



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO

Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero en Alimentos,
otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la
Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

**“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS Y
FUNCIONALES DEL MAÍZ NATIVO “RACIMO DE UVA”
(*Zea mays.L*)**

Por: Victoria Bernarda Mayorga Gavilanes

Tutor: Ing. MSc. Mayra Paredes

Ambato – Ecuador.

2010

Ing. MSc. Mayra Paredes

Tutor de Tesis

Certifica:

Qué el presente trabajo investigativo: “Estudio de las propiedades reológicas y funcionales del maíz nativo “racimo de uva” (*Zea mays*. L) desarrollado por Victoria Bernarda Mayorga Gavilanes, observa las orientaciones metodológicas de la investigación científica.

Que ha sido dirigida en su totalidad, cumpliendo con las disposiciones en la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Modalidad Tutorial.

Por lo expuesto:

Autorizo su presentación ante los organismos competentes para la respectiva calificación.

Ambato, 27 de mayo del 2010

.....

Ing. MSc. Mayra Paredes

Tutor de Tesis

AUTORÍA

La responsabilidad del contenido de la Tesis, corresponde exclusivamente a Victoria Bernarda Mayorga Gavilanes y de la Ing. Mayra Paredes, Tutor de Tesis; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Técnica de Ambato.

Victoria Bernarda Mayorga Gavilanes
AUTORA

Mayra Paredes
TUTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres y hermanos por su amor, paciencia y apoyo durante la ejecución del mismo, por ser mis guías en mi diario caminar y por estar siempre junto a mí brindándome todo su ser.

A las futuras generaciones para que esta investigación sirva como un instrumento de consulta y aprendizaje y no quede en el baúl del olvido.

AGRADECIMIENTO

A Dios, a la Virgen Santísima y a San Juan Bautista, por ser mis fieles amigos y la fuerza que cada día me impulsa a seguir hacia la gloria.

A la Universidad Técnica de Ambato y en especial a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, por haberme brindado la oportunidad de realizarme como persona y profesional gracias a sus valiosos conocimientos impartidos por sus distinguidos docentes.

Al instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y por intermedio al Departamento de Nutrición y Calidad y a través de este a la Dra. Susana Espín y personal del mismo, en especial al Dr. Iván Samaniego por su ayuda y colaboración en el desarrollo de esta investigación.

A la Ing. MSc. Elena Villacrés investigadora del Departamento de Nutrición y Calidad (INIAP). Por ser una persona con grandes valores y conocimientos, que supo guiarme paso a paso en la efectuación de este trabajo de investigación. Gracias Ing. por su paciencia y consejos que me ayudaran toda mi vida personal y profesional.

A la Ing. Mayra Paredes tutora de este trabajo de investigación, por su infinita colaboración en el desarrollo del mismo.

A mi Papito Exequiel por ser una persona bondadosa, cariñosa y sobre todo fuerte y responsable que hace de su hija una persona de bien, gracias por su esfuerzo, sacrificio, paciencia y por todo los buenos momentos, recuerdos y aventuras que viví y seguiré viviendo junto a ti mi viejito querido.

A mi mamita Lolita por ser una persona que nunca me desamparo y por los consejos brindados, gracias por darme la vida. Gracias papitos por todo el esfuerzo que hicieron para darme todo lo que necesitaba.

A mis ñañitos Ubaldo y Jacqueline por ser mas que mis amigos mis confidentes y por todos los buenos momentos que durante este tiempo he vivido junto a ustedes.

A mi cuñada Mercedes, por haberme brindado su amistad y comprensión, a mi sobrita Nomely por la alegría que me brinda cada día desde que dios bendijo a mi familia con su existencia, mi niña bonita.

A mis primos y primas, Cumanda, Verónica, Karina, Diana, Carmen, Tito y Edén, por estar siempre cuando más lo necesito.

A mis tíos y tías, Héctor, Joaquín, Edmundo, Casiano, Carlitos y María, por los concejos dados siempre justo en el momento indicado.

A mis amigas incondicionales Andre y Fernanda, gracias por su amistad, confianza y por los buenos y malos momentos que compartí junto a ustedes, gracias por los acolites, las risas, los concejos que tan bien me han hecho cuando los problemas parecían no tener solución.

A mis amigos/as Mayrita, Caro, Gaby, Flor, Cachito, Jorge y Luis, por su colaboración y amistad brindada.

A Don Luchito por ser esa persona tan buena y generosa.

A mis Ángeles de la guarda que desde el cielo ellos me cuidan y me protegen siempre.

Gracias a todas las personas que durante el desarrollo de mi tesis me brindaron su amistad, confianza y amor, me dieron concejos de aliento y sobre todo confiaron en mí siempre pase lo que pase.

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema de investigación	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.2.1. Contextualización macro, meso, micro	1
1.2.1.1. Análisis macro	1
1.2.1.2. Análisis meso	3
1.2.1.3. Análisis micro	4
1.2.2. Análisis crítico	4
1.2.3. Prognosis	5
1.2.4. Formulación del problema	5
1.2.5.- Preguntas directrices	5
1.2.6.- Delimitación	5
1.3. Justificación	6
1.4. Objetivos	8

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- Antecedentes Investigativos	9
2.2. Origen y distribución	11
2.3. El Cultivo del Maíz Negro y / o Morado	11
2.3.1. Herencia del color morado	12
2.3.2. Clasificación taxonómica	12
2.3.2.1. Descripción Botánica	12
2.3.2.2. Raíz	12
2.3.2.3. Tallo	13
2.3.2.4. Hojas	13
2.3.2.5. Inflorescencia masculina	13
2.3.2.6. Inflorescencia femenina	14
2.3.2.7. Mazorca	14

2.3.2.8. Semillas	14
2.3.3. Usos del maíz	15
2.3.7.1. Industrial	15
2.3.7.2. Casero	15
2.4. Valor nutritivo	16
2.4.1. Composición química del maíz	16
2.4.1.1. Almidón	17
2.4.1.2. Proteínas	18
2.4.1.3. Extracto etéreo	18
2.4.1.4. Fibra dietética	19
2.4.1.5. Otros hidratos de carbono	19
2.4.1.6. Minerales	19
2.4.1.7. Vitaminas liposolubles	20
2.4.1.8. Vitaminas hidrosolubles	20
2.5. Obtención del aceite	21
2.5.1. Procedimiento de extracción de aceite a nivel de laboratorio por solvente	24
2.5.2. Procedimiento de extracción de aceite a nivel industrial por solvente	25
2.5.3. Clasificación	26
2.5.3.1. Ácidos grasos saturados	26
2.5.3.2. Ácidos grasos Insaturados	27
2.5.3.2.1. Ácidos grasos monoinsaturados	28
2.5.3.2.2. Ácidos grasos poliinsaturados	30
2.5.3.2.3. Ácidos grasos poco frecuentes	31
2.5.3.2.4. Ácidos grasos trans	31
2.5.4. Composición de las grasas	32
2.6. Compuestos fenólicos	32
2.6.1. Las Antocianinas	32
2.6.1.2. Factores que causan la inestabilidad de las antocianinas	33
2.6.2. Polifenoles	33
2.6.3. Taninos	33
2.6.4. Beneficios	34

2.7. Fundamentación filosófica	34
2.8. Fundamentación Legal	34
2.9. Categorías fundamentales.	38
2.10. Marco conceptual (Variable Independiente)	38
2.11. Marco conceptual (Variable Dependiente)	38
2.12. Hipótesis.	39
2.13. Señalamiento de variables de la hipótesis.	39

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque	40
3.2. Modalidad básica de la investigación	40
3.3. Nivel o tipo de investigación.	40
3.4. Población o muestra.	40
3.5. Operacionalización de variables	41
3.6. Recolección de información	43
3.7. Procesamiento y análisis	43
3.8. Materiales y métodos	43
3.8.1. Materiales	43
3.8.2. Equipos de Laboratorio	43
3.9. Metodología	44
3.10. Variables y métodos de evaluación	52
3.10.1. Características físicas	52
3.11. Propiedades reológicas	56
3.12. Propiedades Funcionales	58
3.13. Propiedades químicas	62
3.14. Propiedades Funcionales	81
3.15. Compuestos fenólicos	83

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1. Resultados y discusión	88
4.1.1. Características físicas del almidón	88
4.1.1.1. Amilosa y amilopectina	88
4.1.1.2. Tamaño y apariencia microscópica de los gránulos de almidón	91
4.1.1.3. Temperatura inicial de gelatinización	92
4.1.2. Propiedades reológicas	94
4.1.2.1. Comportamiento amilográfico	94
4.1.2.2. Comportamiento farinográfico	98
4.1.2.3. Comportamiento extensográfico	101
4.1.3 Propiedades Funcionales	102
4.1.3.1. Poder de hinchamiento y porcentaje de solubilidad	102
4.1.4. Actividad alfa amilasa	103
4.1.5. Propiedades Químicas del aceite de maíz	105
4.1.5.1. Perfil de acido grasos	105
4.1.5.2. Índice de peróxidos	109
4.1.5.3. Índice de acidez	110
4.1.5.4. Índice de saponificación	111
4.1.5.5. Índice de yodo	112
4.1.5.6. Materia insaponificable	114
4.1.5.7. Índice de color	115
4.1.5.8. Determinación de tocoferoles	116
4.1.6. Compuestos fenólicos	118
4.1.6.1. Determinación de antocianinas polifenoles y taninos	118

CAPITULO V

CONCLUSIONES	122
RECOMENDACIONES	124

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1. Datos informativos	125
6.2. Antecedentes de la propuesta	125
6.3. Justificación	126
6.4. Objetivos	127
6.5. Análisis de factibilidad	127
6.6. Fundamentación	129
6.7. Metodología. Modelo Operativo	133
6.8. Administración	134
6.9. Previsión de la evaluación	135

