se calcula por medio de un extensograma, considerando la altura de este después de 5 cm de alargamiento (Alvarado & Aguilera, 2001).

El porcentaje de harina de maíz morado no afectó significativamente a la resistencia de la masa a la extensión (≤ 5 U.B.) después del tercer período de fermentación (135 min.), logrando medidas de 415, 410 y 410 U.B. para las sustituciones del 10, 20 y 30% de maíz morado (Rodríguez *et al.*, 2005).

Resistencia máxima

Es el valor obtenido en el punto más alto de la curva, que representa la resistencia máxima de la masa al ser extendida (Ramírez, 2003). Se ha identificado que las gluteninas de cadena ramificada, son las que confieren aparentemente a la masa su propiedad de resistencia a la extensión (Hosseney, 1991).

A pesar de haber encontrado poca variación en la resistencia de la masa a la extensión una vez transcurridos 5 cm de alargamiento, los datos expresaron lo contrario al analizar la influencia del porcentaje de harina de maíz morado en la resistencia de la masa en el punto más alto de la curva. Las resistencias de 680, 610 y 500 U.B. en las mezclas de harinas con el 10, 20 y 30% de sustitución, demostraron que al aumentar el porcentaje de harina de maíz morado la resistencia máxima disminuye; lo que representa una disminución en la fuerza de la harina debido a la reducción en su contenido proteico.

Energía

La energía necesaria para desarrollar una masa, está representada en el extensograma por el área bajo la curva y es determinada con ayuda de un planímetro (Alvarado & Aguilera, 2001). En base a estudios preliminares, se estableció que para la elaboración de productos fermentados se recomienda el uso de harinas fuertes, en donde la energía se encuentre en rangos que van desde 170 a 200 cm² (Quaglia, 1991).

La fuerza desarrollada por cada muestra de harina disminuyó con la adición de harina de maíz morado luego de 135 minutos de reposo. Se reporta un área de 163 cm^2 para la mezcla con 10% de harina de maíz morado, que al encontrarse dentro de los límites de $130 - 170 \text{ cm}^2$, es clasificada como harina de buena calidad en procesos de panificación.

Por otro lado, la sustitución con 20% de harina de maíz morado es considerada una harina con aptitud regular para la panificación, al presentar un área de 122 cm^2 ($< 130 \text{ cm}^2$). Finalmente, el uso del 30% de harina de maíz morado genera un área bajo la curva de 85 cm^2 ($< 110 \text{ cm}^2$), por lo que se deduce que ambas mezclas con el 20 y 30% de sustitución no soportan períodos largos de fermentación y deben destinarse a la formulación de productos como galletas, bizcochos, empanadas, etc. (Ramírez, 2003).

Cifra de proporción (b/a)

La cifra de proporción se obtiene dividiendo la resistencia por la extensibilidad. Cuanto más alta es la cifra de proporción, más tenaz es la masa (Nuñez & Castillo, 2009).

Los resultados en el extensograma demostraron una relación directa en la influencia del porcentaje de sustitución de harina de maíz morado sobre la cifra de proporción; es decir, que mientras mayor era el porcentaje de harina de maíz morado, mayor fue la tenacidad de la masa y viceversa.

La masa preparada con 30% de harina de maíz morado presentó una cifra de proporción de 3.15 U.B., por lo que tendrá mayor tendencia a encogerse y formará productos de panificación con menor volumen que con las otras dos sustituciones del 20% (2.6 U.B.) y 10% (2.2 U.B.). Esto se debe a las proteínas formadoras de gluten presentes en la harina de trigo, que retendrán el dióxido de carbono logrando un producto con buen volumen. Además, un equilibrio entre tenacidad y extensibilidad permitirá un mejor desarrollo de las piezas de panificación, evitando la pérdida de humedad (Rodríguez *et al.*, 2005).

8.3. ANÁLISIS PROXIMAL

Determinación de Extracto Etéreo

El contenido de extracto etéreo de la harina de maíz morado fue de 4.77%, promedio obtenido a partir de tres determinaciones realizadas indistintamente, de las que se registraron valores de 4.74, 4.66 y 4.92%. Dato que coincide con el contenido de extracto etéreo de la harina de maíz morado (4.80%) reportado por la Tabla de Composición de los alimentos ecuatorianos de 1985.

Sin embargo, esta determinación es menor a la establecida por Jacho (2009) en 11 accesiones de maíz morado colectadas en la serranía del Ecuador, quien encontró un promedio de 6.65%. La diferencia puede deberse a que el contenido de extracto etéreo depende principalmente de la variedad de maíz, de las condiciones de cultivo y del procesamiento al que se somete al maíz tras la cosecha (Gallegos, 2011).

En cuanto al contenido de extracto etéreo de la harina de trigo, el valor reportado en la información nutricional (0%) fue utilizado como referencia.

Determinación de Proteína

Las harinas de trigo se clasifican en base al contenido de proteína que poseen en su composición (Lascano, 2010). El porcentaje de proteína encontrado para la harina de trigo Santa Lucía fue de 9.67%, promedio correspondiente a tres determinaciones. Este valor coincide con el reportado en la etiqueta nutricional de esta harina (10%). El contenido de proteína determinado corresponde a la clasificación de harinas tres ceros (000), delimitada entre 9 y 14% de proteína. Este tipo de harina se caracteriza por tener condiciones intermedias que posibilitan la formación de gluten y es ideal para la elaboración de pan (Carpanta, 1998). Así mismo, la norma técnica ecuatoriana INEN 616:2006 establece un mínimo del 10% de proteína para harinas de trigo panificables.

Referente a la harina de maíz morado, se determinó un contenido de proteína de 8.73%. Porcentaje similar al reportado por Jacho (2009), quien identificó un promedio de 8.41% en 11 accesiones de maíz morado recolectadas en la serranía del Ecuador. Estos datos se

encuentran dentro del rango proteico establecido por la FAO (2008) para las variedades comunes, estableciendo un rango entre el 8 y 11%.

Determinación de Humedad

El contenido de humedad fue determinado tanto en las mezclas de harina como en la masa base para la preparación de empanadas antes y después de la fritura.

Las mezclas de harinas con 10, 20 y 30% de sustitución de harina de trigo por harina de maíz morado, presentaron un contenido de humedad del 14.10, 13.60 y 13.20% respectivamente. Los resultados encontrados son un promedio de tres determinaciones y muestran la disminución en el contenido de humedad, conforme aumentaba el porcentaje de sustitución con harina de maíz morado.

Por otra parte, los valores de humedad obtenidos de cada una de las mezclas de harinas cumplen con la norma técnica ecuatoriana INEN 616:2006 para harinas de trigo panificables, en donde la humedad máxima permitida es del 14.5%. Carpanta (1998) reportó además, que cuando la humedad sobrepasa el 15%, la harina se hace susceptible al ataque de hongos, cambio de sabor, acción enzimática y proliferación de insectos.

8.4. PRUEBAS ANALÍTICAS – DISEÑO EXPERIMENTAL

8.4.1. Determinación de Humedad

En la Tabla 14. se presenta el resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de humedad de los tratamientos antes del proceso de fritura.

Tabla 14. Resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de humedad de la masa de los tratamientos antes del proceso de fritura

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	F tab. 0,01	F tab. 0,05
Total	26	18,898	-	-	-	-
Tratamientos	8	18,360	2,295	76,76 **	3,71	2,51
% Sustitución (s)	2	18,150	9,075	303,52 **	6,01	3,55
Tipo de grasa (g)	2	0,035	0,018	0,59 ^{NS}	6,01	3,55
Interacción sxg	4	0,175	0,044	1,46 ^{NS}	4,58	2,93
Error	18	0,538	0,030			

** Significativo al 1% de error para la prueba F

^{NS} No Significativo al 5% de error para la prueba F

La tabla anterior muestra que existió diferencia significativa entre los tratamientos con un error del 1%. El tipo de grasa utilizado en la formulación y la interacción entre el porcentaje de sustitución de harina de maíz morado y el tipo de grasa no influyeron sobre la humedad de la masa, siendo el porcentaje de sustitución de harina de maíz morado el único factor que tuvo influencia significativa sobre el contenido de humedad de los tratamientos.

A continuación se presenta el contenido de humedad de los tratamientos.

Tabla 15. Contenido de humedad de la masa de los tratamientos antes del proceso de fritura

Tratamiento	Humedad (%) ¹⁾
10 Q	38,175 a
10 A	37,980 a
10 M	37,916 a
20 M	37,248 b
20 Q	37,155 b
20 A	37,008 b
30 A	36,074 c
30 Q	35,995 c
30 M	35,991 c

¹⁾ Rangos de significancia

Medidas seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

De acuerdo a la Tabla 15. la prueba de Tukey no encontró separación entre las medias de los tratamientos a un mismo porcentaje de sustitución de harina de maíz morado ($p > 0.05$), la diferencia se identificó entre tratamientos a distinto porcentaje de sustitución, sin que exista influencia del tipo de grasa utilizado en la formulación. Se observó una disminución en el contenido de humedad conforme va aumentando la sustitución de harina de trigo.

La medición de la variable durante las 3 repeticiones fue efectuada con un coeficiente de variación (CV) de 0.47% y una desviación estándar (δ) de 0.14. Tanto el valor del coeficiente de variación como el de la desviación estándar fueron bajos, demostrando que la toma de datos fue precisa para esta variable (Sánchez, 2009).

Los mejores tratamientos respecto al contenido de humedad fueron aquellas masas elaboradas con 30% de sustitución de harina de trigo por maíz morado (30A, 30Q y 30M),

ya que en el proceso de fritura la humedad se mueve desde la superficie del alimento hasta la capa del aceite, una superficie muy húmeda favorecería los procesos de hidrólisis y la formación de espuma, con la consiguiente aceleración de la oxidación (Suaterna, 2009).

Con la finalidad de obtener una referencia a cerca del contenido de humedad que debe tener una empanada con características similares a las del alimento presentado por esta investigación, se buscó un producto con aceptación en el mercado ecuatoriano. Productos Taty son empanadas de harina de trigo y rellenas de queso listas para freír, la respectiva información de este alimento se encuentra detallada en el Anexo 4. Estas empanadas fueron sometidas al proceso de fritura bajo las mismas condiciones con las que se realizó este estudio y registraron un valor de humedad del 27.12%, promedio obtenido a partir de tres determinaciones antes de ser fritas.

La diferencia con respecto al contenido de humedad encontrado en los tratamientos con 30% de maíz morado (aprox. 36%), puede deberse a que esta masa fue elaborada en base a la absorción de agua ideal obtenida en el farinógrafo.

Esto se explica por la temperatura a la cual debe mantenerse el interior del almacén refrigerado, una de las variables operacionales que debe ser considerada en un proceso de refrigeración. Fluctuaciones de la temperatura puede producir condensación de humedad en la superficie de los alimentos refrigerados almacenados (Barreiro & Sandoval, 2006).

La determinación de humedad fue además efectuada para todos los tratamientos una vez finalizado el proceso de fritura. La Tabla 16 presenta el resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) para esta variable.

Tabla 16. Resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de humedad de la masa de los tratamientos después del proceso de fritura

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	F tab. 0,01	F tab. 0,05
Total	26	92,840	-	-	-	-
Tratamientos	8	89,441	11,180	59,21 ^{**}	3,71	2,51
% Sustitución (s)	2	88,928	44,464	235,47 ^{**}	6,01	3,55
Tipo de grasa (g)	2	0,177	0,089	0,47 ^{NS}	6,01	3,55
Interacción sxg	4	0,336	0,084	0,44 ^{NS}	4,58	2,93
Error	18	3,399	0,189			

^{**} Significativo al 1% de error para la prueba F

^{NS} No Significativo al 5% de error para la prueba F

Al igual que el ANOVA del contenido de humedad antes de la fritura, la Tabla 16 muestra que existió diferencia significativa entre los tratamientos con un error del 1% y que el porcentaje de sustitución de harina de maíz morado fue el único factor que tuvo influencia significativa en el porcentaje de humedad de la masa frita.

La humedad de los tratamientos después de la fritura se indica a continuación.

Tabla 17. Contenido de humedad de la masa de los tratamientos después del proceso de fritura

Tratamiento	Humedad (%) ¹⁾
10 A	24,504 a
10 Q	24,216 a
10 M	24,070 a
20 A	22,556 b
20 Q	22,494 b
20 M	22,365 b
30 M	20,000 c
30 A	19,862 c
30 Q	19,671 c

¹⁾ Rangos de significancia

Medidas seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

La Tabla 17. muestra que la prueba de Tukey no encontró separación entre las medias de los tratamientos a un mismo porcentaje de sustitución de harina de maíz morado ($p > 0.05$), e indica que los tratamientos con 10% de sustitución presentan un mayor contenido de humedad. La medición de la variable fue efectuada con un coeficiente de variación (CV) de 1.96% y una desviación estándar (δ) de 0.35. Tanto el valor del coeficiente de variación como el de la desviación estándar fueron bajos, demostrando que la toma de datos fue precisa para esta variable (Sánchez, 2009).

De manera similar que para la determinación del contenido de humedad antes del proceso de fritura, los mejores tratamientos fueron las masas fritas elaboradas con 30% de sustitución de harina de trigo por maíz morado (30A, 30Q y 30M), debido a que un menor porcentaje de humedad del producto terminado genera un mayor tiempo de vida útil (Toledo, 1982).

Al comparar los resultados con los Productos Taty, empanadas de harina de trigo y rellenas de queso listas para freír, se observó que estas empanadas después de someterlas al proceso de fritura presentaron un valor de humedad de 11.24%. El menor porcentaje de humedad en la masa de la empanada Taty, garantiza una humedad menor luego de la fritura.