TABLAS

Tabla N° 1. Principales Países Productores de Maíz.	
Tabla N° 2. Evolución del Rendimiento y la Producción Mundial.1996 1997/ 2005-2006	
Tabla N° 3. Distribución de los componentes del maíz dentado entre las fracciones del grano (%)	
Tabla N° 4. Composición del grano de maíz en base seca	
Tabla N° 5. Ácidos grasos saturados	
Tabla N° 6. Ácidos grasos insaturados	
Tabla N° 7. Ácidos grasos monoinsaturados	
Tabla N° 8. Ácidos grasos poliinsaturados	
Tabla N° 9. Ácido grasos poco frecuentes	
Tabla N° 10 Componentes más importantes de las grasas vegetales	
Tabla N° 11 Porcentajes de amilosa en el almidón de los granos de cereales	
Tabla N° 12 Tamaño de los gránulos de almidón de los cereales	

- Tabla N° 13 Temperatura de gelatinización de los almidones de
Distintos cereales
- Tabla N° 14 Propiedades funcionales de algunos almidones
- Tabla N° 15 Composición de ácidos grasos del aceite de germen de
Maíz
- Tabla N° 16 Característica física del aceite refinado de germen de
Maíz
- Tabla N° 17 Contenido de tocoferoles en el aceite crudo y refinado de
maíz
- Tabla N° 18. Índice de peróxidos
- Tabla N° 19. Índice de peróxidos y sus factores de conversión
- Tabla N° 20. Índice de yodo previsto
- Tabla N° 21. Disoluciones para la preparación de la muestra
- Tabla N° 22. Disoluciones para obtener la curva a partir de la solución
Madre
- Tabla N° 26. Análisis de varianza para el contenido de amilosa en el
almidón de varios ecotipos de maíz
- Tabla N° 27. Prueba de Tukey para el contenido de amilosa en el
almidón de vario ecotipos de maíz
- Tabla N° 29 Prueba de Tukey para el contenido de amilopectina en el
almidón de varios ecotipos de maíz
- Tabla N° 30 Tamaño y forma de gránulo de almidón en cinco ecotipos
de maíz
- Tabla N° 33. Prueba de Tukey para la temperatura de gelatinización
(°C) del almidón en varios ecotipos de maíz
- Tabla N° 34. Interpretación de las curvas de viscosidad Brabender
para el almidón de varios ecotipos de maíz
- Tabla N° 35. Farinogramas de la harina de trigo
- Tabla N° 36. Extensogramas de la harina de trigo (135 min.)
- Tabla N° 40. Prueba de Tukey para la solubilidad del almidón de varios
ecotipos de maíz
- Tabla N° 42. Prueba de Tukey para el poder de hinchamiento del

almidón de varios ecotipos de maíz

Tabla N°43. Falling number (s) en harinas de diferentes ecotipos de Maíz

Tabla N°44. Perfil de Ácidos Grasos de varios aceites

Tabla N° 47. Prueba de Tukey para el índice de peróxido de varios aceites vegetales

Tabla N°50. Prueba de Tukey para el índice de acidez de varios aceites vegetales

Tabla N° 53. Prueba de Tukey para el índice de saponificación (mg KOH/g) de varios aceites vegetales

Tabla N°56. Prueba de Tukey para el índice de yodo de varios aceites vegetales

Tabla N° 59. Prueba de Tukey para la materia insaponificable (%) de varios aceites vegetales

Tabla N° 60. Índice de Color para diferentes aceites vegetales

Tabla N° 61. Contenido de tocoferoles (ppm) para diferentes aceites vegetales

Tabla N° 65. Prueba de Tukey para el contenido de antocianinas de varios ecotipos de maíz

Tabla N° 71. Prueba de Tukey para el contenido de polifenoles (mg/100 g) en varios ecotipos de maíz

Tabla N° 76. Prueba de Tukey para el contenido de taninos (mg/g) en varios ecotipos de maíz

FIGURAS

Fig.1 Árbol de problemas

Fig.2 Extractor por inmersión para harina de pescado

Fig.3 Extracción por percolación-Extractor por inmersión

Fig.4. Amilograma de varios almidones

CUADROS

- Cuadro N° 1. Operacionalización de variables: VI; Tipo de maíz
- Cuadro N° 2. Operacionalización de variables: VDI; Propiedades reológicas y funcionales
- Cuadro N° 3. Tratamientos para la determinación de las propiedades reológicas del almidón de maíz morado y/o negro
- Cuadro N° 4. Esquema del análisis de varianza
- Cuadro N° 5. Tratamientos para la determinación de la actividad y contenido de alfa-amilasa en grano germinado de las tres variedades de maíz
- Cuadro N° 6. Esquema del análisis de varianza
- Cuadro N° 7. Tratamientos para la determinación de las propiedades químicas y funcionales del aceite de maíz raza "racimo de uva"
- Cuadro N° 8. Esquema del análisis de varianza
- Cuadro N° 9. Tratamientos para la determinación del color y componentes funcionales
- Cuadro N° 10. Esquema del análisis de varianza
- Cuadro N° 11. Modelo Operativo
- Cuadro N° 12. Administración
- Cuadro N° 13. Previsión de la evaluación

ANEXOS

- Anexo 1. Características físicas
- Anexo 2. Propiedades Reológicas
- Anexo 3, Propiedades funcionales del almidón
- Anexo 4, Actividad enzimática
- Anexo 5, Propiedades químicas del aceite de maíz
- Anexo 6, Compuestos fenólicos

BIBLIOGRAFIA

180

Resumen

La variable situación económica, social y ambiental por la que atraviesa el Ecuador en la actualidad obliga a buscar alternativas de solución que amortiguen dicha situación. Una opción para enfrentar dicha realidad es investigar nuevas fuentes de alimentos, cuya presencia tanto en el mercado como en la alimentación humana es limitada, ya sea por el desconocimiento de su composición química y propiedades nutritivas, o por factores limitantes de la producción, como es el caso del maíz nativo “racimo de uva”.

La presente investigación se realizó con el propósito de caracterizar el maíz nativo “racimo de uva”, con sus ecotipos: negro, morado y sangre de Cristo. Se evaluaron algunas características físicas, propiedades reológicas del almidón, compuestos funcionales, fenólicos y la actividad alfa amilasa en el grano molido, además de las propiedades químicas del aceite.

Del análisis de los resultados se concluye que los ecotipos morado y amarillo duro presentan mayores contenidos de amilosa (23.49% y 22.24%), lo que influye en el comportamiento viscosográfico y en la digestibilidad del almidón de estos materiales. Los gránulos del almidón del ecotipo negro son de menor tamaño (20.57 eje mayor y 17.54 eje menor) en comparación con los gránulos del ecotipo rojo que registra 24.46 μm para el eje mayor y 18.52 μm para el eje menor. La temperatura inicial de gelatinización de los ecotipos amarillo suave y duro es menor en relación con los materiales morado, negro y rojo. El almidón del ecotipo negro requiere 26 min. para alcanzar la textura adecuada para el consumo (cocido), comportamiento semejante al almidón de trigo, mientras que los almidones del maíz amarillo suave, morado y rojo requieren 29, 31 y 33 min., respectivamente. Las harinas de maíz carecen de propiedades extensibles y elásticas, por lo que no se pudo evaluar su comportamiento farinográfico y extensográfico. No así, las harinas de trigo, que presentan variación entre los tipos comercial (refinada) e integral, registrándose un índice de elasticidad de 64 U.B para la harina comercial y 62 U.B. para la harina integral, la que también presentó un menor índice de extensibilidad.

La actividad alfa-amilasa encontrada en los ecotipos de maíz amarillo (441-451), rojo (392-400), negro (321-331) y morado (321-331), permite orientar su uso para procesos fermentativos, no así para inclusión en masas panificables.

Con respecto a la calidad del aceite, se determinó que los ácidos grasos insaturados se presentan en mayor proporción en el ecotipo de maíz rojo, con 33.42% de ácido oleico, 50.65% de ácido linoleico y 1.25% de ácido linolénico. Los ecotipos negro y morado presentan un perfil semejante (32.52% ácido oleico; 50.25% - 49.78% ácido linoleico; 1.29% - 1.19% ácido linolénico). En el maíz morado predomina el α -tocoferol (109,5 ppm) y el α -tocotrienol (114,7 ppm), mientras que el ecotipo negro es rico en β -tocoferol y δ -tocotrienol (181.9-10,4 ppm); en el maíz amarillo suave sobresale el γ -tocoferol (720,4 ppm) y el δ -tocoferol (24.5 ppm).

Con respecto a los compuestos funcionales, el maíz negro presenta mayor concentración de antocianinas (1,81 ppm), polifenoles (57.82 mg/100g) y taninos (82.7 mg/g); con respecto al maíz amarillo, con 0.04 ppm de antocianinas, 1.84 mg/100 g de polifenoles y 1.58 mg/g de taninos. La coronta (Tuza) del maíz negro presenta una menor cantidad de compuestos fenólicos en relación al grano molido.

Los resultados obtenidos permiten concluir que el maíz nativo "racimo de uva" puede ser considerado un alimento funcional con propiedades nutritivas, antioxidantes y funcionales. Los componentes de mayor interés son el almidón y el aceite. Al primero se lo caracteriza por su viscosidad máxima (1480 U.B) y facilidad de cocción, mientras que el aceite es recomendable para el consumo humano ya que cumple con los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico-Sanitario para aceites vegetales y la norma CODEX.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema de investigación

Estudio de las propiedades reológicas y funcionales del maíz nativo “racimo de uva” *Zea mays L*

1.2. Planteamiento del problema

La variable situación económica, social y ambiental por la que atraviesa el Ecuador en la actualidad obliga a buscar alternativas de solución que amortigüen dicha situación. Una opción para enfrentar dicha realidad constituye sin lugar a dudas investigar y estudiar los alimentos que hoy en día su presencia tanto en el mercado como en la alimentación humana es limitada, ya sea por el desconocimiento de su composición química y propiedades nutritivas, como es el caso del maíz nativo “racimo de uva” al cual se lo caracterizará para aprovechar su bondades nutritivas, en función de sus propiedades reológicas y funcionales las mismas que nos permitirán aplicar tecnologías adecuadas para el desarrollo de nuevos productos o mejorar los productos que se tiene en el mercado nacional con miras de exportación .

1.2.1. Contextualización macro, meso, micro

Los datos tomados como referencia sobre la producción del maíz, como parámetro general fueron los del maíz amarillo, ante la no existencia de datos correspondientes al maíz racimo de uva.

1.2.1.1. Análisis macro

De acuerdo al III Censo Agropecuario realizado en el año 2002 por el SICA, la superficie cosechada de maíz de altura alcanza las 236.349 ha con una producción de 252.062 tn, con un promedio de rendimiento de 0.45 t/ha.

El maíz de altura es considerado uno de los principales cultivos de la región interandina o sierra; la superficie cosechada de maíz de altura para el año

2003 tanto en choclo como en seco fue de 189.782ha, con rendimientos promedios de 0.6 t/ha para maíz suave en seco y 1.9 t/ha para maíz suave en choclo. (Yáñez, *et al.* 2003).

La producción mundial de maíz entre el año 2005-2006 fue de 692.338 tn. Reportándose una disminución del 2,25% con respecto a los años anteriores. (Medina, 2008). En la tabla N° 1, se puede apreciar las toneladas y el porcentaje de producción de los principales países productores de maíz, entre los países que sobresalen se encuentra los Estados Unidos con una producción de 282.260 tn. (Medina, 2008).

Tabla N° 1. Principales Países Productores de Maíz.

PAIS	PRODUCCIÓN	
	miles de tn	%
EEUU	282,260	40,77
China	139,370	20,13
UE	48,318	6,98
Brasil	41,000	5,92
México	19,200	2,77
India	15,090	2,18
Argentina	14,500	2,09
Rumania	10,300	1,49
Canadá	9,470	1,37
África del sur	7,000	1,01
Otros	105,830	15,29
Total Mundial	692,338	100

Fuente: Medina, 2008

Tabla Nº 2. Evolución del Rendimiento y la Producción Mundial.1996-1997/ 2005-2006

AÑO	PRODUCCIÓN	RENDIMIENTO
	MILES DE tn	tn/ha
1996/97	593	4,18
1997/98	574	4,21
1998/99	606	4,35
1999/00	608	4,37
2000/01	590	4,31
2001/02	599	4,35
2002/03	603	4,38
2003/04	625	4,41
2004/05	712	4,92
2005/06	692	4,75

Fuente: Medina, 2008

En la tabla Nº 2, se puede apreciar como a través de los años va evolucionando positivamente el rendimiento de producción. En el año 2005 y 2006 se reporta una disminución en la producción con relación a los años anteriores.

1.2.1.2. Análisis meso

Dentro del contexto MERCOSUR la producción en los años 2005/06 fue de: 55.500.000 tn que representa 7,94% de la producción mundial. Entre los países que sobresalen tenemos (IICA, 2008)

- Brasil: 41.000.000 tn. (73,9 % de la producción del MERCOSUR, 2006)
- Argentina: 14.000.000 tn estimada (25,2% de la producción del MERCOSUR, 2006).

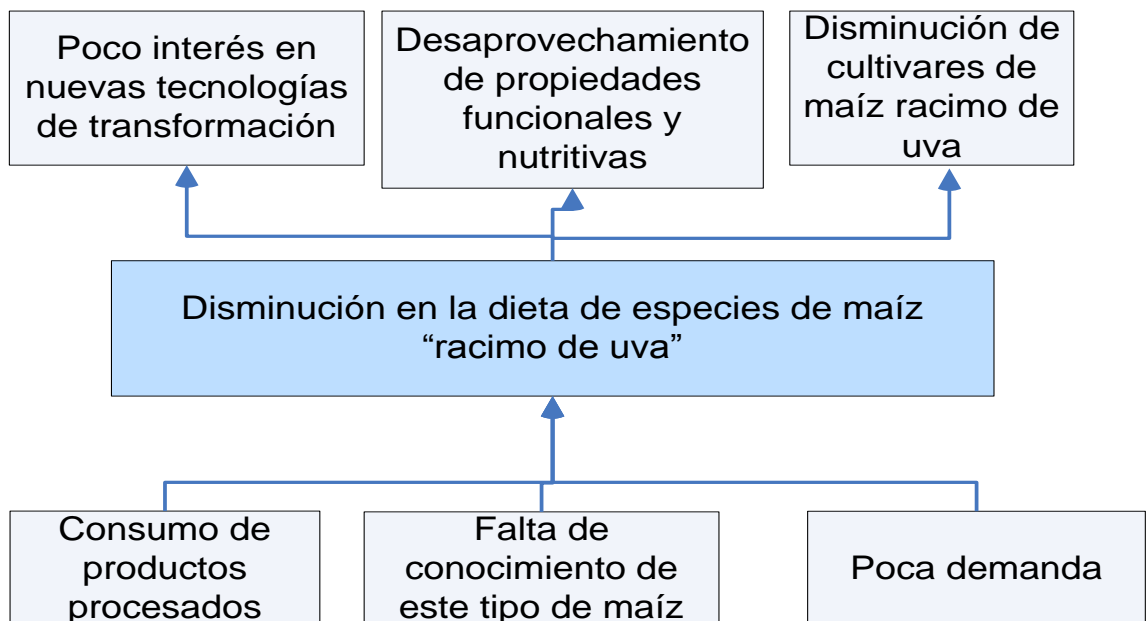
1.2.1.3. Análisis micro

La producción nacional anual de maíz, en condiciones normales es de 595.000 tn, de este volumen, la avicultura consume el 57%, la industria de balanceados para otros animales el 6%, un 25% se exporta a Colombia, el 4% se destina a las industrias de consumo humano, como puede ser en choclo, tostado, harina, mote y humitas; el resto sirve para el autoconsumo y semilla. (CORPEI, 2008).

1.2.2. Análisis crítico

Gracias a la biodiversidad agrícola que posee el Ecuador se desarrollará el estudio del maíz nativo “racimo de uva” en el cual se caracterizará las propiedades reológicas y funcionales de este ecotipo, cuyo conocimiento generará nuevas formas de aprovechamiento de sus diferentes propiedades en el campo agroindustrial y nutricional. (Figura 1).

Fig. 1 ÁRBOL DE PROBLEMAS



Realizado por: Victoria Mayorga, 2009

1.2.3. Prognosis

El desconocimiento de las propiedades reológicas y funcionales del maíz nativo “racimo de uva”, hace que no se aproveche los atributos de interés para la alimentación y la salud del ser humano, así como también el cultivo del maíz negro iría disminuyendo cada vez mas ocasionando que su demanda y consumo se reduciría, afectando a la economía de los pequeños agricultores de este cereal y al desarrollo socioeconómico del País.

1.2.4. Formulación del problema

¿Es la falta de conocimiento de las propiedades reológicas y funcionales del maíz nativo “racimo de uva” lo que conlleva a su reducida presencia en el mercado comercial y en la alimentación del ser humano?

1.2.5.- Preguntas directrices

- ¿Por qué es importante el conocimiento de las propiedades reológicas y funcionales del maíz nativo “racimo de uva”?
- ¿Cuáles son beneficios que brinda al ser humano el maíz nativo “racimo de uva”?
- ¿Cómo se podría contribuir a la economía de los pequeños agricultores y al desarrollo socioeconómico del País a través de este estudio?

1.2.6.- Delimitación

- **Campo:** Agroalimentario
- **Área:** Cereales.
- **Aspecto:** El desconocimiento de las diferentes propiedades del maíz nativo “racimo de uva” ocasiona que su demanda, aprovechamiento y consumo se haya reducido en los últimos años.
- **Temporal:** Tiempo de la investigación Octubre 2008-Octubre 2009.
- **Espacial:** El presente trabajo de investigación se realizara en los laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad de los Alimentos de la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP).

1.3. Justificación

El problema de la baja demanda nacional de los cultivares de maíz negro, puede ser atribuido en parte, al desconocimiento de la composición química, sus propiedades nutritivas y funcionales, por lo que en esta investigación se pretende encontrar, atributos de interés para la alimentación y la salud, que contribuyan a mejorar su demanda y consumo, además de determinar las características físicas, propiedades reológicas y funcionales, de interés para la agroindustria bajo la premisa de que no se puede aprovechar un producto cuyas propiedades se desconocen.

A pesar del gran valor nutricional que presenta la especie 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, funcional y cultural, fomentar su cultivo, aliviar la situación de pobreza de los pequeños agricultores y propender a su desarrollo socioeconómico.

A través de esta investigación se determinará la variabilidad natural de los ecotipos negros y/o morados, expresado en sus llamativos colores, sabores y texturas, en función de sus propiedades reológicas y funcionales. Lo que permitirá conocer las potenciales de esta especie para el desarrollo de nuevos productos y otras aplicaciones industriales, que a su vez posibiliten el fomento de su conservación “*in situ*” y “*ex situ*”, su valorización, la ampliación del cultivo, comercialización y consumo.

En la actualidad se a realizado un trabajo sobre la caracterización y evaluación agro morfológica de 64 accesiones de maíz negro y 27 accesiones de maíz chulpi (*Zea mays* L.), colectadas en la serranía del Ecuador en la EESC- INIAP, Quito. Con el objetivo de seleccionar las mejores accesiones promisorias tomando en cuenta sus características relevantes para la producción como: altura de la planta, altura de la mazorca, numero de granos por hileras, longitud de la mazorca, longitud del

grano y rendimiento, tanto para maíz negro como para chulpi. (Noroña, 2008).

Al final de la investigación se identifica 9 accesiones promisorias de maíz negro y 6 de maíz chulpi. Finalmente se regenero semilla de 64 accesiones de un total de 54 accesiones sembradas de maíz negro y se obtuvo en total 34.15 kg de semilla. En maíz chulpi se regenero semilla de 27 accesiones de un total de 29 accesiones sembradas y se obtuvo un total de 8 kg de semilla. Estos materiales serán usados para futuros trabajos de mejoramiento dentro del programa de maíz de la Estación Santa Catalina del INIAP, (Noroña, 2008).