8.4.2. Absorción Lipídica

El resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) de la absorción lipídica de los tratamientos se observa en la Tabla 18.

Tabla 18. Resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) de la absorción lipídica de la masa de los tratamientos

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	F tab. 0,01	F tab. 0,05
Total	26	32,939	-	-	-	-
Tratamientos	8	32,196	4,024	97,52 **	3,71	2,51
% Sustitución (s)	2	31,661	15,831	383,61 **	6,01	3,55
Tipo de grasa (g)	2	0,357	0,179	4,33 *	6,01	3,55
Interacción s x g	4	0,178	0,044	1,08 ^{NS}	4,58	2,93
Error	18	0,743	0,041			

** Significativo al 1% de error para la prueba F

* Significativo al 5% de error para la prueba F

^{NS} No Significativo al 5% de error para la prueba F

El resumen del análisis de varianza (ANOVA) presentado en la Tabla 18. indica una diferencia significativa entre los tratamientos con un error del 1%. El porcentaje de sustitución de harina de maíz morado influyó sobre esta variable al 1% de error, al igual que el tipo de grasa utilizado en la formulación bajo un error del 5%. Sin embargo, la interacción entre ambos harina de maíz morado y tipo de grasa, no tuvo influencia sobre la absorción lipídica del producto.

La siguiente tabla presenta la absorción lipídica de los tratamientos.

Tabla 19. Absorción lipídica de la masa de los tratamientos

Tratamiento	Absorción lipídica (%)	¹⁾
30 M	11,476	a
30 A	11,153	a
30 Q	11,140	a
20 M	10,006	b
20 A	9,706	b
20 Q	9,561	b
10 Q	8,636	c
10 M	8,628	c
10 A	8,570	c

¹⁾ Rangos de significancia

Medidas seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

De acuerdo a la Tabla 19, la prueba de Tukey no encontró separación entre las medias de los tratamientos a un mismo porcentaje de sustitución de harina de maíz morado, siendo los tratamientos que absorben mayor cantidad de lípidos aquellos elaborados con 30% de sustitución. La diferencia se identificó al utilizar distintos porcentajes de sustitución de harina de trigo por maíz morado, observándose un incremento en la grasa absorbida, a medida que aumentó el porcentaje de sustitución en los tratamientos. La medida de esta variable se obtuvo a partir de datos recolectados con un coeficiente de variación (CV) de 2.06% y una desviación estándar (δ) de 0.17. Tanto el valor del coeficiente de variación como el de la desviación estándar fueron bajos, demostrando que la toma de datos fue precisa para esta variable (Sánchez, 2009).

Los mejores tratamientos, según esta variable, fueron aquellos preparados con 10% de sustitución de harina de trigo por maíz morado (10Q, 10M y 10A), debido a que presentaron el menor porcentaje de absorción lipídica durante la fritura. La importancia de reducir al mínimo la absorción de lípidos, está dada a que los alimentos impregnados de grasa son menos palatables, contienen más calorías y afectan la aceptabilidad del consumidor al elegir alimentos fritos (B. Ott, 1987).

Durante el proceso de fritura, las altas temperaturas provocan la deshidratación de los alimentos, lo que ocasiona la absorción de aceite en los espacios que deja el agua (Badui, 2006). Esta afirmación sugiere que entre más alto sea el contenido de agua, mayor será la

absorción de lípidos. Sin embargo, los resultados obtenidos mostraron que al aumentar el porcentaje de humedad, la absorción de grasa disminuyó. Lo que puede ser explicado ya que la humedad del alimento comienza a formar vapor debido a las altas temperaturas de freído y se elimina mediante un burbujeo que desciende gradualmente a medida que el alimento va cocinándose, la generación de vapor limita la penetración del aceite de la superficie hacia el interior del alimento (Lawson, 1994).

La cinética de absorción de aceite por parte del producto dependerá de las propiedades de permeabilidad de la costra formada en la superficie del alimento. Así, cuando el alimento es retirado del aceite caliente y empieza el enfriamiento, la presión del vapor disminuye y produce un efecto de succión, ayudando a que el aceite depositado en la superficie del alimento pueda atravesar la costra (Vitrac *et al.*, 2000). El bajo porcentaje de absorción lipídica en los tratamientos preparados con 10% de sustitución pudo deberse a la formación de la costra de manera rápida, dificultando la migración de la grasa en el producto frito. Además, la pérdida de agua no es uniforme en el producto, primero ocurre en la superficie y, según transcurre el calentamiento, gradualmente va afectando al interior del alimento. Por ello, la absorción de aceite tiene lugar en mayor grado a nivel superficial (Costa & Oliveira, 1999).

Por otro lado, los valores de absorción lipídica de los 9 tratamientos analizados en esta investigación son bajos. Al encontrarse en un rango que va del 8.6 al 11.5%, si se conoce que normalmente del 5 al 40% del peso final del alimento frito es grasa absorbida (Suaterna, 2009). Estos resultados demuestran que los factores que regulan la cantidad de lípidos que absorberá un sistema alimenticio durante la fritura fueron controlados adecuadamente. Tal como son, el tiempo y la temperatura de calentamiento, el área superficial del producto, composición y naturaleza del alimento y la relación entre la cantidad de aceite y el producto a freír (10:1). Según datos reportados por algunas investigaciones verificar estos factores permite reducir la absorción de grasa en el alimento, mantener el perfil de ácidos grasos y disminuir la formación de compuestos tóxicos, aumentando la vida útil del aceite (Cuesta *et al.*, 1993).

Adicionalmente, el tipo de grasa utilizado en la formulación interfiere con la hidratación y con el desarrollo de una estructura de gluten cohesiva, por lo tanto, deben añadirse lípidos

a las masas para lograr un producto final blando y fácil de partir (B. Ott, 1987). El uso de aceite, manteca vegetal o mantequilla en la formulación de empanadas, está relacionado con el aumento de la friabilidad de las masas (Lawson, 1994). La naturaleza de los lípidos se ve reflejada en su plasticidad, los lípidos más plásticos como la manteca vegetal, se extenderán presumiblemente con mayor facilidad y cubrirán una mayor superficie de harina, teniendo así un mayor efecto sobre la friabilidad de la masa. Así mismo, los lípidos insaturados cubren superficies mucho mayores por molécula que los ácidos grasos saturados, y poseen un mayor poder de ablandamiento debido a la atracción de los dobles enlaces (B. Ott, 1987).

Se puede ordenar los lípidos utilizados en esta investigación de acuerdo a su plasticidad, siendo el aceite vegetal el más plástico entre ellos (20-35% de ácidos grasos saturados) (Arroyo, 1995), seguido de la manteca vegetal (10-35% de ácidos grasos saturados) (Badui, 2006) y finalmente, la mantequilla (62-69% de ácidos grasos saturados) (Lawson, 1994).

8.4.3. Tiempo de Fritura

En la siguiente tabla se resume el Análisis de Varianza (ANOVA) del tiempo de fritura de los tratamientos.

Tabla 20. Resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) del tiempo de fritura de la masa de los tratamientos

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	F tab. 0,01	F tab. 0,05
Total	26	0,085	-	-	-	-
Tratamientos	8	0,082	0,010	71,22 **	3,71	2,51
% Sustitución (s)	2	0,081	0,041	281,26 **	6,01	3,55
Tipo de grasa (g)	2	0,0005	0,0002	1,56 ^{NS}	6,01	3,55
Interacción sxg	4	0,001	0,0001	1,03 ^{NS}	4,58	2,93
Error	18	0,003	0,0001			

** Significativo al 1% de error para la prueba F

^{NS} No Significativo al 5% de error para la prueba F

En base a la Tabla 20. existió diferencia significativa entre los tratamientos con un error del 1%. Así mismo, se analizó la influencia de los factores porcentaje de sustitución de harina de trigo por maíz morado y tipo de grasa utilizado en la elaboración de empanadas

con su respectiva interacción, observándose que el porcentaje de sustitución fue el único factor que influyó significativamente sobre el tiempo de fritura.

La tabla indicada a continuación, presenta el tiempo de fritura de los tratamientos.

Tabla 21. Tiempo de fritura de la masa de los tratamientos

Tratamiento	Tiempo de fritura (min)	¹⁾
30 M	2,370	a
30 A	2,360	a
30 Q	2,353	a
20 A	2,290	b
20 M	2,277	b
20 Q	2,273	b
10 M	2,233	c
10 Q	2,227	c
10 A	2,223	c

¹⁾ Rangos de significancia

Medidas seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

Como se muestra en la Tabla 21, la prueba de Tukey encontró separación entre las medias de los tratamientos a distintos porcentajes de sustitución de harina de trigo por maíz morado, e igualdad entre las medias a un mismo nivel de sustitución. Igualmente, se observó que mientras mayor fue la sustitución, mayor fue también el tiempo requerido para efectuar el proceso de fritura. La medida de esta variable fue realizada con un coeficiente de variación (CV) de 0.52% y una desviación estándar (δ) de 0.01. Tanto el valor del coeficiente de variación como el de la desviación estándar fueron bajos, demostrando que la toma de datos fue precisa para esta variable (Sánchez, 2009).

Los tratamientos preparados con 10% de sustitución de harina de trigo, presentaron el menor tiempo durante el proceso de fritura (2.2 min) a una temperatura de 180°C. La relación tiempo - temperatura es una manera de controlar la cantidad de aceite absorbido por el alimento y la calidad sensorial del producto terminado (B. Ott, 1987). Por otro lado, los bajos tiempos de fritura permitirán mejorar la capacidad de producción de las empanadas, si se requiere comercializar este producto.

Todos los prototipos fueron considerados los mejores según esta variable, al presentar tiempos de fritura dentro de un rango entre 2 - 4 min. Alvis & Vélez (2008) demostraron que a estos tiempos se obtienen valores mínimos de la fuerza de fractura y prácticamente no existe mayor influencia de la temperatura. Debido a que durante los primeros minutos de fritura se produce un ablandamiento de la empanada, por la gelatinización de los almidones que hacen el producto más blando (Anderson, 1994). Esta es la razón por la que todos los tratamientos analizados en este estudio presentaron una textura blanda, con buena estructura de la miga y firmeza de la corteza, lo que permitió una buena aceptabilidad del producto por parte del consumidor, tal como se mostrará más adelante en el estudio sensorial.

Los parámetros analizados en este estudio como son: tiempo de fritura, porcentaje de absorción lipídica y contenido de humedad se encuentran relacionados entre sí. Se identificó que los tratamientos elaborados con 10% de sustitución de harina de trigo por maíz morado presentaron los tiempos de fritura más cortos y el menor porcentaje de absorción lipídica. Los resultados obtenidos demostraron que para tiempos cortos se produce una absorción de aceite inferior (B. Ott, 1987). De igual forma, Moreira *et al.*, (1995) observaron que mientras transcurre el tiempo de fritura, aumenta la cantidad de aceite que se encuentra en la superficie de tortillas de maíz.

Otro de los parámetros analizados fue el contenido de humedad de la masa, la cual guarda relación con el tiempo de fritura. Mientras menor sea el contenido de agua inicial del alimento, menor será el tiempo que se demore en alcanzar la humedad final adecuada (Garayo & Moreira, 2002). De manera que si se pretende conseguir un nivel fijo de humedad en el producto, es necesario controlar el tiempo de fritura.

8.4.4. Cuantificación de Antocianinas

El contenido de antocianinas fue determinado para cada uno de los tratamientos antes y después del proceso de fritura, con el fin de establecer la estabilidad de las antocianinas presentes en el maíz morado.

En la siguiente tabla se muestra el resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de antocianinas antes del proceso de fritura.

Tabla 22. Resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de antocianinas de la masa de los tratamientos antes del proceso de fritura

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	F tab. 0,01	F tab. 0,05
Total	26	51,360	-	-	-	-
Tratamientos	8	51,135	6,392	510,75 **	3,71	2,51
% Sustitución (s)	2	50,993	25,497	2037,34 **	6,01	3,55
Tipo de grasa (g)	2	0,045	0,023	1,82 ^{NS}	6,01	3,55
Interacción s x g	4	0,096	0,024	1,92 ^{NS}	4,58	2,93
Error	18	0,225	0,013			

** Significativo al 1% de error para la prueba F

^{NS} No Significativo al 5% de error para la prueba F

De acuerdo a la Tabla 22, existió diferencia significativa entre los tratamientos con un error del 1%. Se identificó además, que el porcentaje de sustitución de harina de trigo por maíz morado fue el único factor que influyó significativamente sobre el contenido de antocianinas de los tratamientos al 1% de error.

La tabla siguiente muestra el contenido de antocianinas de los tratamientos antes del proceso de fritura.

Tabla 23. Contenido de antocianinas de la masa de los tratamientos antes del proceso de fritura

Tratamiento	Antocianina (mg/g de masa) ¹⁾	
30 A	4,784	a
30 Q	4,764	a
30 M	4,747	a
20 Q	3,462	b
20 A	3,340	b
20 M	3,166	b
10 A	1,444	c
10 M	1,410	c
10 Q	1,374	c

¹⁾ Rangos de significancia

Medidas seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

Como se observa en la Tabla 23, la prueba de Tukey no encontró separación entre las medias de los tratamientos a un mismo porcentaje de sustitución de harina de maíz morado, la diferencia se identificó al utilizar distintos porcentajes de sustitución de harina de trigo por maíz morado. Los tratamientos que presentaron mayor contenido de antocianinas fueron aquellos elaborados con 30% de sustitución. Así mismo, se determinó un incremento en el contenido de antocianinas conforme va aumentando la sustitución de harina de trigo. La medición de esta variable fue efectuada con un coeficiente de variación (CV) de 3.53% y una desviación estándar (δ) de 0.09, valores que permitieron afirmar que la toma de datos para esta variable fue precisa (Sánchez, 2009).