Ya que mantener la variabilidad genética de las especies vegetales representan el recurso natural renovable mas importante para la supervivencia y el pilar básico de la seguridad alimentaria y la sostenibilidad rural, (Yáñez, 2007).

El INIAP no dispone de una variedad mejorada de maíz negro y existen únicamente ecotipos locales que han sido sembrados a través de los años por los agricultores de las zonas alto andinas. En este sentido es de importancia para el Programa de Maíz de la EESC disponer de germoplasma de maíz negro para obtener poblaciones con características superiores a los ecotipos ya existentes y poder a futuro liberar una variedad mejorada de este tipo de maíz (Yáñez, *et al.* 2003).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Reconocer y establecer las propiedades reológicas y funcionales del maíz nativo “racimo de uva” (*Zea mays* L.), para orientar sus usos y aplicaciones en la alimentación, la agroindustria y el comercio.

1.4.2.- Objetivo Especifico.

- Valorar las características físicas, propiedades reológicas y funcionales del almidón de tres ecotipos nativos de maíz “racimo de uva” (Negro, Morado y Sangre de Cristo), procedente de Salcedo Provincia de Cotopaxi.
- Verificar la actividad enzimática y el contenido de alfa-amilasa en la harina de tres ecotipos del maíz nativo “racimo de uva” (Negro, Morado y Sangre de Cristo).
- Establecer las propiedades químicas y funcionales del aceite de maíz de tres ecotipos del maíz nativo “racimo de uva” (Negro, Morado y Sangre de Cristo).
- Determinar el contenido de polifenoles, taninos y antocianinas, en la harina de tres ecotipos del maíz nativo “racimo de uva” (Negro, Morado y Sangre de Cristo) en base a mediciones del color.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- Antecedentes Investigativos

El maíz constituye un alimento básico a nivel mundial, tanto para consumo humano como para la agroindustria, ocupando el tercer lugar luego del trigo y el arroz. Siendo uno de los productos agrícolas más importantes de la economía nacional, tanto por su elevada incidencia social, ya que casi las tres cuartas partes de la producción total proviene de unidades familiares campesinas, la mayoría de ellas de economías de subsistencia, como también por constituir la principal materia prima para la elaboración de alimentos concentrados (balanceados) destinados a la industria animal, muy en particular, a la avicultura comercial, que es una de las actividades más dinámicas del sector agropecuario.(Yúfera, 1987).

Las variedades cultivadas fundamentalmente para alimentación comprenden el maíz dulce y el reventador, aunque también se usan en buena medida el maíz dentado, el amiláceo o harinoso y el cristalino; este último también se utiliza para pienso. El maíz normal inmaduro en la panoja es objeto de gran consumo, hervido o tostado. (Yúfera, 1987).

En el Ecuador el maíz es uno de los cultivos mas importantes ocupando una área de alrededor de 500000 ha. Su cultivo se ha distribuido en casi todo el territorio, desde cerca al nivel del mar hasta las tierras altas de la serranía (3200 msnm), en suelos fértiles, así como en terrenos pobres, pedregosos, planos o de pendiente, en colinas y en cerros. De estos el maíz amiláceo es un componente importante en la dieta de la población ecuatoriana, especialmente de la rural, por su aporte proteico y energético. (Yáñez, *et, al.* 2003).

Y al ser el Ecuador uno de los países con mayor diversidad genética de maíz por unidad de superficie, el preservarla representara el recurso natural renovable más importante para la supervivencia, sostenibilidad rural y seguridad alimentaria de las futuras generaciones. (Yáñez, 2007).

Actualmente, se han reconocido 29 razas de maíz, de las cuales 18 se han encontrado en la sierra cuyas características son de tipos harinosos y semiduros, las mismas que se encuentran distribuidas de acuerdo a las preferencias de los agricultores y consumidores; y las restantes se han encontrado en la región litoral, siendo maíces de tipo duro cristalino. (Noroña, 2008).

Entre los principales tipos de maíz que todavía se cultivan en la sierra del Ecuador se incluyen: cuzco y canguil ecuatoriano, racimo de uva, chillos huandango, morochón, patillo y kcello, y la variedades que han sido generadas tales como: chaucho, mishca, blanco blandito, guagal, shima, y chulpi. (Yáñez, 2007).

De los maíces anteriormente mencionadas el maíz nativo “racimo de uva” *Zea mays*. L. es de especial interés debido a la existencia de un pigmento natural denominado cianidina-3-b-glucosa, el cual pertenece a las denominadas antocianinas, pigmentos que dan color a las frutas y vegetales de las cuales se conoce que ayudan a combatir el estrés oxidativo, las enfermedades degenerativas y a la vez brindan efectos benéficos para la salud y el bienestar. (Callejo, 2002).

Otro componente de interés en el maíz es el aceite, el cual es rico en ácidos grasos poli insaturados (58,7 % de ácido linoleico), o mono insaturados (24,2 % de ácido oleico) frente a los saturados (12,7 % de ácido palmítico y esteárico). Dentro de los aceites grasos poli insaturados el aceite de maíz es rico en omega-6, (ácido linoleico). (Botanical, 2007. www.botanical-online.com).

Debido a estas propiedades el maíz nativo racimo de uva podría inscribirse en la categoría de alimento funcional. Logrando de esta manera despertar el interés de los investigadores en los ámbitos de la alimentación y la nutrición ya que hoy en día se buscan intensamente alimentos funcionales en casi todos los rincones del mundo y de una diversidad de plantas. (Botanical, 2007. www.botanical-online.com).

2.2. Origen y distribución

El origen de la planta del maíz sigue siendo hoy un misterio, por más que los estudiosos se estén esforzando por aclararlo desde diferentes puntos de vista. Solamente podemos afirmar que era el alimento básico de las culturas americanas muchos siglos antes de que los europeos llegaran al Nuevo Mundo. (FAO, 2003).

La distribución de algunos de los tipos de los maíces mas cultivados, en las provincias de la sierra del Ecuador; se debe a los agricultores. De esta manera, en el norte (Carchi, Imbabura, y Pichincha) se consume maíces de tipo amarillo harinoso, en la parte central (Chimborazo y especialmente Bolívar) se cultivan los maíces blanco harinosos y en el sur (Cañar y Azuay) el maíz denominado Zhima (blanco amorochado). (Yáñez, 2007).

2.3. El Cultivo del Maíz Negro y / o Morado



2. 3.1. Herencia del color morado

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

La coloración puede mantenerse de generación en generación, si se siembra en lotes aislados, semillas provenientes de plantas que presentan el color morado o púrpura, así como la mazorca con las glumas, y en especial el interior de las tuzas y los granos morado intenso. (Manrique, A. 2000).



2.3.2. Clasificación taxonómica

Reino: Vegetal

División: Angiosperma

Clase: Monocotyledoneae

Orden: Cereales

Familia: Poaceae

Género: Zea

Especie: *mays*

Nombre científico: *Zea mays*.L

2.3.2.1. Descripción Botánica

Las partes que componen la planta de maíz son las siguientes:

2.3.2.2. Raíz

Las raíces son fasciculadas, el sistema radicular esta constituido de:

- **Raíz Seminal o principal**, esta representada por un grupo de una a cuatro raíces, que pronto dejan de funcionar. Se originan en el embrión. Suministra nutrientes a las semillas en las primeras dos semanas.
- **Raíces adventicias**, el sistema radicular de una planta es casi totalmente adventicio y brota de la corona, puede alcanzar hasta dos metros de profundidad.
- **Raíces de sostén o soporte**, estos tipos de raíces se originan en los nudos, cerca de la superficie del suelo. Favorecen dando a la planta una mayor estabilidad. Las raíces de sostén realizan fotosíntesis.
- **Raíces Aéreas**, son raíces que no alcanzan el suelo.

2.3.2.3. Tallo

Presenta un tallo principal, siempre erecto, leñoso y cilíndrico. Esta compuesto por tres capas (del exterior al interior), epidermis es impermeable y transparente, pared por donde circulan las sustancias alimenticias y **médula** tejido central esponjoso, donde almacena reservas alimenticias.

2.3.2.4. Hojas

Las hojas poseen una larga vaina que envuelve el entrenudo, El limbo es largo, un poco ancho y termina en punta, de bordes enteros y con nervaduras paralelas, su color usual es verde pero se pueden encontrar hojas rayadas de blanco y verde o verde y purpura. El número de hojas por planta varía entre 8 y 25.

2.3.2.5. Inflorescencia masculina

Esto se realiza en las últimas hojas de la planta, de siete a diez días antes de que comience a aparecer los estilos de la inflorescencia femenina. (Noroña, 2008).

2.3.2.6. Inflorescencia femenina

La Inflorescencia femenina corresponde a una espiga. La espiga se presenta cubierta por brácteas u hojas envolventes y esta conjuntamente con las brácteas conforman la mazorca. (Noroña, 2008).

2.3.2.7. Mazorca

La mazorca de maíz es compacta y formada por hojas que la cubren totalmente. El eje de la inflorescencia recibe el mimbre de tuza en América del sur y elote en México y América central. (Noroña, 2008).

2.3.2.8. Semillas

Las semillas están contenidas dentro de un fruto denominado cariósipide, la capa externa que rodea este fruto corresponde al pericarpio, estructura que esta situada por sobre la testa de la semilla. Esta a la vez esta formada internamente por el endospermo y el embrión constituido por la coleoriza, la radícula, la plúmula o hojas embrionarias, el coleoptilo y el escutelo o cotiledón.

Los especímenes típicos de esta raza se encuentran desde los 1200 a 2580 msnm, son de granos redondos con pericarpio rojo, morado, estrechamente agrupados para dar la apariencia de un racimo de uvas. Las mazorcas son de tamaño medio, de formas cónicas a ovales con ocho a catorce hileras en espiral. Color rojizo a púrpura en toda la tusa, incluidas las lemas, las glumas y la medula. (Yáñez, 2003).



Las épocas mas propicias de siembra en la región de la sierra, corresponde a los meses de agosto a octubre; y en la región de la costa, entre abril y septiembre.

2.3.7. Usos del maíz

2.3.7.1. Industrial

De los ecotipos negros se extraen los pigmentos denominados antocianinas, las cuales imparten color a bebidas, dulces y confites, productos de panadería, vegetales, conservas de pescado, grasas y aceites, mermeladas y jaleas, frutas confitadas y en almíbar, jarabes de frutas, sopas y saborizantes, coloración de jugos de frutas (fresa) y también en vermouth, vinos y vinagres. Se utilizan para colorear Caramelos, Helados y bebidas.

El uso farmacéutico de las Antocianinas del Maíz Morado, es reconocido en Oftalmología, por sus propiedades de incrementar la agudeza visual y mejorar la visión nocturna; para el tratamiento de diversos trastornos de circulación de la sangre (Colesterol) y evita la presencia de Cáncer al Intestino grueso entre sus principales agentes activos.

Desde un punto de vista industrial, el maíz en general es interesante, además, para la obtención de endulzantes alimentarios (sirope de maíz) y de alcohol que se produce por fermentación de su azúcar. También se obtiene aceite de uso alimentario o para la industria de fabricación de pinturas o jabón. (Chávez, 2000).

2.3.7.2. Casero

A partir de esta planta se obtienen bebidas no alcohólicas como el pinolate guatemalteco, (harina de maíz, azúcar y agua), el pinolillo costarricense u hondureño (harina de maíz y cacao), el atole mejicano (harina de maíz, agua, leche y azúcar) u otras bebidas alcohólicas denominadas chichas.

Entre las bebidas más tradicionales de nuestro país tenemos:

- Chicha morada
- Mazamorra morada

Del maíz, además de sus granos, se extrae harina para la confección de pan de maíz, de tortas de maíz, arepas y otros productos de repostería. (Ramírez, *et, al.* 2005).

2.4. Valor nutritivo

2.4.1. Composición química del maíz

Como se muestra en la tabla N° 3, las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química.

Tabla N° 3. Distribución de los componentes del maíz

Dentado entre las fracciones del grano (%)

Componente químico	Endospermo	Embrión	Pericarpio
Proteínas	73.1	23.9	3.0
Extracto etéreo	15.0	83.2	1.8
Cenizas	18.2	78.5	3.3
Almidón	98.0	1.3	0.7
Azúcar	28.2	70.0	1.8

Fuente: Franco, 2008

En la tabla N° 4 siguiente podemos observar la composición del grano de maíz en base seca:

Tabla Nº 4. Composición del grano de maíz en base seca

Componentes	Promedio (%)	Rango típico (%)
Fécula	71.3	64-78
Proteína	9.91	8-14
Grasa	4.45	3.1-5.7
Fibra cruda	2.66	1.8-3.5
Ceniza	1.42	1.1-3.9

Fuente: Franco, 2008

2.4.1.1. Almidón

Almidón (o féculas): Son los componentes fundamentales de la dieta del hombre. Están presentes en los cereales, las patatas, etc. Son los materiales de reserva energética de los vegetales, que almacenan en sus tejidos o semillas con objeto de disponer de energía en los momentos críticos, como el de la germinación.

Químicamente pertenecen al grupo de los polisacáridos, que son moléculas formadas por cadenas lineales o ramificadas de otras moléculas más pequeñas y que a veces alcanzan un gran tamaño. Para asimilarlos es necesario partir los enlaces entre sus componentes fundamentales: los monosacáridos. Esto es lo que se lleva a cabo en el proceso de la digestión mediante la acción de enzimas específicos. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa, que constituye hasta el 25-30 % del almidón. El polímero amilopectina también consiste de unidades de glucosa, pero en forma ramificada y constituye hasta el 70-75 % del almidón. (Galiana, P.2009).

2.4.1.2. Proteínas

Después del almidón, las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano por orden de importancia, y la proteína más importante en el maíz es la zeína siendo su baja calidad debido al poco contenido en lisina y triptófano, el cual se encuentra en mayor nivel en los demás cereales. En las variedades comunes, el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 11 % del peso del grano, y en su mayor parte se encuentran en el endospermo. Las proteínas de los granos del maíz han sido estudiadas ampliamente, están formadas por lo menos por cinco fracciones distintas. Conforme a su descripción, las albúminas, las globulinas y el nitrógeno no proteico totalizan aproximadamente el 18 % del total de nitrógeno, con proporciones del 7 %, 5 % y 6 %, respectivamente. (Galiana, P.2009).

2.4.1.3. Extracto etéreo

Al igual que los glúcidos, las grasas se utilizan en su mayor parte para aportar energía al organismo, pero también son imprescindibles para otras funciones como la absorción de algunas vitaminas (las liposolubles), la síntesis de hormonas y como material aislante y de relleno de órganos internos. Están presentes en los aceites vegetales (oliva, maíz, girasol, cacahuete, etc.), que son ricos en ácidos grasos insaturados, y en las grasas animales (tocino, mantequilla, manteca de cerdo, etc.), ricas en ácidos grasos saturados.

A pesar de que al grupo de los lípidos pertenece un grupo muy heterogéneo de compuestos, la mayor parte de los lípidos que consumimos proceden del grupo de los triglicéridos. Están formados por una molécula de glicerol, o glicerina, a la que están unidos tres ácidos grasos de cadena más o menos larga. En los alimentos que normalmente consumimos siempre nos encontramos con una combinación de ácidos grasos saturados e insaturados. (Galiana, P.2009).

2.4.1.4. Fibra dietética

Después de los hidratos de carbono (principalmente almidón), las proteínas y las grasas, la fibra dietética es el componente químico del maíz que se halla en cantidades mayores. El contenido de fibra dietética de los granos descascarados será evidentemente menor que el de los granos enteros. (Galiana, P.2009).

2.4.1.5. Otros hidratos de carbono

El grano maduro contiene pequeñas cantidades de otros hidratos de carbono, además de almidón. El total de azúcares del grano varía entre el 1 y el 3 %, y la sacarosa, el elemento más importante, se halla esencialmente en el germen. En los granos en vías de maduración hay niveles más elevados de monosacáridos, disacáridos y trisacáridos. Doce días después de la polinización, el contenido de azúcar es relativamente elevado, mientras que el de almidón es bajo. Conforme madura el grano, disminuyen los azúcares y aumenta el almidón. (Galiana, P.2009).

2.4.1.6. Minerales

La concentración de cenizas en el grano de maíz es aproximadamente del 1,3 %, sólo ligeramente menor que el contenido de fibra cruda. El germen es relativamente rico en minerales, con un valor medio del 11 %, frente a menos del 1 % en el endospermo. El germen proporciona cerca del 78 % de todos los minerales del grano. El mineral que más abunda es el fósforo, en forma de fitato de potasio y magnesio, encontrándose en su totalidad en el embrión con valores de aproximadamente 0,90 % en el maíz común. Como sucede con la mayoría de los granos de cereal, el maíz tiene un bajo contenido de Ca y de oligoelementos. (Galiana, P.2009).

2.4.1.7. Vitaminas liposolubles

El grano de maíz contiene dos vitaminas solubles en grasa, la provitamina A, o carotenoide, y la vitamina E. Los carotenoides se hallan sobre todo en el maíz amarillo, en cantidades que pueden ser reguladas genéticamente, en tanto que el maíz blanco tiene un escaso o nulo contenido de ellos. La mayoría de los carotenoides se encuentran en el endospermo duro del grano y únicamente pequeñas cantidades en el germen. (Galiana, P.2009).

2.4.1.8. Vitaminas hidrosolubles

Las vitaminas solubles en agua se encuentran sobre todo en la capa de aleurona del grano de maíz, y en menor medida en el germen y el endospermo. Esta distribución tiene importancia al someter al grano a procesos térmicos de transformación dando lugar a pérdidas considerables de vitaminas. Se han encontrado cantidades variables de tiamina y riboflavina en el grano del maíz; su contenido está determinado en mayor medida por el medio ambiente y las prácticas de cultivo que por la estructura genética, aunque se han encontrado diferencias en el contenido de estas vitaminas entre las distintas variedades. (Galiana, P.2009).

El maíz no tiene vitamina B12 y el grano maduro contiene sólo pequeñas cantidades, en caso de que las haya de ácido ascórbico. Se hallan un contenido de aproximadamente 2,69 mg/kg de piridoxina asimilable. Otras vitaminas, como la colina, el ácido fólico y el ácido pantoténico, se encuentran en concentraciones pequeñísimas. (Galiana, P. 2009).

2.5. Obtención del aceite

El procedimiento de estimación de la grasa por extracción del aceite de origen con un solvente y evaporación de este, es uno de los métodos mas antiguos en el análisis de la grasas.

La extracción del aceite de una semilla oleaginosa por medio del lavado de solvente se puede realizar de tres maneras:

- a) Por percolación
- b) Por inmersión
- c) Por procedimiento mixto percolación-inmersión

El procedimiento de percolación consiste en que el solvente llegue a toda la masa en forma de lluvia, pero sin llenar todos los espacios vacios existentes entre las semillas. En otras palabras se realiza una verdadera percolación cuando el solvente envuelve a todas las partículas de la semilla con una película de líquido en continuo recambio. El procedimiento de inmersión se realiza, por el contrario, cuando la masa de semilla va inmersa completamente en el solvente, incluso si este esta en movimiento.

La velocidad del solvente en contacto con la superficie de la semilla es grande en el procedimiento de percolación, ya que el film o la película de líquido escurre velozmente sobre las partículas por efecto de la fuerza de la gravedad.

En el proceso de inmersión, al encontrarse la semilla inmersa en el solvente, la velocidad de recambio del solvente sobre la superficie de las partículas es necesariamente lento, incluso si circula rápidamente.

Para poder realizar el proceso de percolación es necesario que las partículas de las semillas tengan un tamaño que permita un fácil drenaje del solvente a través de la masa. El proceso por inmersión puede realizarse fácilmente aunque la semilla haya sido reducida a partículas de pequeños tamaños.