En base al análisis de esta variable, 30A, 30Q y 30M son considerados los mejores tratamientos tras mostrar los valores más altos en contenido de antocianinas monoméricas de 4.784, 4.764 y 4.747 mg cianidina-3- β -glucósido/g de masa respectivamente. El interés por estos pigmentos se debe a su papel funcional como antioxidantes, además de su participación en la reducción de enfermedades coronarias, cáncer y diabetes, por lo que son considerados agentes potenciales en la obtención de productos con valor agregado para el consumo humano (Wagner, 1982).

De acuerdo a los porcentajes de harina de maíz morado establecidos en la formulación de cada uno de los 9 tratamientos, se logró identificar el contenido de antocianinas monoméricas por gramo de harina de maíz morado, con un promedio de 15.53 mg cianidina-3- β -glucósido/g, o lo que es igual a 1553 mg cianidina-3- β -glucósido/100 g de harina de maíz morado, valor que corresponde a la variedad mejorada de maíz que será próximamente liberada por el INIAP en el año 2013.

Los resultados obtenidos en esta investigación fueron similares a los datos encontrados por Jing *et al.* (2007), quienes identificaron un contenido de antocianinas monoméricas de 290 a 1333 mg cianidina-3- β -glucósido/100 g, en 18 muestras analizadas de maíz morado cosechadas en 5 diferentes localidades de Perú, utilizando la misma metodología de pH-diferencial propuesto por Guisti y Wrolstad en el año 2001.

De manera similar, Moreno *et al.*, (2005) realizaron en México la caracterización de antocianinas monoméricas presentes en 4 variedades nativas de maíz morado Arrocillo,

Cónico, Peruano y Purepecha, reportando valores de 504 a 1473 mg/100g. Además, Cevallos & Cisneros (2003) estudiaron los compuestos fenólicos del maíz morado Andino mediante el uso del 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), método para determinar la actividad antioxidante, basado en su capacidad para captar radicales libres. Cevallos & Cisneros determinaron un valor de 1640 mg de antocianinas/100 g de maíz morado. La menor concentración de antocianina determinada en esta investigación (1553 mg cianidina-3-β-glucósido/100 g de harina de maíz morado) puede deberse a que al contrario del método de pH diferencial o HPLC, para un valor único de pH las antocianinas disueltas en etanol presentan mayor absorptividad molar (Giusti *et al.*, 1999).

Las variaciones en el contenido de antocianinas en las variedades de maíz morado presentadas en los estudios anteriormente descritos, se explica en la investigación realizada por Jing *et al.*, (2007), quienes determinaron que el contenido de antocianinas del maíz morado dependerá del lugar en donde es cultivado y sugirieron que las condiciones climáticas y factores ambientales como la luz visible, radiación ultravioleta, bajas temperaturas, sequías y escasez de agua generan un impacto en la acumulación de antocianinas en las mazorcas de maíz morado.

En la Tabla 24. se presenta la cuantificación de antocianinas de los tratamientos una vez finalizado el proceso de fritura.

Tabla 24. Resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de antocianinas de la masa de los tratamientos después del proceso de fritura

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	F tab. 0,01	F tab. 0,05
Total	26	28,859	-	-	-	-
Tratamientos	8	28,726	3,591	484,57 **	3,71	2,51
% Sustitución (s)	2	28,638	14,319	1932,35 **	6,01	3,55
Tipo de grasa (g)	2	0,027	0,014	1,82 ^{NS}	6,01	3,55
Interacción s x g	4	0,061	0,015	2,05 ^{NS}	4,58	2,93
Error	18	0,133	0,007			

** Significativo al 1% de error para la prueba F

^{NS} No Significativo al 5% de error para la prueba F

Según la tabla anterior, existió diferencia significativa entre los tratamientos con un error del 1%. Se analizó la influencia de los factores porcentaje de sustitución de harina de trigo

por maíz morado y tipo de grasa utilizado en la preparación de empanadas con su respectiva interacción, siendo el porcentaje de sustitución el único factor que influyó significativamente sobre el contenido de antocianinas de los tratamientos, terminado el proceso de fritura por inmersión.

La Tabla 25. muestra el contenido de antocianinas de los tratamientos luego de la fritura.

Tabla 25. Contenido de antocianinas de la masa de los tratamientos después del proceso de fritura

Tratamiento	Antocianina (mg/g de masa) ¹⁾	
30 Q	3,496	a
30 M	3,462	a
30 A	3,428	a
20 Q	2,505	b
20 A	2,400	b
20 M	2,279	b
10 A	0,974	c
10 M	0,950	c
10 Q	0,922	c

¹⁾ Rangos de significancia
Medidas seguidas por las mismas letras no difieren entre sí
al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

La prueba de Tukey mostrada en la tabla anterior, no encontró separación entre las medias de los tratamientos a un mismo porcentaje de sustitución de harina de maíz morado. La diferencia fue identificada entre distintos porcentajes de mezcla, siendo los tratamientos que presentaron mayor contenido de antocianinas después de la fritura, aquellos elaborados con 30% de sustitución. La medición de esta variable fue efectuada con un coeficiente de variación (CV) de 3.79% y una desviación estándar (δ) de 0.07, valores que permitieron afirmar que la toma de datos para esta variable fue precisa (Sánchez, 2009).

Los mejores tratamientos según esta variable, fueron aquellos preparados con 30% de sustitución de harina de trigo por maíz morado (30Q, 30M y 30A), debido a que presentaron el mayor contenido de antocianinas monoméricas una vez finalizada la fritura. Estos tratamientos reportaron valores correspondientes a 3.496, 3.462 y 3.428 mg cianidina-3- β -glucósido/g de masa respectivamente.

Al identificar el contenido de antocianinas en la masa cruda y después de la fritura, es posible determinar en qué porcentaje se degradó el pigmento.

8.4.4.1. Estabilidad de Antocianinas

Tabla 26. Estabilidad de las antocianinas en la masa de los tratamientos sometidos al proceso de fritura

Tratamientos	10 A	10 M	10 Q	20 A	20 M	20 Q	30 A	30 M	30 Q
Antocianina masa cruda (mg/g harina de maíz) (b.h.)	14,438	14,104	13,742	16,699	15,829	17,308	15,945	15,824	15,878
Antocianina masa frita (mg/g harina de maíz) (b.h.)	10,654	10,402	10,091	13,292	12,660	13,848	12,862	13,034	13,115
Degradación (%)	26,21	26,25	26,57	20,40	20,02	19,99	19,34	17,63	17,40
Promedio (%)	26,34			20,14			18,12		

La Tabla 26. muestra el efecto del proceso de fritura sobre el contenido de antocianinas presentes en la masa para la elaboración de empanadas. En esta tabla la cuantificación del pigmento tanto de la masa cruda como de la masa frita es presentada en mg/g harina de maíz morado, considerando la absorción lipídica de la masa como base de cálculo. Obteniendo de esta manera, la estabilidad del pigmento en cada uno de los tratamientos a un mismo porcentaje de mezcla de harinas. Se observó la degradación de las antocianinas en un 26.34, 20.14 y 18.12% para porcentajes de sustitución del 10, 20 y 30% de harina de maíz morado. Cada tratamiento fue sometido a un proceso de fritura bajo condiciones de tiempo y temperatura correspondientes a 180°C por aproximadamente 2 min, tal como se observa en la Tabla 21.

El menor porcentaje de degradación de antocianinas presentado por los tratamientos preparados con 30% de harina de maíz morado, es explicado por Hoshino *et al.*, (1982), demostrando que cuando la concentración de antocianinas alcanza valores altos, se presentan fenómenos de auto asociación entre dos cationes flavilio, dos formas hemicetal o dos bases quinoidales, e inclusive entre una base quinoidal y un catión flavilio, protegiendo de esta manera la molécula de antocianina y aumentando su estabilidad.

La degradación de las antocianinas por efecto de la temperatura fue estudiado por Timberlake & Henry (1986) quienes observaron un incremento logarítmico en la destrucción de las antocianinas en fresas, con un incremento aritmético de la temperatura. Postulando además, un mecanismo de degradación que resulta en la pérdida del azúcar glicosilante en la posición 3 de la molécula y apertura del anillo con la consecuente producción de chalconas incoloras. Esta teoría fue apoyada por Hendry & Houghton (1996), quienes muestran la degradación de las antocianinas del jugo de uva cuando es calentado en diferentes condiciones y almacenado, observando una gran diferencia entre la absorbancia del control y los productos tratados térmicamente.

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

En comparación de los estudios anteriormente descritos, el promedio aproximado del 22% de la degradación de antocianinas correspondiente a los 9 tratamientos analizados, se debe a que así como ocurre con las vitaminas y otros pigmentos, los sistemas de alta temperatura y corto tiempo son los más adecuados para conservar el color de los alimentos (Badui, 2006).

8.5. Ponderación de Variables

Con la finalidad de identificar el mejor tratamiento, se asignó una ponderación a cada variable, es decir un valor de importancia, tal como se observa a continuación.

Tabla 27. Ponderación de variables

Variable	Valor
Tiempo de fritura	1
Humedad	2
Absorción lipídica	3
Estabilidad de antocianinas	4

Debido a la necesidad de obtener un alimento con propiedades antioxidantes beneficiosas para la salud del consumidor, y de esta manera rescatar el uso de maíz morado en preparaciones alimenticias, la variable “estabilidad de antocianinas” fue considerada la más importante en el análisis de los tratamientos, por lo que se le asignó el valor de 4. A la variable “absorción lipídica” se le asignó un valor de 3, ya que la cantidad de grasa absorbida es considerada uno de los parámetros más importantes de calidad de los productos fritos, tras afectar la aceptabilidad del consumidor, influyendo en su salud y en la palatabilidad del producto. La variable “humedad” recibió una ponderación de 2 buscando elaborar un alimento que se asemeje a empanadas de marca ya posicionadas en el mercado, además de reducir los procesos de hidrólisis con la consiguiente oxidación del aceite, que conlleva un alimento con alto contenido de agua que será sometido a un proceso de fritura. Finalmente, se asignó el valor 1 a la variable “tiempo de fritura” debido a que todos los tratamientos presentaron un tiempo similar de fritura de aproximadamente 2 min., tiempo que permitió controlar la cantidad de aceite absorbida y lograr un producto de textura blanda, con buena estructura de la miga y firmeza de la corteza.

En la Tabla 28. se presenta la ponderación de variables para los 9 tratamientos.

Tabla 28. Tabla de ponderación de variables para cada tratamiento analizado

Variables	Tratamientos								
	10 A	10 M	10 Q	20 A	20 M	20 Q	30 A	30 M	30 Q
Tiempo de fritura (1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Humedad (2)	0	0	0	0	0	0	2	2	2
Absorción lipídica (3)	3	3	3	0	0	0	0	0	0
Estabilidad de antocianinas (4)	0	0	0	0	0	0	4	4	4
Sumatoria	4	4	4	1	1	1	7	7	7

Los tratamientos preparados con 30% de sustitución de harina de trigo por maíz morado (30A, 30M y 30Q), recibieron una calificación de 7 puntos, por lo que son considerados los mejores tratamientos.

8.6. Estudio de costos

Con el fin de determinar las dos mejores formulaciones para el análisis sensorial posteriormente realizado, se efectuó un estudio de costos en base a la materia prima utilizada por 100 g de mezcla de harinas de los tres mejores tratamientos identificados según la tabla de ponderación (Tabla 29).

Tabla 29. Costo de las materias primas para la elaboración de empanadas de trigo - maíz morado

Materia prima	Presentación (g)	Costo (USD)	Cantidad g/100 g
Harina de trigo- Santa Lucía	1500	2,85	70
Harina de maíz negro	500	0,85	30
Mantequilla Miraflores	100	1,03	10
Manteca vegetal 3 Chanchitos	500	1,17	10
Aceite de soya La Favorita (mL)	1000	2,77	10
Polvo de hornear Levapan	120	1,04	1
Azúcar- Valdez	2000	2,02	5
Sal- Crissal	1000	0,38	2
Aceite de palma -Palma de Oro (mL)	900	2,17	380

La Tabla 30. muestra el costo de producción por unidad de empanada de trigo - maíz morado de los tres mejores tratamientos.

Tabla 30. Costo de producción por unidad de empanada de trigo - maíz morado de 38g

Materia prima	Tratamientos		
	30 A	30 M	30 Q
	Costo (USD)		
Harina de trigo	0,133	0,133	0,133
Harina de maíz morado	0,051	0,051	0,051
* Grasa	0,028	0,023	0,103
Polvo de hornear	0,009	0,009	0,009
Azúcar	0,005	0,005	0,005
Sal	0,001	0,001	0,001
Aceite de palma (fritura)	0,916	0,916	0,916
Costo para 4 empanadas	1,142	1,138	1,218
Precio c/u empanada	0,286	0,285	0,304

*Precio dependiente del tipo de grasa utilizado

El costo por cada empanada de trigo-maíz morado con un peso aproximado de 38g es de 0,286, 0,285 y \$0,304 para los tratamientos 30A, 30M y 30Q respectivamente. Con la finalidad de lograr una producción rentable, los tratamientos que presentaron el menor costo por unidad (30A y 30M) fueron seleccionados para continuar con el estudio sensorial. Estos tratamientos corresponden a las formulaciones elaboradas con 30% de sustitución de harina de trigo por maíz morado, utilizando aceite y manteca vegetal como tipo de grasa. Los costos de mano de obra y de producción no fueron incluidos en este análisis.

8.7. ESTUDIO SENSORIAL

8.7.1. Prueba Triangular

Tabla 31. Prueba de identificación de tríos para las formulaciones 30A y 30M

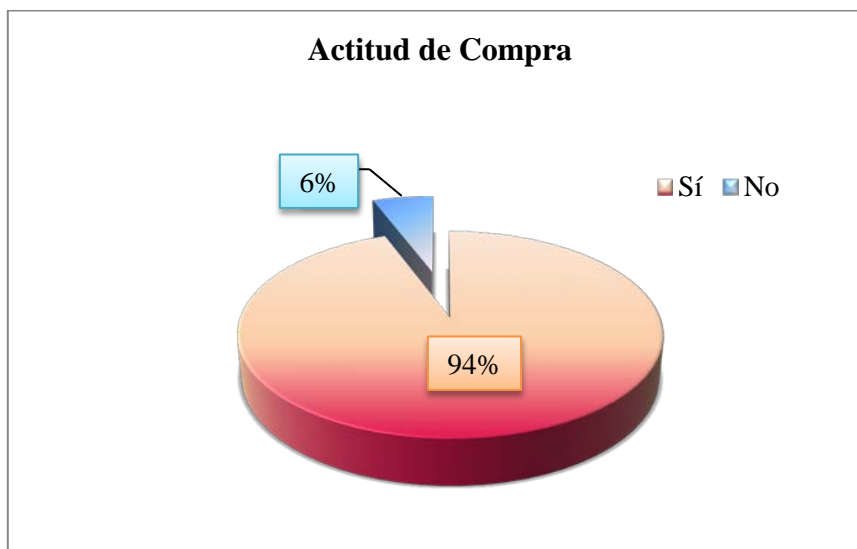
Total de Jueces	35
Aciertos	20
Valor crítico	19
Probabilidad	1%

Tal como se muestra en la Tabla 31, de los 35 jueces 20 fueron capaces de identificar las empanadas elaboradas con aceite, de las que fueron preparadas con manteca vegetal. Lo que demuestra que existió diferencia apreciable entre las muestras ($p < 0.01$), siendo el tipo de grasa el factor que influyó significativamente en las características del producto. Los resultados obtenidos se basan en la norma ISO 4120:2004.

En base a la información encontrada se sugiere la realización de una prueba escalar con ambas muestras, a fin de conocer los criterios de nivel de agrado y nivel de preferencia de los consumidores hacia una determinada formulación.

8.7.2. Grupo Focal

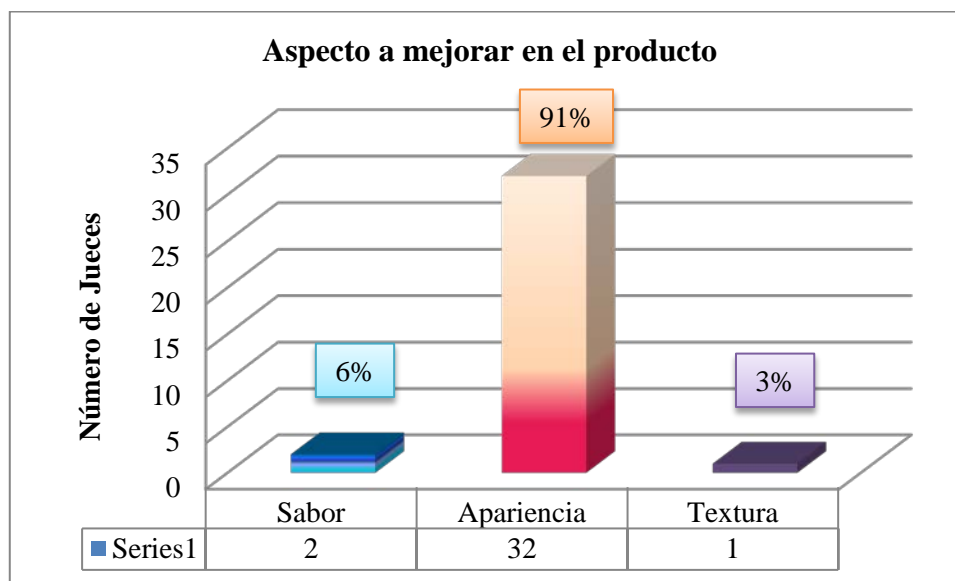
Figura 6. Actitud de compra ante los tratamientos 30A y 30M



Una vez que se informó al juez, las características y beneficios a la salud que posee el consumo de maíz morado, el consumidor manifestó su actitud de compra ante el alimento entregado. Los resultados de la Figura 6, muestran que el 94% de los consumidores encuestados comprarían el producto sí este saliera al mercado.

Por otro lado, se identificó los aspectos o inconformidades respecto a las empanadas de trigo - maíz morado que pudiera afectar esta decisión de compra.

Figura 7. Evaluación del aspecto a mejorar en los tratamientos 30A y 30M



La Figura 7 indica los resultados obtenidos a la segunda pregunta formulada por el analista, al pretender evaluar los atributos de sabor, apariencia y textura del producto. Se estableció que el 91% de los jueces se manifiestan insatisfechos con la apariencia de las empanadas elaboradas con la mezcla de harina de trigo y maíz morado, ya que presentaron un color morado característico con precipitados de color café debido al efecto de la temperatura sobre el contenido de antocianinas. En el Anexo 6, se muestra una imagen de las empanadas antes y después de someterlas al proceso de fritura.

Aunque el 94% de los consumidores encuestados están dispuestos a comprar el producto, es necesaria la regulación de su apariencia. Se recomienda investigar en aditivos que permitan mejorar dicho aspecto o trabajar junto con marketing y publicidad para familiarizar al consumidor con el producto. Diferenciándolo por su descripción de alimento funcional destinado a beneficiar la salud del consumidor.

9. CONCLUSIONES

El efecto del proceso de fritura sobre el contenido de antocianinas presentes en la masa para la elaboración de empanadas, mostró una degradación promedio del 22% de antocianinas correspondiente a los 9 tratamientos analizados, demostrando que los sistemas de alta temperatura y corto tiempo son los más adecuados para conservar el color de los alimentos.

El comportamiento reológico de las mezclas de harinas de trigo con maíz morado en proporciones de 10, 20 y 30% (p/p) fue evaluado mediante el análisis farinográfico y en el extensograma. Los resultados obtenidos en el farinograma indicaron que las tres sustituciones con maíz morado muestran características de amasado similares a pesar de la disminución en su calidad proteica. Sin embargo, las cualidades de extensión natural de la masa conseguidas a partir del extensograma, se vieron influenciadas por el porcentaje de sustitución con harina de maíz morado.

La caracterización extensográfica de las mezclas de harina demuestra las propiedades cohesivas y elásticas de las proteínas del gluten de trigo para la retención de gas. Por lo que las sustituciones del 20 y 30%, son consideradas harinas débiles al no soportar períodos largos de fermentación y deben destinarse a la formulación de productos como galletas, bizcochos, empanadas, etc.

Una vez evaluados los factores porcentaje de sustitución de harina de trigo por maíz morado y tipo de grasa, se determinó que la mezcla de harinas es el único parámetro que influyó significativamente sobre las variables de estudio, permitiendo así la utilización de distintos tipos de grasa en base a la friabilidad del producto que se requiera obtener y al análisis de costos realizado por la industria.

Después de analizar las variables de humedad, absorción lipídica y tiempo de fritura, además del estudio sensorial, se pudo comprobar que las sustituciones de hasta el 30% de harina de trigo por maíz morado, presentan características apropiadas para la elaboración de productos de panificación sometidos a un proceso de fritura.

De acuerdo a lo esperado se determinó un incremento en el contenido de antocianinas conforme va aumentando la sustitución con harina de maíz morado, identificándose la misma relación para las variables absorción lipídica y tiempo de fritura, mientras que para la determinación de humedad, se observó una relación inversa entre el contenido de agua y el porcentaje de sustitución de harina de trigo.

Se identificó que las dos mejores formulaciones, fueron aquellas elaboradas con 30% de harina de maíz morado, logrando obtener un alimento con propiedades antioxidantes beneficiosas para la salud del consumidor. Así mismo, con estos resultados se pretende fomentar el cultivo de maíz morado en la sierra ecuatoriana debido al pigmento fenólico que lo caracteriza, el cual no sólo tiene un papel funcional como colorante, sino que también, posee conocidas propiedades farmacológicas utilizadas para la terapia de un amplio espectro de enfermedades.

10. RECOMENDACIONES

Se recomienda la adición de enzimas y mejoradores en las mezclas de harinas de trigo con maíz morado en las distintas proporciones, con el fin de mejorar las características reológicas de las masas y de esta manera elaborar productos de panadería fermentados de buena calidad.

Se sugiere experimentar con temperaturas y tiempos de horneado con el fin de evaluar su efecto sobre el contenido de antocianinas y de esta forma, obtener un perfil completo para el uso de harina de maíz morado en productos de panificación.

Es recomendable la cuantificación de antocianinas directamente de la harina de maíz morado, debido a que la incorporación de agua en la masa para la elaboración de empanadas puede afectar la estabilidad del color, causando la degradación del pigmento.

A pesar de las ventajas que las antocianinas ofrecen, su incorporación a matrices alimenticias debe ser analizada detenidamente y de forma individual. Factores como su misma estructura química, pH, concentración, temperatura, presencia de oxígeno y ácido ascórbico, actividad de agua de la matriz determinarán la estabilidad del pigmento.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Aal, E.-S. M., Young, C., & Rabalski, I. (2006). Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple, and Red Cereal Grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 4696-4704.
- Abdulkarim, S., Long, K., Lai, O., Muhammad, S., & Ghazali, H. (2007). Frying quality and stability of high-oleic Moringa oleifera seed oil in comparison with other vegetable oils. *Food Chemistry*, 1382-1389.
- Acevedo, A. (2003). Efecto de la temperatura y un copigmento en la estabilidad de antocianinas de la col morada en una bebida. Puebla, México.
- Adex. (2008). *Asociación de Exportadores del Perú*. Recuperado el 2 de Abril de 2012, de <http://www.adexperu.org.pe/>
- Alvarado, J. d., & Aguilera, J. M. (2001). *Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.
- Alvis, A., & Vélez, C. (2008). Modelado del proceso de fritura del Ñame (*Dioscorea alata*) mediante mediciones reológicas usando la metodología de superficie de respuesta. Córdoba, Colombia: Universidad de Córdoba-Departamento de Ingeniería de Alimentos.
- Anderson, A. (1994). Effect of preheating on potato texture. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(3), 229-251.
- Arroyo, J., Ruez, E., Rodríguez, M., Chumpitaz, V., Burga, J., De la Cruz, W., & Valencia, J. (2007). Reducción del colesterol y aumento de la capacidad antioxidante por el consumo crónico de maíz morado (*Zea mays L*) en ratas hipercolesterolémicas. Perú.

- Arroyo, R. (1995). Comportamiento de aceite de girasol y oleína de palma en frituras de patatas. Estudio in vitro de la actividad hidrolítica de la lipasa pancreática porcina sobre sustratos termooxidados. Madrid, España: Departamento de Nutrición y Bromatología- Universidad Complutense de Madrid.
- B. Ott, D. (1987). *Manual de Laboratorio de ciencia de los alimentos*. España: Acribia, S.A.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. México: Pearson.
- Barreiro, J., & Sandoval, A. (2006). *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*. Caracas, Venezuela: Equinoccio - Universidad Simón Bolívar.
- Baylon, L. A. (2010). Rentabilidad de la exportación de maíz morado deshidratado a Villavicencio Colombia. Lima, Perú.
- Bazlul, S., Anees, A., Mohamad, H., Sufia, H., Mohd, R., & Mohd, O. (2010). Physico-chemical properties of blends of palm olein with other vegetable oils. Penang, Malaysia: Division of Environmental Technology- University Sains Malaysia.
- Bennion, M., & Park, R. (1968). Changes in frying fats with different foods. *Journal Am. Dietet. Assoc.*, 308-315.
- Birker, P., & Padley, F. (1987). Physical properties of fats and oils en R,J. Hamilton y Bhali A. P. *Recent advances in Chemistry and Technology*, 1-11.
- Blumenthal, M. (1991). A new look at the chemistry and physics of deep-fat frying. *Food Technology*, 68-71.
- Calaveras, J. (1996). *Tratado de Panificación y Bollería*. Madrid, España: Madrid Vicente Ediciones.

- Carpanta, O. (Diciembre de 1998). Caracterización de la calidad del trigo de temporal entre regiones del Estado de México. México: Universidad Autónoma Chapingo-Departamento de Ingeniería Agroindustrial.
- Cenipalma. (Febrero de 2009). Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de palma de aceite en Colombia con énfasis en oleína roja. Bogotá, Colombia: Centro y Corporación de Investigación de palma de aceite.
- Cevallos, B., & Cisneros, L. (2003). Stoichiometric and kinetic studies of phenolic antioxidants from Andean purple corn and red-fleshed sweetpotato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 3313-3319.
- Charley, H. (1991). *Tecnología de los alimentos, procesos químicos y físicos en la preparación de los alimentos*. (Noriega, Ed.) México: Limusa.
- Costa, R., & Oliveira, F. (1999). Modelling the kinetics of water loss during potato frying with a compartmental dynamic model. *Journal of Food Engineering*, 177-185.
- Cuesta, C., Sanchez-Muniz, F., Garrido, M., López, S., & Arroyo, R. (1993). Thermo-oxidative and hydrolytic changes in sunflower oil used in frying with a fast turnover of fresh oil. *Journal Am Oil Chem Soc.*, 1069-1073.
- Cuevas Montilla, E., Antezana, A., & Winterhalter, P. (2008). Análisis y caracterización de antocianinas en diferentes variedades de maíz (*Zea mays*) boliviano. Alemania.
- Delgado- Vargas, F., & Paredes- López, O. (2003). *Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses*. Florida: CRC Press.
- Dimitrios, B., & Elmadfa, I. (1999). *Frying of Food: Oxidation, Nutrient and Non-Nutrient Antioxidants, Biologically Active Compounds and High temperatures*. Viena: CRC Press.