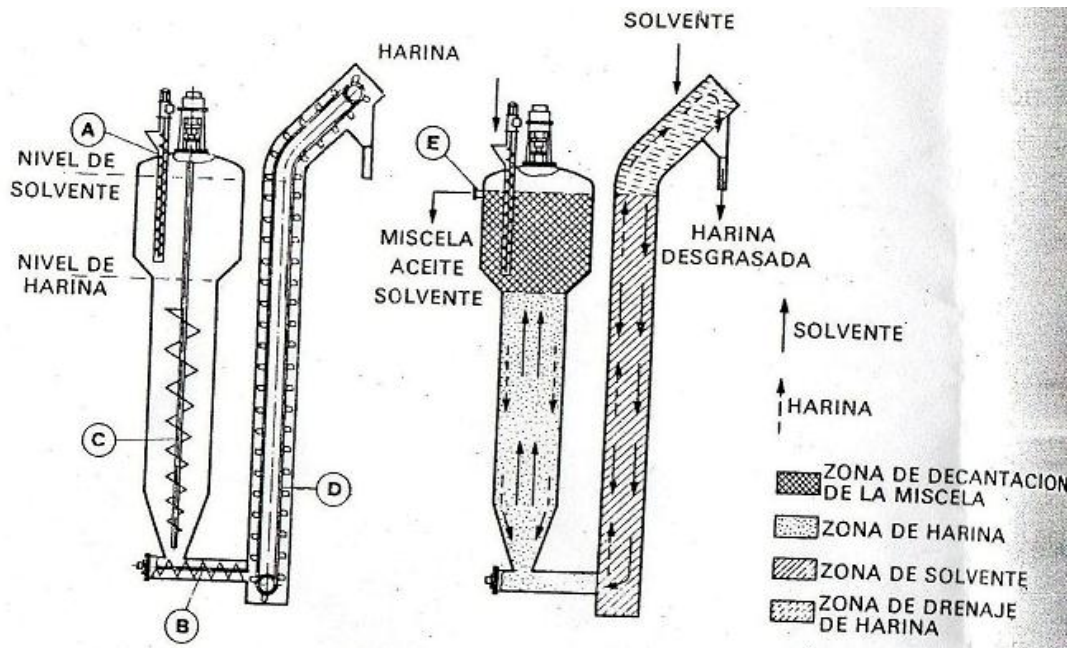
En ambos procesos, el lavado de la semilla se debe realizar en contracorriente, es decir, la semilla mas pobre en aceite se debe poner en contacto con el solvente de menor concentración en aceite.

Parece que el dilema entre uno u otro procedimiento esta resuelto en el aparato Soxlet, donde se realiza una extracción mixta percolación-inmersión con resultados muy buenos, y tanto es así que este aparato se utiliza para la determinación analítica del contenido en aceite de una sustancia grasa.

Se tiene un interesante extractor de aceite que ha encontrado rápidamente aplicación industrial y que esta constituido por dos extractores en serie de los cuales el primero trabaja por percolación y el segundo por inmersión, (Fig.2), este extractor da al proceso de extracción la ventaja de cada sistema y su conjunto ofrece.

- Alta concentración de aceite en la micela
- Consumos específicos muy bajos
- Muy bajo contenido de aceite residual en las harinas
- Posibilidad de trabajar con productos de alto contenido en grasa y pequeña granulometría.

Fig. Nº 2 Extractor por inmersión para harina de pescado:



A) Alimentador de harina, **B)** Tornillo de descarga, **C)** Agitador, **D)** Elevador - gragador, **E)** Rebose.

Fuente:(Bernardini, J, *et, al.*1986).

El disolvente ideal para una extracción cuantitativa de la grasa, debe poseer las siguientes características:

- Tener un alto poder disolvente para la grasas
- Tener un bajo o nulo poder disolvente para sustancias no grasas, tales como proteínas, aminoácidos, hidratos de carbonos y fosfolípidos.
- Evaporarse rápidamente y no dejar residuo
- Tener un relativamente bajo punto de ebullición
- No ser inflamable
- No ser toxico, tanto en estado liquido como en vapor
- Penetrar fácilmente en las partículas de la muestra
- Estar compuesto de un solo componente o ser una mezcla azeotrópica para evitar la posibilidad de fraccionamiento.

El éter de petróleo y el éter etílico son los disolventes mas comúnmente utilizados en las extracciones de las grasas. El primero de ellos ha sido adoptado por la American Oil Chemists Society, para la mayoría de sus métodos analíticos de extracción.

Para el estudio del aceite obtenido a partir del maíz nativo se utilizo el hexano comercial cuyas especificaciones dadas por la American Oil Chemists Society son:

1. Peso específico a 15.5°C: 0.678 a 0.692
2. Ensayo de destilación ejecutado según la designación número 216-54 de A.S.T.M.
 - a. Temperatura inicial de ebullición: no menor que 60°C
 - b. Punto final en frasco seco: no superior a 70°C
 - c. Residuo en matraz de destilación: neutro al naranjado de metilo

2.5.1. Procedimiento de extracción de aceite a nivel de laboratorio por solvente

La muestra deber estar exenta de impurezas para luego ser molida hasta obtener una harina fina, la molturación debe hacerse sin calentamiento y sin pérdida apreciable de humedad.

Inmediatamente después de la molienda, se pesa 100g de muestra y se la coloca en una bolsa hecha de papel filtro para su extracción a través del aparato Soxlet, por 8 horas, luego se evapora el hexano en un rota vapor a 60°C.

2.5.2. Procedimiento de extracción de aceite a nivel industrial por solvente

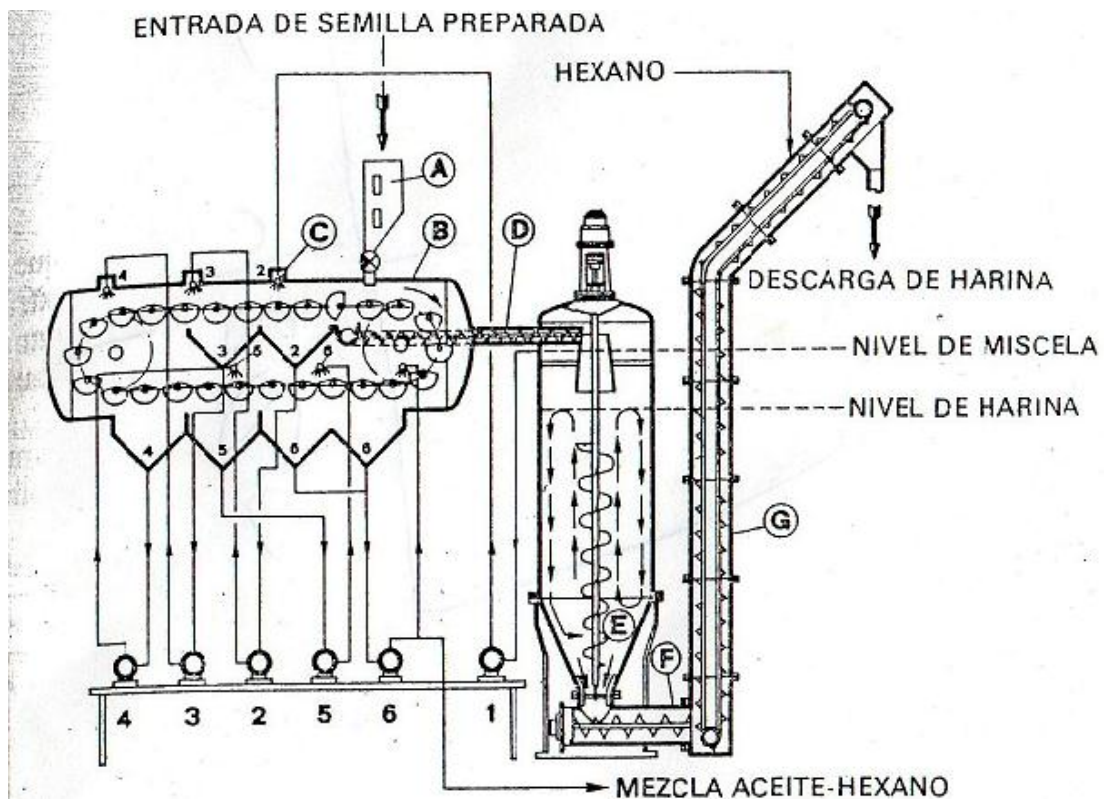
La extracción del aceite por este sistema es sin duda el procedimiento más práctico y económico. Sin embargo, si esto se lleva a cabo a escala industrial, las plantas de extracción necesitan equipos especiales con el fin de homogenizar adecuadamente el producto, el extractor más adecuado es el I.M.M. de la firma C.M.B. El ciclo de trabajo de este extractor es el siguiente: la harina entra en el extractor por inmersión mediante un dosificador, A, y el nivel en el interior del aparato se mantiene por medio de la acción de otro dosificador de tornillo, B. Un elevador de cangilones, D, recoge la harina, elevándola fuera del área del solvente. La harina se drena durante el recorrido final del elevador y se descarga en la columna de desolventización.

El solvente va en contracorriente a la harina: entra por la parte superior del elevador, fluye hacia abajo entrando en el extractor a través del dosificador de tornillo, B, y pasa, en contracorriente, a través del lecho de harina desde el fondo hasta alcanzar el rebose, E.

La harina se ve sometida a un lento movimiento en la columna de extracción por la acción de un agitador del tipo sin fin. El contacto entre la harina y el solvente es íntimo y continuo, por lo que en consecuencia, la grasa se extrae completamente.

Este tipo de extractor cuenta con dos filtros rotativos, con autodescarga, que garantizan una perfecta filtración de la miscela y, por tanto, la producción de un residuo libre de aceite. (Fig. 3). (Bernardini, J, *et, al.1986*).

Fig. N° 3 Extracción por percolación-Extractor por inmersión



A) Tolva de carga, **B)** Extractor por percolación, **C)** Duchas de lavado, **D)** Alimentador del extractor por inmersión, **E)** Agitador de tornillo, **F)** Tornillo dosificador de descarga, **G)** Elevador de cangilones, 1 a 6) Bombas de recirculación

Fuente:(Bernardini, J, *et, al.*1986).