Durst, R., & Wrolstad, R. (2001). Separation and Characterization of Anthocyanins by HPLC. *Handbook of Food Analytical Chemistry*. New Jersey, 33-45.

Espinosa, J. (2007). Evaluación Sensorial de los alimentos. Cuba: Universidad de la Habana.

Fernández, J., San Martín, E., Díaz, J., Calderón, A., & Ortiz, H. (Agosto de 2008). Evaluación de las distribuciones de tamaño de partícula de harina de maíz nixtamalizado por medio de RVA. México: Centro de investigación en ciencia aplicada y tecnología avanzada - Unidad legaria del Instituto Politécnico Nacional.

Fernández, L., Álvarez de la Cadena, L., & Sosa, M. (Mayo de 2010). Deterioro de aceite de soya y oleína de palma durante el freído de papas a la francesa. México: Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental - Universidad de las Américas Puebla.

Fillion, L., & Henry, C. (1998). Nutrient losses and gains during frying: a review. *Int J Food Sci Nutr.*, 157-268.

Flores, R., Martínez, F., Salinas, Y., & Ríos, E. (Septiembre de 2002). Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*, XXXVI(005), 557-567.

Gallegos, P. (Enero de 2011). Desarrollo y evaluación de la tecnología para la elaboración de masa base y harina, para la preparación de humitas. Quito, Ecuador: Facultad de Ingeniería química y Agroindustria- Escuela Politécnica Nacional.

Garayo, J., & Moreira, R. (2002). Vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Engineering*, 55(2), 181-191.

Garzón, G. (14 de Agosto de 2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. Bogotá, Colombia.

- Garzón, G., & Wrolstad, R. (2001). The Stability of Pelargonidin-based Anthocyanins at Varying Water Activity. *Food Chemistry*, 185-196.
- Ghiselli, A., Nardini, M., Baldi, A., & Scaccini, C. (1998). Antioxidant Activity of Different Phenolic Fractions Separated From an Italian Red Wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 361-367.
- Giusti, M., & Wrolstad, R. (1996). Characterization of red raddish anthocyanins. *International Journal of Food Science and Technology*, 322.
- Giusti, M., & Wrolstad, R. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV- Visible Spectroscopy. University of Maryland.
- Giusti, M., Rodriguez, L., & Wrolstad, R. (1999). Molar absorptivity and color characteristics of acylated and non-acylated pelargonidin-based anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 4631-4637.
- Grandgirard, A., Sebedio, J., & Fleury, J. (1984). Geometrical isomerisation of linolenic acid during heat treatment of vegetable oils. *Journal Am Oil Chem Soc.*, 1563-1568.
- Gross, J. (1987). Pigments in fruits. *Academics Press, London*, 59-85.
- Hagiwara, A., Yoshino, H., Ichinaram, T., Kawabe, M., Tamano, S., & Aoki, H. (2002). Prevention by Natural Food Anthocyanins, Purple Sweet Potato Color and Red Cabbage Color, of 2-Amino-1 Methyl-6-Phenylimidazo[4,5-B]Pyridine (Phip)-Associated Colorectal Carcinogenesis in Rats. *Journal Toxicol Sci.*, 57-68.
- Hendry, G., & Houghton, J. (1996). *Natural Food Colorants*. Glasgow, Escocia: Blackie Academic and Professional.
- Hoshino, T., Matsumoto, U., Goto, T., & Harada, N. (1982). for the selfassociation of anthocyanins in neutral aqueous solution. *Tetrahedron Lett.*, 433.

- Hosseney, C. (1991). *Principios de ciencia y tecnología de los cereales* (Segunda edición ed.). Zaragoza, España: Acribia, S.A.
- Hutchings, J. (1999). *Food Color and Appearance*. Gaithersburg: Aspen Publishers, Inc.
- INIAP. (2011). *Manual de Capacitación para el cultivo de maíz suave*. Quito, Ecuador: Programa de Maíz.
- Jacho, L. (2009). Caracterización Molecular y Análisis químico nutritivo de 27 accesiones de maíz chulpi (*Zea mays*. L) y 65 accesiones de maíz negro colectadas en la serranía del Ecuador. INIAP, Pichincha. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Central del Ecuador - Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Jing, P., & Giusti, M. (2005). Characterization of Anthocyanin- Rich Waste from Purple Corncobs (*Zea mays* L.) and Its Application to Color Milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 8775-8781.
- Jing, P., Noriega, V., Schwartz, S., & Giusti, M. (2007). Effects of Growing Conditions on Purple Corn cob (*Zea mays* L.) Anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 8625-8629.
- Joffre, F., Martin, J., Genty, M., Demaison, L., Loreau, O., & Noel, J. (2001). Kinetic parameters of hepatic oxidation of cyclic fatty acid monomers formed from linoleic and linolenic acids. *Journal Nutr Biochem.*, 554-558.
- Joseph, J., Shukitt- Hale, B., Denisova, N., Bielinski, D., Martin, A., & McEwen, J. (1999). Reversals of Age-Related Declines in Neuronal Signal Transduction, Cognitive and Motor Behavioral Deficits With Blueberry, Spinach, or Strawberry Dietary Supplementation. *Journal Neurosci*, 8114-8121.
- Kamei, H., Hashimoto, Y., Koide, T., Kojima, T., & Hasegawa, M. (1998). Anti-Tumor Effect of Methanol Extracts from Red and White Wines. *Cancer Biother Radiopharm*, 447-452.

- Koide, T., Kamei, H., Hashimoto, Y., Kojima, T., & Hasegawa, M. (1997). Antitumor Effect of Anthocyanin Fractions Extracted from Red Soybeans and Red Beans in vitro and in vivo. *Cancer Biother Radiopharm*, 277-280.
- Lascano, A. (2010). Estudio Reológico de mezclas de harinas de cereales: cebada, maíz, quinua, trigo y tubérculo: papa nacionales con trigo importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pastas alimenticias. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato - Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- Lascano, A., Paredes, M., & Sandoval, G. (2009). Estudio Reológico de mezclas de harinas de cereales: cebada, trigo y papa nacionales con trigo importado para orientar su uso en la elaboración de pan. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato - Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- Lawson, H. (1994). *Aceites y Grasas Alimentarios Tecnología, utilización y nutrición*. Zaragoza, España: Acribia, S.A.
- Leyva, D. (Septiembre de 2009). Determinación de antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante en licores y fruto de mora. Oaxaca, México.
- Lowe, R., Nelson, P., & Buchanan, J. (1940). The physical and chemical characteristics of lards and other fats in relation to their culinary value- For frying purposes. *Iowa Agric. Expt. Sta.*, 279-288 .
- MAGAP. (2010). *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*. Obtenido de Principales Cultivos del Ecuador: <http://www.magap.gob.ec/sinagap/index.php>
- Marcano, J., La Rosa, Y., & Salinas, N. (2010). Influencia del proceso de fritura en profundidad sobre el perfil lipídico de la grasa contenida en patatas tipo "french", empleando oleína de palma. Venezuela: Departamento de Química.Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología- Universidad de Carabobo.
- Markakis, P. (1982). *Anthocyanins as Foods Colors*. Academic Press, New York.

- Mayorga, V. (2010). Estudio de las propiedades reológicas y funcionales del maíz nativo "Racimo de uva" (*Zea mays*. L). Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato - Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- Miyazawa, T., Nakagawa, K., Kudo, M., Muraishi, K., & Someya, K. (1999). Direct Intestinal Absorption of Red Fruit Anthocyanins, Cyanidin-3-Glucoside and Cyanidin-3,5-Diglucoside, Into Rats and Humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1083-1091.
- Montilla, E., Antezana, A., & Winterhalter, P. (2008). Análisis y caracterización de antocianinas en diferentes variedades de maíz (*Zea mays*) boliviano. Bolivia: Universidad Mayor San Simón Cochabamba.
- Morales, C., & Villagrán, F. (1978). Optimización de mezclas reológicas de maíz y trigo en panificación. Ambato, Ecuador: Ingeniería de Alimentos- Universidad Técnica de Ambato.
- Moreira, R., Palau, J., V, M., & X, S. (Abril de 1995). Deep-fat frying of tortilla chips: An engineering approach. *Food Technology*, 146-150.
- Moreno, Y., Sanchez, G., Hernandez, D., & Lobato, N. (2005). Characterization of anthocyanin extracts from maize kernels. *Journal of Chromatographic Science*, 483-487.
- Noroña, J., & Guamán, A. (2008). Caracterización y evaluación agromorfológica de 64 accesiones de maíz negro y 27 accesiones de maíz chulpi (*Zea mays*. L) colectados en la serranía del Ecuador en la EESC-INIAP. 5-8. Quito, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Núñez, D., & Castillo, P. (2009). Estudio de la Factibilidad Técnica y Económica de una Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de otros Cereales aplicado a la Industria Galletera. Guayaquil, Ecuador: Facultad de Ingeniería mecánica y ciencias de la producción (ESPOL).

- Ohgami, K., Ilieva, I., Shiratori, K., Koyama, Y., & Jin, X. Y. (2005). Anti-inflammatory Effects of Aronia Extract on Rat Endotoxin-Induced Uveitis. *Inv Ophth Vis Sci*, 275-281.
- Olaya, C., Castaño, M., & Garzón, G. (2008). . Effect of Temperature and Water Activity on the Stability of Microencapsulated Anthocyanins Extracted From Andes Berry (*Rubus glaucus*) and Tamarillo (*Solanum betaceum*). Observations not published.
- Pascual, T., Santos, B., & Rivas, G. (2002). Analysis of anthocyanins from purple corn cob. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1003-1006.
- Perossini, M., Guidi, G., Chiellini, S., & Siravo, D. (1987). Studio Clinico Sull'impeigo Degli Antocianisidi del Miritillo (Tegens) nel Trattamento Delle Microangiopathi Retiniche di Tipo Diabetico ed Ipertensivo. *Ottal Clin Ocul*, 1173-1190.
- ProyectoPHPPF. (2009). Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (maíz, quinua y cebada) y papas ecuatorianas como sustitutos parciales del trigo importado para la elaboración de pan y fideos. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato-Senacyt.
- ProyectoSICA-BM/MAG. (2002). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de Esquema Legal de Producción y Comercialización Agrícola en el Ecuador: <http://www.magap.gob.ec>
- Ramia, Y. (1994). *Mi cocina online*. Obtenido de Diario Hoy: <http://www.hoy.com.ec/especial/cocina/ecuador.htm>
- Ramírez, S. (Junio de 2003). Evaluación de las mezclas de emulsificante y gomas para la elaboración de pan fermentado. México: Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa.

- Rodríguez, E., Fernández, A., & Ayala, A. (2005). Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz. *Ingeniería e Investigación- Universidad Nacional de Colombia*, XXV(001), 72-78.
- Saguay, I., & Dana, D. (2006). Review: mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and myth. *Adv Colloid Interface Sci.*, 267-272.
- Sánchez, J. (2009). *Introducción al Diseño Experimental*. Quito, Ecuador: INGELSI.
- Shukitt-Hale, B., Galli, R., Meterko, V., Carey, A., & Bielinski, D. M. (2005). Dietary Supplementation with Fruit Polyphenolics Ameliorates Age-related Deficits in Behavior and Neuronal Markers of Inflammation and Oxidative Stress. *Age*, 49-57.
- Smalwood, N. (1989). Using computers for oil blending. *Journal Am., Oil Chemistry Soc.*, 644-648.
- Society of sensory professionals*. (2011). Obtenido de <http://www.sensorysociety.org/>
- Stintzing, F., Stintzing, A., Carle, R., Frei, B., & Wrolstad, R. (2002). Color and Antioxidant Properties of Cyanidin-based Anthocyanin Pigments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 6172-6181.
- Strack, D., & Wray, V. (1994). *The Flavonoides Advances in Research Since 1986*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Suaterna, A. (Mayo de 2009). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 39-53.
- Sucno, J. (2007). Análisis de las alternativas del uso del maíz morado Arequipeño, para poder incentivar su exportación a Estados Unidos. Lima, Perú.

- Tiffany, T., Peitz, M., Clark, D., Billiter, K., Kickle, B., & Daniels, A. (Mayo de 2009). Laboratory frying evaluation of palm olein and palm olein domestic vegetable oil blends. Canadá: 6th Global Oils and Fats Forum.
- Timberlake, C., & Henry, B. (1986). Plant pigments as natural food colours. *Endeavour NS*, 31-36.
- Toledo, R. (1982). *Fundamentals of Food Processing Engineering*. Nueva York: Van Nostrand Reinhold.
- Torrico, D. (Diciembre de 2006). Análisis de compuestos fenólicos y estabilidad del color en el jugo de cáscaras de uvas Muscadinas (*Vitis rotundifolia*). Honduras.
- Tristan, F., Kraft, B., Schmidt, B., Yousef, G., Knigh, C., & Cuendet, M. (2005). Chemopreventive Potential of Wild Lowbush Blueberry Fruits in Multiple Stages of Carcinogenesis. *International Journal of Food Science and Technology*, 159-166.
- Tristan, F., Moul, D., Rogers, R., Ribnicky, D., & Gipp, W. (2008). Phytochemical Composition and Metabolic Performance-Enhancing Activity of Dietary Berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 654-660.
- USDA. (1988). *United States Department of Agriculture*. Obtenido de The Food Pyramid: Its History, Purpose, and Effectiveness: <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>
- Valenzuela, A., & Morgado, M. (1999). Trans fatty acid isomers in human health and in the food industry. *Biol Res.*, 273-287.
- Vitrac, O., Trystram, G., & Raoult-Wack, A. (2000). Deep-fat frying of food: heat and mass transfer, transformations and reactions inside the frying material. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 529-538.