2.5.3. Clasificación

En función del tipo de ácidos grasos que formen predominantemente las grasas, y en particular por el grado de insaturación (número de enlaces dobles o triples) de los ácidos grasos, (Alain, 1987), podemos distinguir:

2.5.3.1. Ácidos grasos saturados $CH_3-(CH_2)_N-COOH$

Los ácidos grasos saturados son aquellos con la cadena hidrocarbonada saturada de hidrógenos, por lo tanto no tienen ningún enlace covalente doble en su estructura. Poseen sólo enlaces simples entre sus átomos de carbono, y sus cadenas hidrocarbonadas son lineales. (Bourre J, 2004).

En la siguiente tabla N° 5, se puede apreciar los principales ácidos grasos saturados y la fuente en donde se los encuentra.

Tabla N° 5. Ácidos grasos saturados

Ácidos grasos más comunes			
Estructura	Fórmula	Nombre común	Se encuentra en
C 4:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	Butírico	leche de rumiantes
C 6:0		Caproico	leche de rumiantes
C 8:0		Caprílico	leche de rumiantes, aceite de coco
C 10:0		Cáprico	leche de rumiantes, aceite de coco
C 12:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	Láurico	aceite de coco, aceite de nuez de palma
C 14:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	Mirístico	coco, nuez de palma, otros aceites vegetales
C 16:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Palmítico	abundante en todas las grasas
C 18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Esteárico	grasas animales, cacao

Fuente: FAO, 2000

Una ventaja de estas grasas es que tienen pocos problemas de ranciedad, y mantienen su integridad mucho mejor que los aceites de cocina.

2.5.3.2. Ácidos grasos Insaturados

Los ácidos grasos insaturados son ácidos carboxílicos de cadena larga con uno o varios dobles enlaces entre los átomos de carbono. (Bourre J, 2004).

Dentro de esta clasificación entran los ácidos monoinsaturados y los poliinsaturados. Estos provienen en general del reino vegetal (a excepción

del pescado que es muy rico en poli insaturados) son líquidos a la temperatura ambiente y su consumo está asociada con mayores niveles de colesterol bueno. (Bourre J, 2004).

En la tabla N° 6, se puede observar los ácidos grasos insaturados presentes en las grasas naturales. (Bourre J, 2004).

Tabla N° 6. Ácidos grasos insaturados

Ácidos grasos insaturados	
Nombre	Fórmula
Linolenico	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Linoleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Araquidónico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$
Oleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Erúcico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$
Palmitoléico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{HC}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

Fuente: Bourre J, 2004

Los ácidos grasos insaturados son esenciales para el correcto funcionamiento de nuestro cuerpo y deben ser aportados en cantidades suficientes con los alimentos. Su falta se asocia con las enfermedades coronarias y un elevado nivel de colesterol. (Bourre J, 2004).

2.5.3.2.1. Ácidos grasos monoinsaturados

Los ácidos grasos monoinsaturados son aquellos ácidos de cadena carbonada par y extensa que poseen una sola insaturación en su estructura, es decir, poseen una unión doble enlace carbono-carbono. Un ejemplo de este tipo de ácidos es el ácido oleico presente en casi todas

las grasas naturales principalmente en el aceite de oliva (54 a 80%) llamado comúnmente omega 9. (Bourre J, 2004).

Tabla N °7. Ácidos grasos monoinsaturados

Ácidos grasos monoinsaturados		
Estructura	Nombre común	Se encuentra en
C 10:1 n-1	caproleico	leche de rumiantes
C 12:1 n-3	lauroleico	leche de vaca
C 16:1 n-7	palmitoleico	nuez de macadamia, aceites de pescado
C 18:1 n-9	oleico	aceites vegetales (muy extendido en la naturaleza)
C 18:1 n-7	vaccénico	grasas de rumiantes
C 20:1 n-11	gadoleico	aceites de pescado
C 22:1 n-11	cetoleico	aceites de pescado
C 22:1 n-9	erúcico	aceite de colza

Fuente: Bourre J, 2004

Los aceites monoinsaturados tienen otras cualidades: por un lado, reducen las lipoproteínas LDL que ejercen un efecto negativo sobre las arterias y, por otro lado, no agotan los niveles de HDL, los cuáles, eliminan las grasas de las células y las transportan al hígado para ser desintegradas por los ácidos biliares y eliminadas del cuerpo. (Bourre J, 2004).

2.5.3.2.2. Ácidos grasos poliinsaturados

Los ácidos grasos poliinsaturados más frecuentes son el ácido linoleico (18:2 n-6) y al linolénico (18:3 n-3). Estos dos ácidos grasos son esenciales, es decir, no pueden sintetizarse en el organismo, y deben obtenerse de la dieta. Todos los demás ácidos grasos de sus series sí pueden obtenerse a partir de ellos.(Bourre J, 2004). Estas grasas tienen el inconveniente de que se oxidan con facilidad, interviniendo en procesos de formación de radicales libres que son nocivos para la salud. Aunque el organismo puede inactivar tales procesos por medio de sustancias antioxidantes, no es prudente abusar de las grasas poliinsaturadas. Por esta razón, se recomienda que su consumo sea de 3 a 7% del total de la grasa, sin sobrepasar nunca el 10%. (Bourre J, 2004).

Tabla Nº 8. Ácidos grasos poliinsaturados

Ácidos grasos poliinsaturados		
Estructura	Nombre común	Se encuentra en
C 18:2 n-6	Linoleico	aceites vegetales (girasol, maíz, soja, algodón, cacahuete..)
C 18: 3 n-3	Linolénico	soja, otros aceites vegetales
C 18:3 n-6	gamma linolénico	aceite de onagra, borraja
C 18:4 n-3	estearidónico	aceites de pescado, semillas de borraja, onagra
C 20:4 n-6	araquidónico	aceites de pescado

Fuente: Bourre J, 2004

2.5.3.2.3. Ácidos grasos poco frecuentes

En la mayoría de las grasas comunes, la longitud de la cadena de los ácidos grasos saturados y monoinsaturados es de 18 átomos de carbono como máximo, y de 24 carbonos para los poliinsaturados (Tabla N° 9). Se exceptúan las ceras, en las que pueden encontrarse toda una serie de ácidos grasos saturados de hasta 35 carbonos de longitud. (Bourre J, 2004).

Tabla N° 9 Ácido grasos poco frecuentes

Ácidos grasos poco frecuentes		
Estructura	Nombre común	Se encuentra en
C 20:0	Araquídico	aceite de cacahuete
C 22:0	Behénico	Ceras
C 24:0	Lignocérico	aceite de cacahuete
C 26:0	Cerótico	cera de abejas
C 17:0	Margárico	grasas de rumiantes
C 18:1 n-9	trans elaídico	grasas hidrogenadas

Fuente: Bourre J, 2004

2.5.3.2.4. Ácidos grasos trans

Los ácidos grasos trans o grasas trans son un tipo de grasa que se encuentra principalmente en alimentos industrializados que han sido sometidos a hidrogenación como la margarina o al horneado como los pasteles entre otros. Las grasas trans no sólo aumentan los niveles de lipoproteínas dañinas (LDL) en la sangre sino que disminuyen las lipoproteínas protectoras (HDL), provocando un mayor riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares. (Bourre J, 2004)

2.5.4. Composición de las grasas

Los componentes mayoritarios de las grasas son triglicéridos o ésteres de glicerina como ácidos grasos; en mucho menor proporción se encuentran fosfolípidos (fosfoglicéridos, esfingolípidos, etc.) ; alcoholes de cadena larga, esteroides, hidrocarburos, etc., que forman el residuo insaponificable; ceras y ácidos grasos libres. (Yúfera, 1987).

Los valores habituales de estos componentes se dan en la siguiente tabla N° 10.

Tabla N° 10 Componentes más importantes de las grasas vegetales

Componentes	Valores mas frecuentes
Glicéridos	95-98 por 100
Ácidos grasos libres	0.1-3 por 100
Fosfolípidos	0.1-3 por 100
Insaponificable	0.2-2 por 100

Fuente: Yúfera, 1987

2.6. Compuestos fenólicos

2.6.1. Las Antocianinas

Son pigmentos que pertenecen al grupo de los bioflavonoides y estos a una amplia familia de fotoquímicos que se conocen como flavonoides, de los que se han identificado unos 4.000 diferentes hasta la fecha. Se pueden encontrar en hojas, flores, frutos y semillas. Comprenden principalmente los colores rojos, violetas y azules y las protegen de la luz ultravioleta. El color de las antocianinas varía en función del pH y de su estructura. Algunas de ellas a pH ácido se muestran de color rojo, a pH básico de color azul y a pH neutro incoloras. (Botanical, 2007).

En un reciente estudio comparativo entre el maíz azul y el arándano azul, se descubrió que el maíz tenía un contenido cuatro veces superior en antocianinas que el arándano azul, siendo la cianidina C3G la más abundante en el maíz azul y la que posee más actividad antioxidante. (Nutribiota, 2008)

2.6.1.2. Factores que causan la inestabilidad de las antocianinas

Debido a su alta reactividad natural las antocianinas son degradables rápidamente por interacciones con otros componentes existentes en el medio. Su color es fácilmente afectado por un número de reacciones que ocurren en los alimentos y el mayor problema se produce durante el almacenamiento debido a su inestabilidad causada por diversos factores como: el ph, temperatura, oxígeno, luz, enzimas entre otras. (Fossen, *et al*, 1998)

2.6.2. Polifenoles

Los polifenoles son un grupo de sustancias químicas que se encuentran en las plantas, caracterizados por la presencia de más de un grupo fenol por molécula.

2.6.3. Taninos

Los taninos son fáciles de identificar por la sensación de aspereza, sequedad y amargor que provocan tanto en la lengua como en las encías. Se perciben sobre todo en la fruta verde, ya que a medida que madura su concentración disminuye o se enmascara por el sabor dulce sobresaliente de las frutas.