- Vives, J. (2003). Puntos de control críticos en la preparación de alimentos fritos en 80 cafeterías del municipio de Medellín. *Perspect Nutr Hum.*, 23-31.
- Voives, J. (Septiembre de 2004). Behavior of a mixture of soy oil and palm olein in French fried potatoes. Cartagena, Colombia: International Information System for the Agricultural Sciences and Technology.
- Vuorela, S., Kreander, K., Karonen, M., Nieminen, R., Hamalainen, M., & Galkin, A. (2005). Preclinical Evaluation of Rapeseed, Raspberry, and Pine Bark Phenolics for Health Related Effects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 5922-5931.
- Wagner, G. (1982). Cellular and subcellular localization in plant metabolism. Recent Advances in Phytochemistry. *Plenum Press, New York*, 1-45.
- Wang, S., & Jiao, H. (2000). Scavenging Capacity of Berry Crops on Superoxide Radicals, Hydrogen Peroxide, Hydroxyl Radicals, and Singlet Oxygen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 5677-5684.
- Wang, S., & Lin, H. (2000). Antioxidant Activity in Fruit and Leaves of Blackberry, Raspberry, and Strawberry is Affected by Cultivar and Maturity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 140-146.
- Yáñez, C., Zambrano, J., Caicedo, M., Sánchez, V., Heredia, & J. (2003). Catalogo de recursos genéticos de maíces de altura ecuatorianos. Quito, Ecuador: INIAP - Estación experimental Santa Catalina.
- Zhao, X., Corrales, M., & Zhang, C. (2008). Composition and Thermal Stability of Anthocyanins from Chinese Purple Corn (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 10761-10766.
- Zhendong, Y., Zhijie, C., Shulin, Y., Weiwei, Z., Xiangshu, P., & Xianglan, P. (2009). Extraction and identification of anthocyanin from purple corn (*Zea mays* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 2485-2492.

12. ANEXOS**ANEXO 1****Cuestionario para la Prueba Triangular – Estudio Sensorial**

Edad: _____

Género: F____ M____

Instrucciones:

A continuación se presentan 3 muestras de las cuales dos son iguales y una diferente.

Pruébelas cuidadosamente de izquierda a derecha y encierre en un círculo la muestra diferente. Por favor tome agua entre una muestra y otra.

364

852

791

Gracias

Cuestionario para el Grupo Focal – Estudio Sensorial

¿Estaría dispuesto a comprar el producto?

Sí_____ No_____

¿Qué aspecto mejoraría del producto?

Sabor_____ Apariencia_____ Textura_____

ANEXO 2

**Corrección para obtener el peso de la harina que será utilizado en el Farinógrafo a
100 gramos con 14% de humedad**

(Método 54-21 de la AACC, 1995)

Moisture Content	Flour Weight	Moisture Content	Flour Weight	Moisture Content	Flour Weight	Moisture Content	Flour Weight	Moisture Content	Flour Weight
%	g	%	g	%	g	%	g	%	g
0.0	86.00	4.0	89.58	7.0	92.47	11.0	96.63	14.0	100.00
0.1	86.09	4.1	89.68	7.1	92.57	11.1	96.74	14.1	100.12
0.2	86.17	4.2	89.77	7.2	92.67	11.2	96.85	14.2	100.23
0.3	86.26	4.3	89.86	7.3	92.77	11.3	96.96	14.3	100.35
0.4	86.35	4.4	89.96	7.4	92.87	11.4	97.07	14.4	100.47
0.5	86.43	4.5	90.05	7.5	92.97	11.5	97.18	14.5	100.58
0.6	86.52	4.6	90.15	7.6	93.07	11.6	97.29	14.6	100.70
0.7	86.61	4.7	90.24	7.7	93.17	11.7	97.40	14.7	100.82
0.8	86.69	4.8	90.34	7.8	93.28	11.8	97.51	14.8	100.94
0.9	86.78	4.9	90.43	7.9	93.38	11.9	97.62	14.9	101.06
1.0	86.87	5.0	90.53	8.0	93.48	12.0	97.73	15.0	101.18
1.1	86.96	5.1	90.62	8.1	93.58	12.1	97.84	15.1	101.30
1.2	87.04	5.2	90.72	8.2	93.68	12.2	97.95	15.2	101.42
1.3	87.13	5.3	90.81	8.3	93.78	12.3	98.06	15.3	101.53
1.4	87.22	5.4	90.91	8.4	93.89	12.4	98.17	15.4	101.65
1.5	87.31	5.5	91.00	8.5	93.99	12.5	98.29	15.5	101.78
1.6	87.40	5.6	91.10	8.6	94.09	12.6	98.40	15.6	101.90
1.7	87.49	5.7	91.20	8.7	94.20	12.7	98.51	15.7	102.02
1.8	87.58	5.8	91.30	8.8	94.30	12.8	98.62	15.8	102.14
1.9	87.67	5.9	91.39	8.9	94.40	12.9	98.74	15.9	102.26
2.0	87.76	6.0	91.49	9.0	94.51	13.0	98.85	16.0	102.38
2.1	87.84	6.1	91.59	9.1	94.61	13.1	98.96	16.1	102.50
2.2	87.93	6.2	91.68	9.2	94.71	13.2	99.08	16.2	102.63
2.3	88.02	6.3	91.78	9.3	94.82	13.3	99.19	16.3	102.75
2.4	88.12	6.4	91.88	9.4	94.92	13.4	99.31	16.4	102.87
2.5	88.20	6.5	91.98	9.5	95.03	13.5	99.42	16.5	102.99
2.6	88.30	6.6	92.08	9.6	95.13	13.6	99.54	16.6	103.12
2.7	88.39	6.7	92.18	9.7	95.24	13.7	99.65	16.7	103.24
2.8	88.48	6.8	92.28	9.8	95.34	13.8	99.77	16.8	103.37
2.9	88.57	6.9	92.37	9.9	95.45	13.9	99.88	16.9	103.48
3.0	88.66			10.0	95.56			17.0	103.61
3.1	88.75			10.1	95.66			17.1	103.74
3.2	88.84			10.2	95.77			17.2	103.86
3.3	88.94			10.3	95.88			17.3	103.99
3.4	89.03			10.4	95.98			17.4	104.12
3.5	89.12			10.5	96.09			17.5	104.24
3.6	89.21			10.6	96.20			17.6	104.37
3.7	89.30			10.7	96.31			17.7	104.50
3.8	89.40			10.8	96.41			17.8	104.62
3.9	89.49			10.9	96.52			17.9	104.75

100 - 86

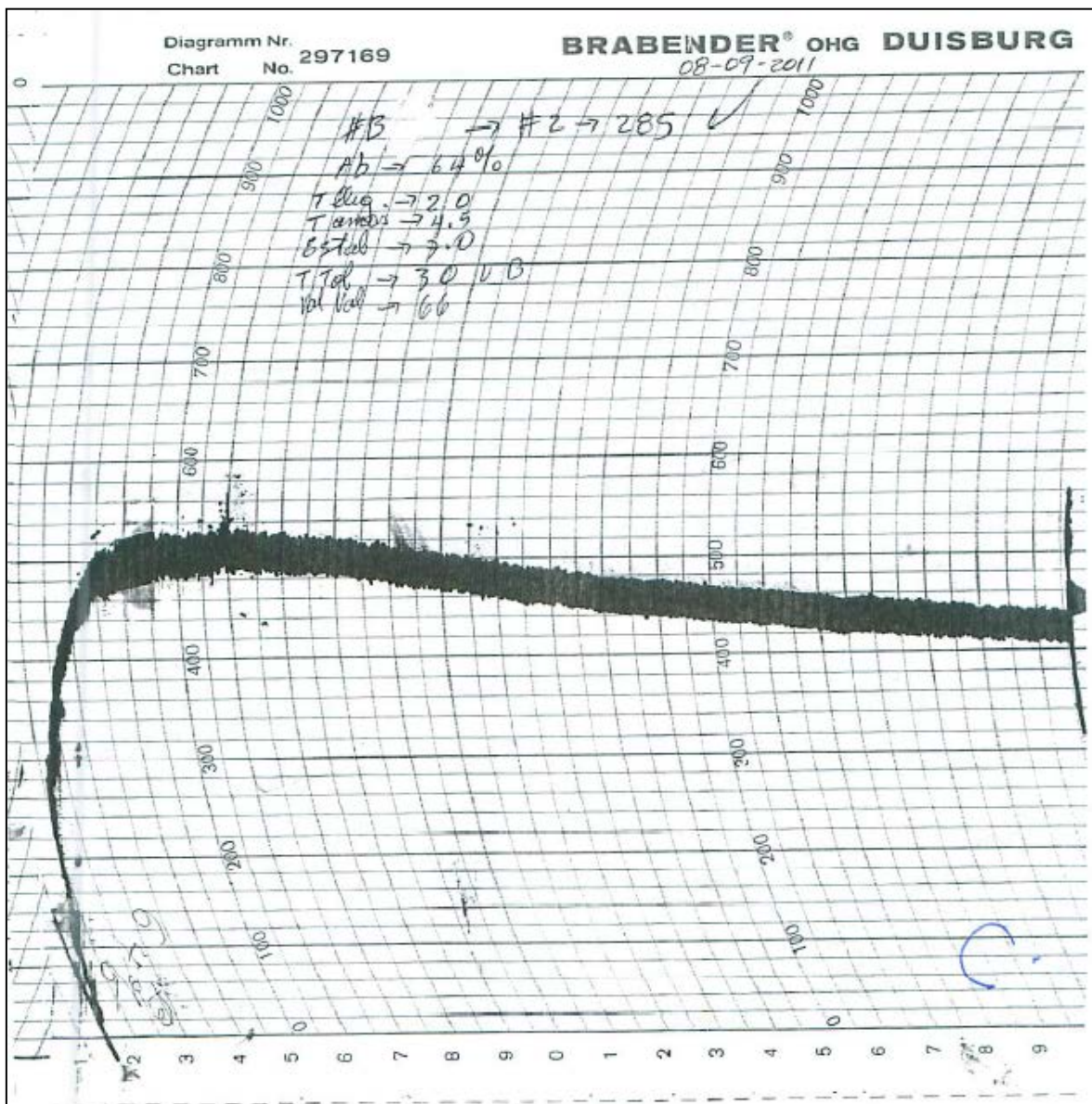
Formula used for calculations: $\frac{100 - 86}{100 - \text{actual moisture of sample}} = \text{wt. to give 100 g. at 14\% moisture.}$

Note: When decimal point is moved two places to left, the figures above become multiplication factors for correcting analytical data to 14% moisture basis.

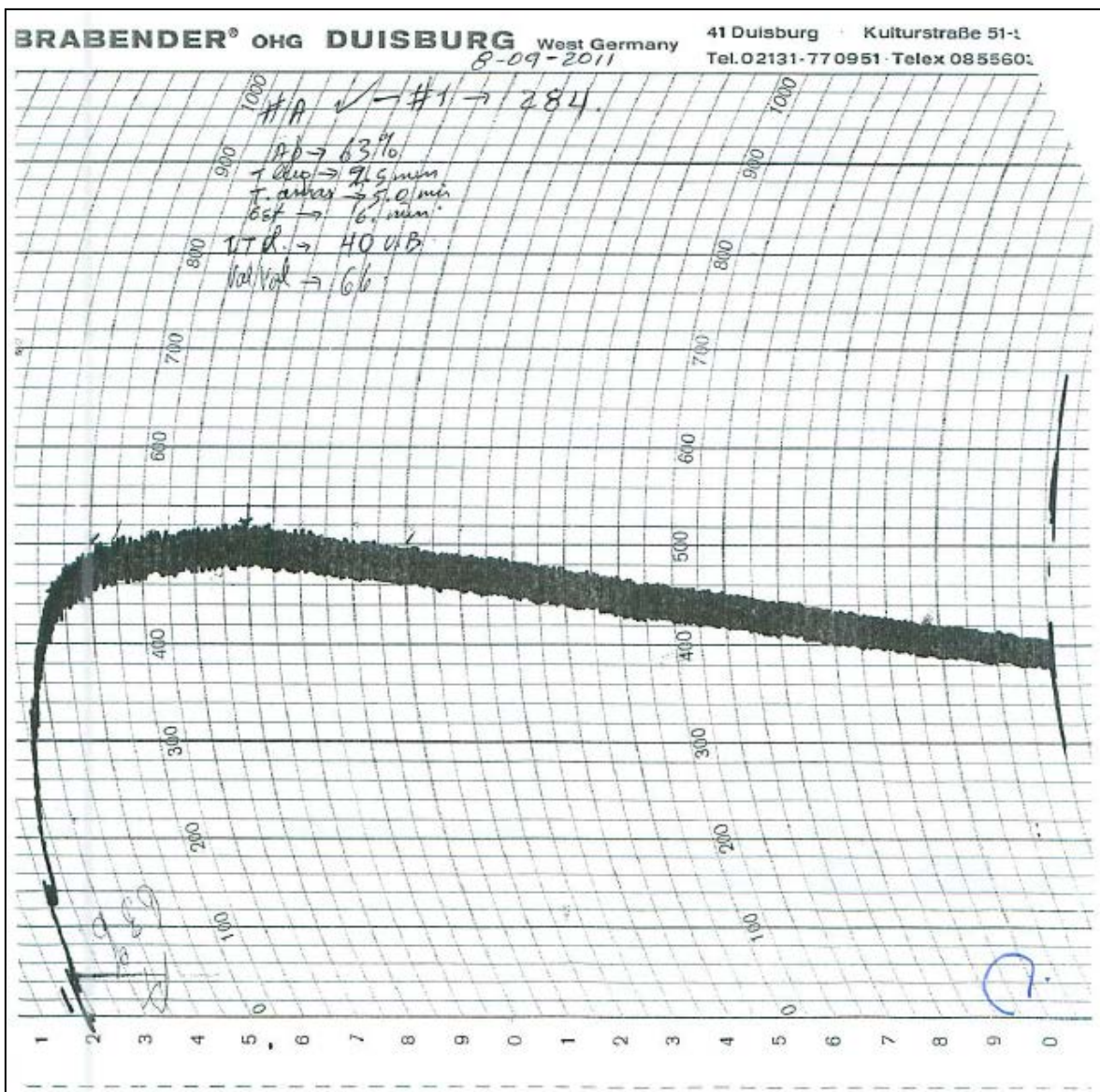
ANEXO 3

Diagramas obtenidos por el Farinógrafo

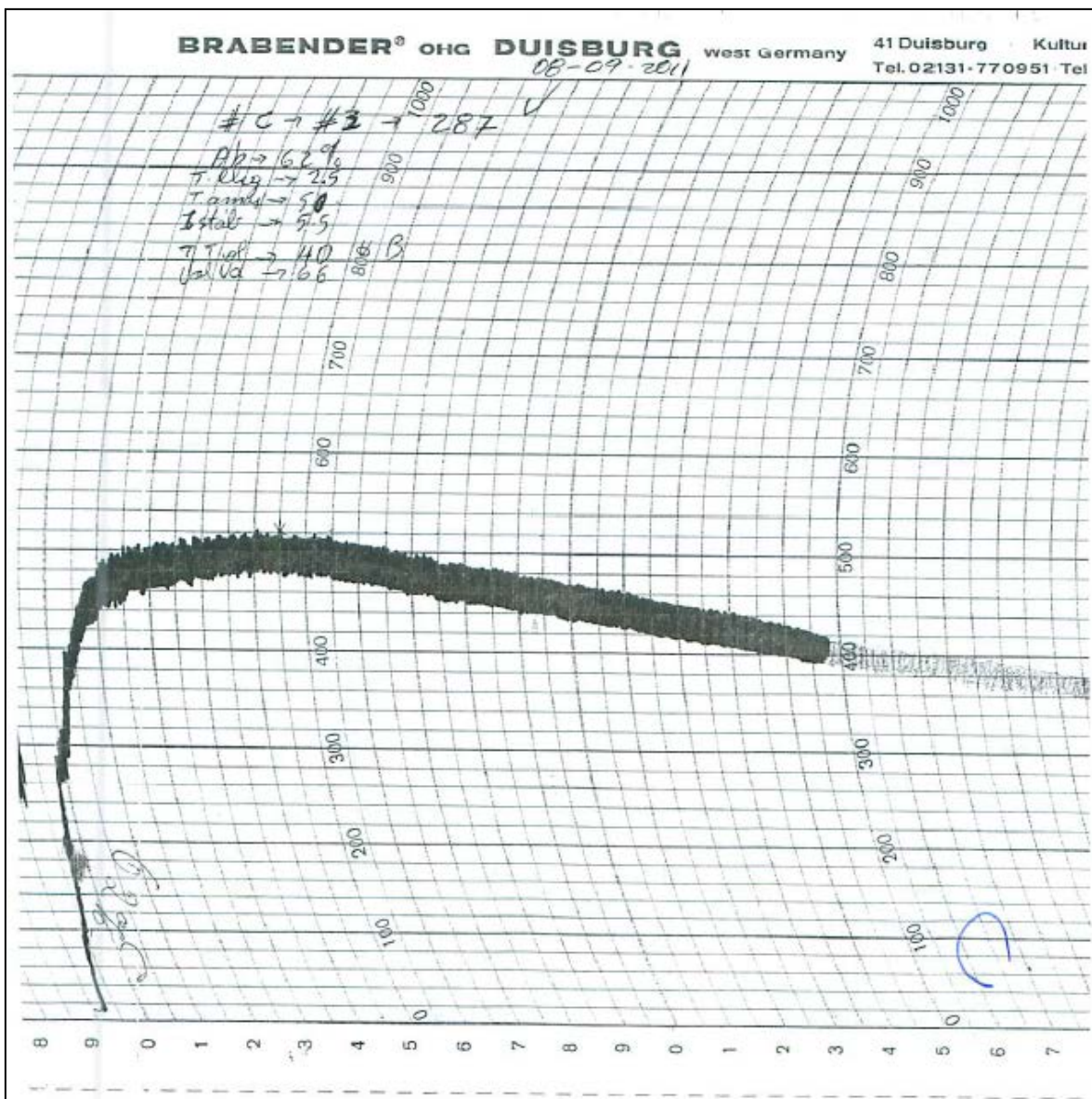
Farinograma de la mezcla de harinas 90% Trigo - 10% Maíz Morado



Farinograma de la mezcla de harinas 80% Trigo - 20% Maíz Morado



Farinograma de la mezcla de harinas 70% Trigo - 30% Maíz Morado

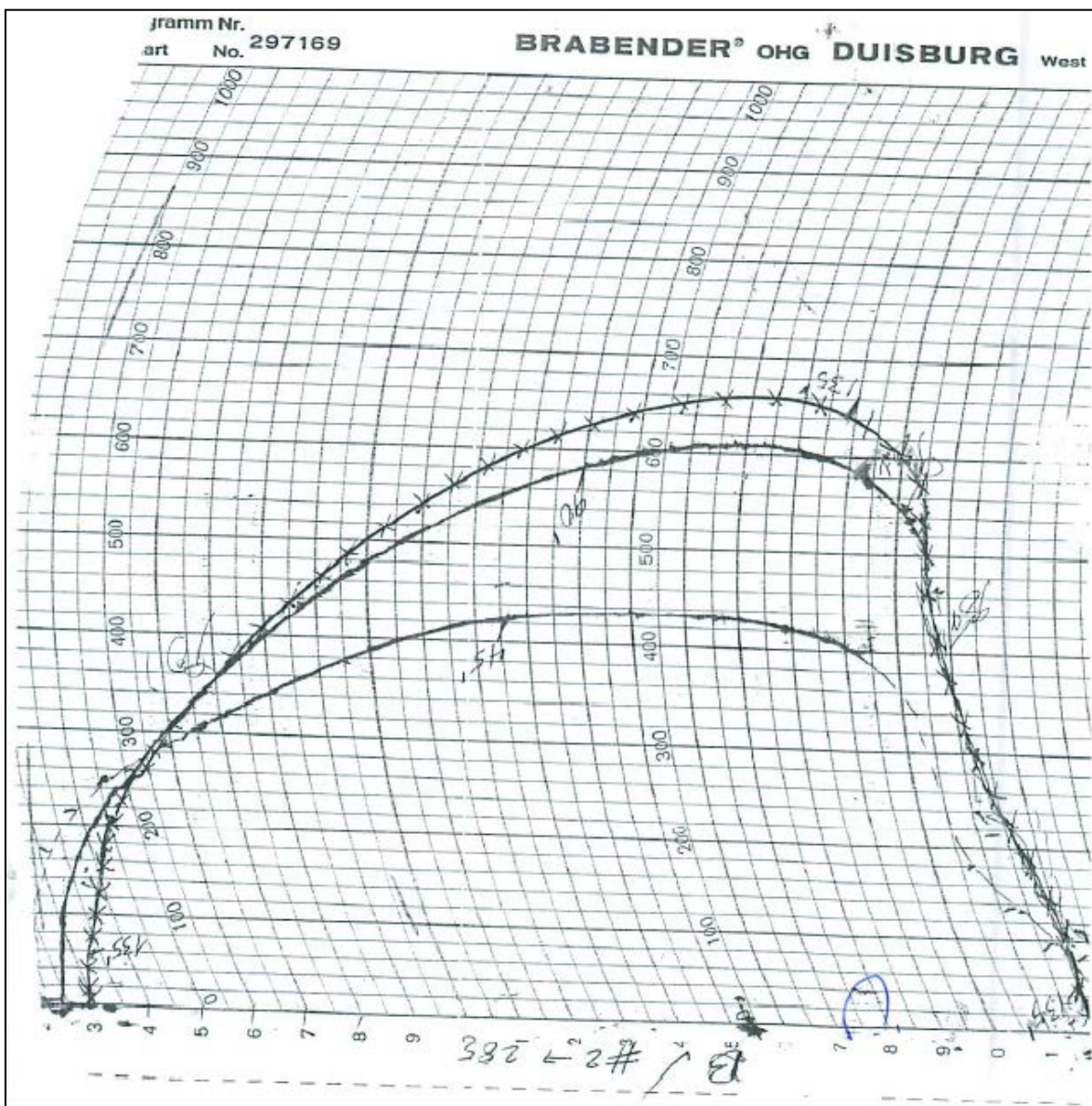


ANEXO 4

Diagramas obtenidos por el Extensógrafo

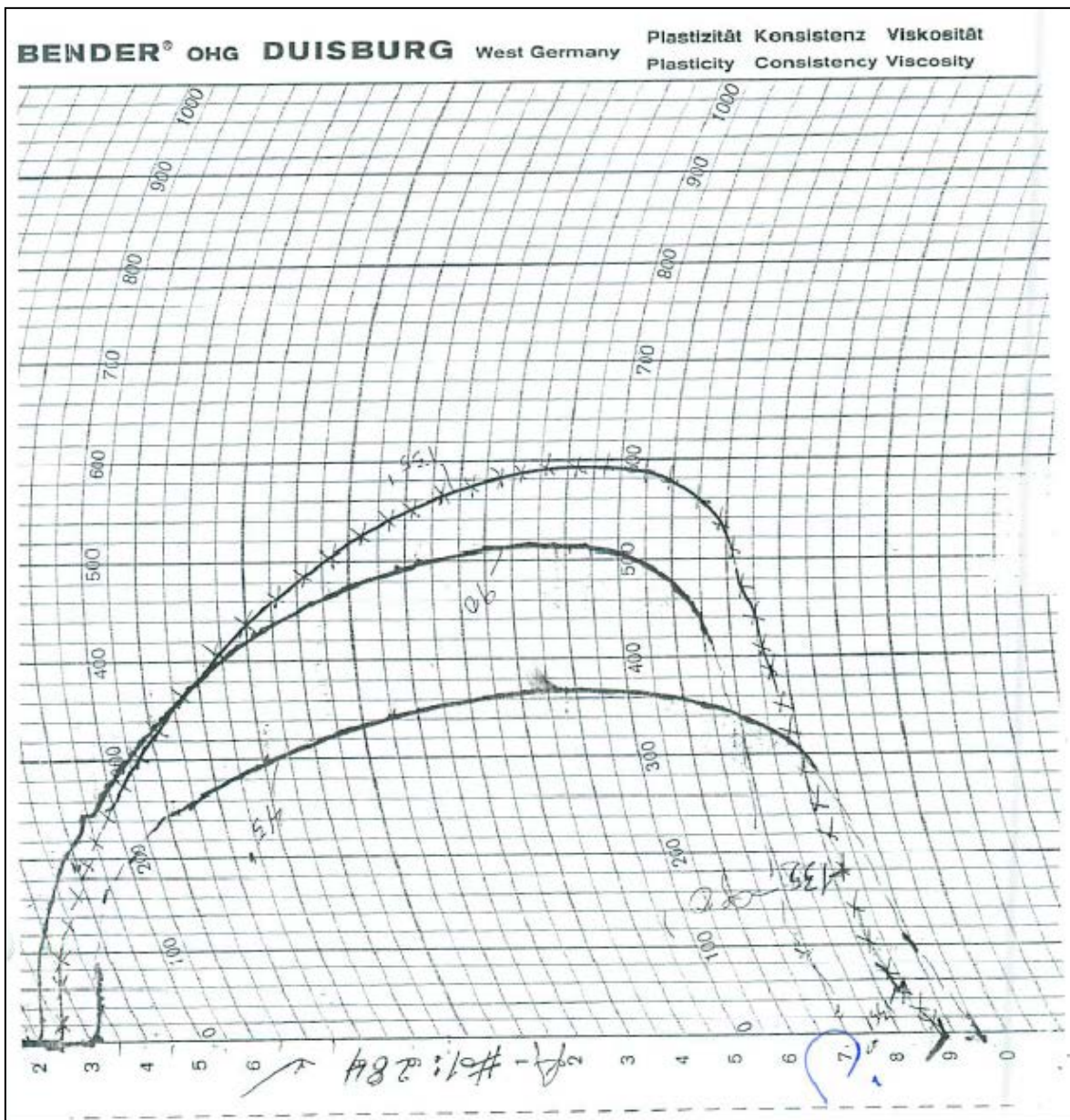
Extensograma de la mezcla de harinas 90% Trigo - 10% Maíz Morado

(45, 90 y 135 minutos)



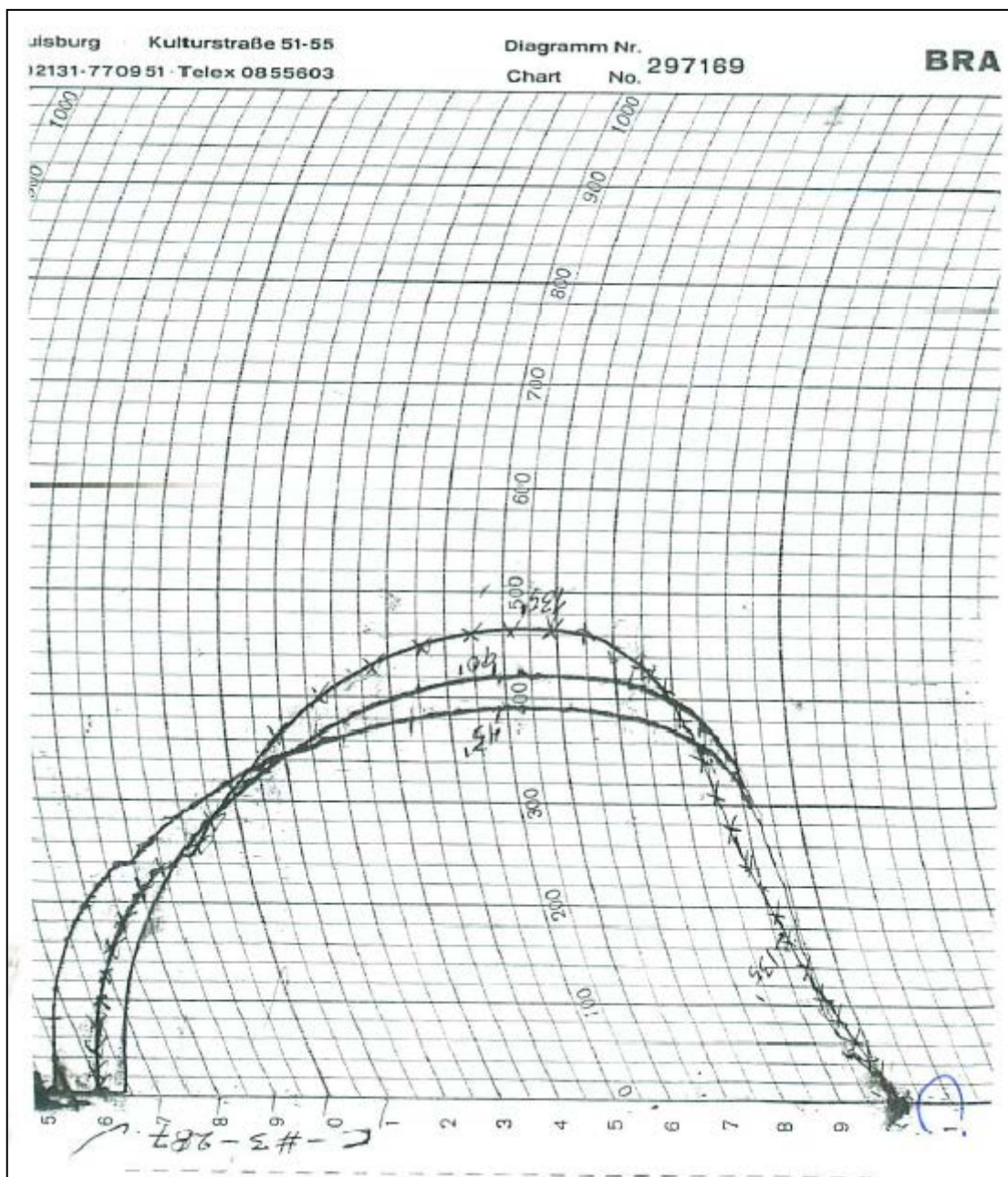
Extensograma de la mezcla de harinas 80% Trigo - 20% Maíz Morado

(45, 90 y 135 minutos)



Extensograma de la mezcla de harinas 70% Trigo - 30% Maíz Morado

(45, 90 y 135 minutos)



ANEXO 5

Información nutricional de la materia prima utilizada en la preparación de empanadas

Producto: Aceite de palma (aceite para fritura)

Marca: Palma de Oro

Peso Neto: 900 mL

Información Nutricional	
Tamaño de la porción 1 cucharada (14g)	
Porciones por envase aprox. 59	
Cantidad por porción	
Energía (Calorías) 544,7 kJ	
Energía de la grasa (Calorías de grasa) 130 Cal	
% del Valor diario	
Grasa Total 14 g	21%
Grasa saturada 4 g	20%
Grasa <i>Trans</i> 0 g	
Colesterol 0 mg	0%
Sodio 0 mg	0%
Carbohidratos totales 0 g	0%
Fibra alimentaria 0 g	0%
Azúcares 0 g	0%
Proteína 0 g	
* Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 8380 kJ (2000 kcal)	

Producto: Sal

Marca: Crissal

Peso Neto: 1 kg

Información Nutricional	
Tamaño de la porción ¼ cucharadita (1g)	
Porciones por envase 1000	
Cantidad por porción	
Energía (0 Cal) 0 kJ	
% del Valor diario	
Grasa Total 0 g	0%
Sodio 393 mg	16.4%
Carbohidratos totales 0 g	0%
Proteína 0 g	
* Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 8380 kJ (2000 kcal)	

Producto: Aceite de soya

Marca: La Favorita

Peso Neto: 1 L

Información Nutricional	
Tamaño de la porción 1 cucharada (14g)	
Porciones por envase aprox. 65	
Cantidad por porción	
Energía (Calorías) 520 kJ	
Energía de la grasa (Calorías de grasa) 130 Cal	
% del Valor diario	
Grasa Total 14 g	22%
Grasa saturada 2 g	10%
Grasa <i>trans</i> 0 g	
Grasa monoinsaturada 3 g	
Grasa poliinsaturada 9 g	
Colesterol 0 mg	0%
Sodio 0 mg	0%
Carbohidratos totales 0 g	0%
Proteína 0 g	0%
* Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 8380 kJ (2000 kcal)	

Producto: Manteca Vegetal

Marca: Los 3 Chanchitos

Peso Neto: 1 kg

Información Nutricional	
Tamaño de la porción 1 cucharada (13g)	
Porciones por envase aprox. 77	
Cantidad por porción	
Energía (Calorías) 502,8 kJ	
Energía de la grasa (Calorías de grasa) 120 Cal	
% del Valor diario	
Grasa Total 13 g	22%
Grasa saturada 7 g	35%
Grasa <i>Trans</i> 0 g	
Colesterol 0 mg	0%
Sodio 0 mg	0%
Carbohidratos totales 0 g	0%
Fibra alimentaria 0 g	0%
Azúcares 0 g	0%
Proteína 0 g	
* Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 8380 kJ (2000 kcal)	

Producto: Mantequilla pasteurizada

Marca: Miraflores

Peso Neto: 100 g

Información Nutricional	
Tamaño de la porción 1 cucharada (14g)	
Porciones por envase aprox. 18	
Cantidad por porción	
Energía (Calorías) 460,9 kJ	
Energía de la grasa (Calorías de grasa) 110 Cal	
% del Valor diario	
Grasa Total 12 g	18%
Grasa saturada 7 g	35%
Grasa <i>Trans</i> 0 g	
Colesterol 31 mg	10%
Sodio 0 mg	0%
Carbohidratos totales 0 g	0%
Proteína 0 g	
* Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 8380 kJ (2000 kcal)	

Producto: Harina de trigo

Marca: Santa Lucía

Peso Neto: 1 kg

Información Nutricional	
Tamaño de la porción ¼ taza (30g)	
Porciones por envase 34	
Cantidad por porción	
Energía 419 kJ (100 Cal)	
Energía de la grasa 0 kJ (0 Cal)	
% del Valor diario	
Grasa Total 0 g	0%
Grasa saturada 0 g	0%
Colesterol 0 mg	0%
Sodio 0 mg	0%
Carbohidratos totales 22 g	7%
Proteína 3 g	
Hierro	10%
Tiamina	9%
Riboflavina	12%
Niacina	6%
Ácido Fólico	5%
* Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 8380 kJ (2000 kcal)	

Producto: Polvo de hornear

Marca: Levapan

Peso Neto: 120 g

Información Nutricional	
Tamaño de la porción ¼ cda (1g)	
Porciones por envase 120	
Cantidad por porción	
Energía (Calorías) 0 kJ (0 Cal)	
Energía de la grasa (Calorías de grasa) 0 kJ (0 Cal)	
% del Valor diario	
Grasa Total 0 g	0%
Grasa saturada 0 g	0%
Grasa <i>trans</i> 0 g	
Colesterol 0 mg	0%
Sodio 80 mg	3%
Carbohidratos totales 0 g	0%
Fibra dietética 0 g	0%
Azúcares 0 g	0%
Proteína 0 g	
* Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 8380 kJ (2000 kcal)	

Producto: Azúcar blanca

Marca: Valdez

Peso Neto: 1 kg

Información Nutricional	
Tamaño de la porción 1 cucharadita (5g)	
Porciones por envase 200	
Cantidad por porción	
Energía (Calorías) 85 kJ (20 kcal)	
% del Valor diario	
Grasa Total 0 g	0%
Sodio 0 mg	0%
Carbohidratos totales 5 g	2%
Fibra dietética 0 g	0%
Azúcares 5 g	
Proteína 0 g	
* Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 8380 kJ (2000 kcal)	

Información nutricional del producto de comparación para el contenido de humedad

Producto: Empanadas de trigo rellenas de queso y listas para freír

Marca: Productos Taty

Peso Neto: 200 g

Información Nutricional	
Peso por porción 45g (1 empanada)	
Porciones por envase 5	
Cantidad por porción	
Energía (150 Cal) 628 kJ	
% del Valor diario	
Grasa Total 6 g	9%
Grasa saturada 0 g	0%
Colesterol 0 mg	0%
Sodio 150 mg	6%
Carbohidratos totales 20 g	6%
Proteína 5 g	11%
Vitamina A	2%
Vitamina C	0%
Calcio	5%
Hierro	1%
* Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 8380 kJ (2000 kcal)	



ANEXO 6

Imágenes del procesamiento y análisis de empanadas

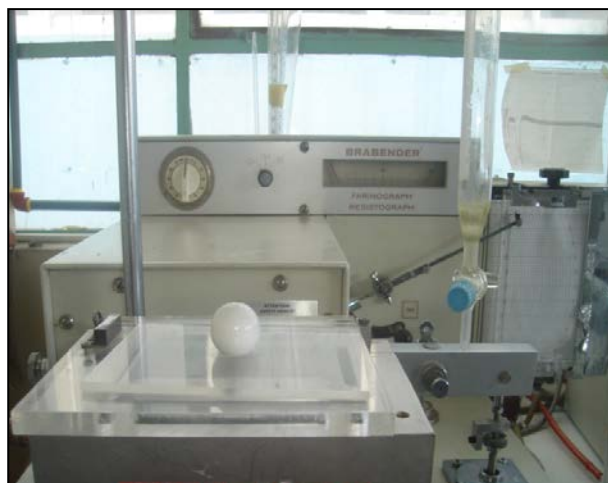
Imagen 1. Farinógrafo Brabender**Imagen 2.** Farinógrafo - Vista frontal**Imagen 3.** Extensógrafo Brabender**Imagen 4.** Extensógrafo - Vista lateral

Imagen 5. Amasadora mecánica mixta SALVA



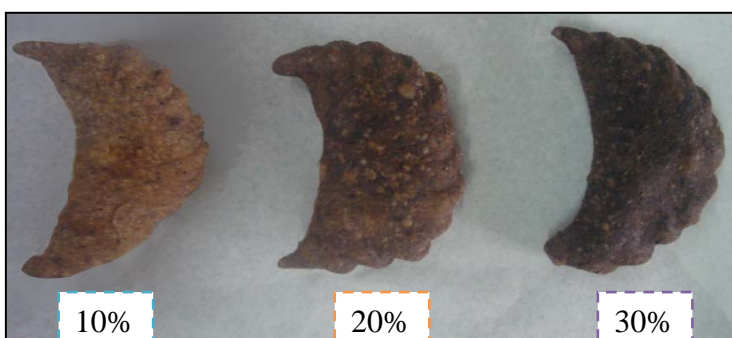
Imagen 6. Masas preparadas con 3 sustituciones de harina de trigo por maíz morado



Imagen 7. Empanadas elaboradas con 3 sustituciones de harina de trigo por maíz morado (previo a fritura)



Imagen 8. Empanadas después de someterlas al proceso de fritura



Cuantificación de Antocianinas

Imagen 9. Dilución de la muestra en buffer de cloruro de potasio 0,025M pH 1

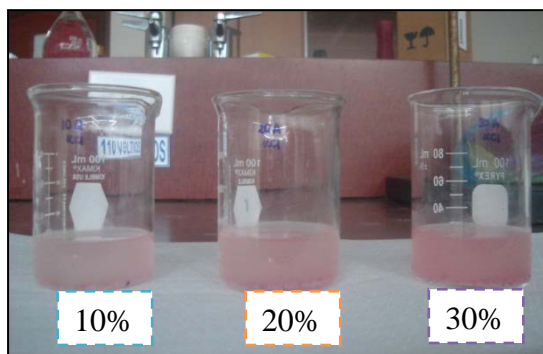


Imagen 10. Dilución de la muestra en buffer de acetato de sodio 0,4M pH 4,5