2.6.4. Beneficios

- Presentan propiedades farmacológicas y terapéuticas. Ejercen efectos terapéuticos conocidos que incluyen la reducción de la enfermedad coronaria, efectos anti cancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos; además del mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo.
- Son poderosos antioxidantes que protegen a las LDL del daño oxidativo, y su acción como antioxidante (actuando como atrapadores de radicales libres), está relacionado no sólo con su estructura química sino que también con su localización en la partícula. Un exceso de radicales libres puede provocar la aparición de enfermedades degenerativas, así como producir el envejecimiento prematuro de la piel como consecuencia de una excesiva exposición al sol. Los taninos son sustancias con propiedades astringentes y antiinflamatorias.

2.7. Fundamentación filosófica

De acuerdo a las corrientes del conocimiento que existen, se enfoca en dos paradigmas, naturalista y positivista. Después de evaluar cada una de las relaciones de los paradigmas, se puede decir que este proyecto está dentro del paradigma positivista ya que se toma en cuenta a las conductas directamente observables.

2.8. Fundamentación Legal

Las propiedades y características del almidón de los distintos cereales son función, al menos parcialmente, de la proporción relativa de amilosa y amilopectina que contienen. En la tabla N° 11, se presenta el porcentaje de amilosa presente en el almidón de algunos granos de cereales.

Tabla N° 11 Porcentajes de amilosa en el almidón de los granos de cereales

Cereal	Porcentaje
Arroz	17-33
Avena	23-24
Cebada	24-27
Maíz	20-36
Sorgo	21-28
Trigo	17-32

Fuente: Yufera, 1987.

En las tablas que vienen a continuación (Tabla N°12-17), se presenta los requerimientos establecidos por las normas de calidad para grasas y aceites al igual que para el almidón.

Tabla N° 12 Tamaño de los gránulos de almidón de los cereales

Cereal	Intervalo (μ)	Media (μ)
Arroz	2-10	5
Maíz	5-25	15
Sorgo	6-24	15
Trigo	28-33	30

Fuente: Yúfera, 1987

Tabla N° 13 Temperatura de gelatinización de los almidones de distintos cereales

Cereal	T.G.* (°C)
Arroz	61-78
Maíz	62-72
Sorgo	68,5-75
Trigo	52-63

Fuente: Yúfera, 1987

*Temperatura de gelatinización

Tabla N° 14 Propiedades funcionales de algunos almidones

Almidón	ISA¹	PH²
Oca	0.45 ± 0.04	2.11 ± 0.06
Melloco	0.92 ± 0.12	1.90 ± 0.01
Mashua	0.62 ± 0.05	1.95 ± 0.02
Miso	0.98 ± 0.12	1.89 ± 0.06
Achira	0.49 ± 0.01	2.40 ± 0.07
Zanahoria.B	0.43 ± 0.05	2.45 ± 0.09
Trigo	2.98 ± 0.01	1.88 ± 0.04

Fuente: Villacres, 2007

¹ Índice de solubilidad de agua; ² Poder de hinchamiento

Tabla N° 15. Composición de ácidos grasos del aceite de germen de maíz

Acido Graso	Contenido *
Palmítico	10,7
Palmitoleico	0,1
Estearico	1,7
Oleico	24,6
Linoleico	57,3
Linólenico	0,8
Araquidico	0,3

Fuente: Yufera, 1987

* g de acido graso / 100 g de ácidos grasos totales

Tabla N° 16 Característica física del aceite refinado de germen de maíz

Índices	Aceite	
	Maíz	Soya
Índice de yodo (Wijs)	103 -128	120-143
Índice de saponificación (mgKOH/g)	198 -195	189-196
Insaponicable (%)	1.5-2.8	15***
Índice de acidez (mgKOH/g)	4* ; 0,6**	0,6
Índice de peróxido (mEq/g)	10	10

Fuente: Pearson, 1988

*Aceite Virgen; ** Aceite no Virgen; *** (g/Kg)

Tabla Nº 17 Contenido de tocoferoles en el aceite crudo y refinado de maíz

Tocoferol	Aceite crudo	Aceite refinado
α-tocoferol	27-32	2,3
α-tocotrienol	10-16	
γ-tocoferol	89-95	43,5
γ-tocotrienol	21-27	
Totales	149-168	46,3
* valores en mg/100g		

Fuente: Yúfera, 1987

2.9. Categorías fundamentales.

El presente trabajo se lo realizara con la finalidad de aumentar su productividad agrícola e industrial, mejorar la salud del ser humano y contribuir a la protección del medio ambiente.

2.10. Marco conceptual (Variable Independiente)

La variable independiente del presente trabajo es “Tipos de maíz”. Al evaluar la variabilidad de cada maíz y sus características se podrá conocer sus potenciales para la aplicabilidad de los mismos en nuevos productos.

2.11. Marco conceptual (Variable Dependiente)

La variable dependiente son las “Propiedades reológicas y funcionales”. De la composición química de cada tipo de maíz dependerán directamente los parámetros que están en juego.

2.12. Hipótesis.

Hipótesis nula: La raza del maíz nativo “racimo de uva”, no posee propiedades reológicas y funcionales de interés para la alimentación y la industria.

Hipótesis alternativa: La raza del maíz nativo “racimo de uva”, si posee propiedades reológicas y funcionales de interés para la alimentación y la industria.

2.13. Señalamiento de variables de la hipótesis.

Variable independiente: Tipos de maíz

Variable dependiente: Propiedades reológicas y funcionales.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1.- Enfoque

La orientación brindada por la metodología utilizada en el desarrollo del presente proyecto de tesis se encuentra basada en la caracterización de las propiedades funcionales y reológicas del maíz “racimo de uva”, para lo cual fue necesaria la investigación de diferentes fuentes bibliográficas, las cuales permitieron la esquematización adecuada de la investigación.

3.2.- Modalidad básica de la investigación

La modalidad empleada en la investigación realizada se dividió en dos fases, la primera que se refiere a la revisión bibliográfica y la segunda basada en la experimentación y análisis de tres variedades de maíz racimo de uva, lo cual nos permitió recabar datos técnicos que ayudaron al cumplimiento de los objetivos planteados por esta investigación.

La experimentación y análisis de los resultados obtenidos se los desarrolló en el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), dentro del Departamento de Nutrición y Calidad.

3.3.- Nivel o tipo de investigación.

La investigación se desarrollo a nivel de laboratorio mediante análisis, los cuales buscan medir las diferentes propiedades que poseen cada una de las variables planteadas validando dichos análisis mediante métodos estadísticos los cuales a su vez evalúan el grado de relación y variabilidad existente entre las variables en estudio.

3.4.- Población o muestra.

La población de este trabajo constituyen las tres variedades de maíz negro

(N = 3)

3.5.- Operacionalización de variables

Cuadro N° 1

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES : VI ; Tipo de maíz				
Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas o instrumentos de recolección
<p>En Ecuador existe una gran diversidad genética y por medio de este estudio se determinara la variabilidad natural de los maíces Sangre de Cristo, Morado y Negro</p> <p>en base a sus propiedades y colores llamativos para orientarlo al desarrollo de nuevos productos y fomentar su cultivo, consumo y demanda.</p>	Contenido de polifenoles	Reactivo Folin ciocalteus	Se lograra determinar la variabilidad natural de tres variedades de maíz	Método de la A.O.A.C
	Contenido de taninos	Reactivo Folin-Denis	en base a su color?	Método de la A.O.A.C
	Contenido de antocianinas	Extracto de alcohol n-amílico acidificado.		

Cuadro N° 2

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES : VD; Propiedades reológicas y funcionales				
Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas o instrumentos de recolección
<p>Por medio propiedades reológicas se podrá estudiar el comportamiento de almidón, a través de estas propiedades se lo podría considerar como un sustituto de otra harina comercial, así como también conocer el perfil de ácidos grasos y saber si se lo puede utilizar como un aceite comercial</p>	<p>Propiedades reológicas</p> <p>Propiedades funcionales</p> <p>Propiedades químicas</p>	<p>Comportamiento amilográfico</p> <p>Comportamiento farinográfico</p> <p>Poder de hinchamiento</p> <p>Perfil de ácidos grasos</p>	<p>Será la calidad de la harina de maíz negro la panificación y derivados?</p> <p>Podrá ser considerado el maíz negro como un modificador de textura?</p> <p>El aceite de los ecotipos negros presenta características similares a los aceites comerciales</p>	<p>Ensayos laboratorio de nutrición y calidad INIAP</p> <p>La Fabril S.A.</p>

3.6.- Recolección de información

Se obtendrá información de la especie de maíz negro “racimo de uva” para luego aplicar métodos específicos de análisis que permitirán conocer las propiedades reológicas, funcionales y químicas del grano, el almidón y aceite de esta raza de maíz.

3.7.- Procesamiento y análisis

Una vez obtenida la información se analizará y procesará a través de paquetes estadísticos como MSTATC y STATGRAFICS VERSION 4 para Windows. Los resultados obtenidos permitirán identificar los materiales de mayor potencial.

3.8 Materiales y Métodos

3.8.1. Materiales

Ecotipos de la raza de maíz nativo “racimo de uva”

3.8.2. Equipos de Laboratorio

- Centrifuga
- HPLC
- Balanza analítica
- Equipo de Soxhlet.
- Estufa
- Farinógrafo
- Extensógrafo
- Analizador Rápido de Viscosidad, RVA
- Cromatógrafo de gases
- Espectrofotómetro

3.9. Metodología

Características del Sitio Experimental

- Laboratorio de Nutrición y Calidad, INIAP, Estación Santa Catalina.

Ubicación

Provincia: Pichincha.

Cantón: Mejía.

Parroquia: Cutuglahua.

Situación Geográfica

Altitud: 3058 m

Latitud: 00°22'S.

Longitud: 78°23'O

Valorar las características físicas, propiedades reológicas y funcionales del almidón de tres ecotipos nativos de maíz “racimo de uva” (Negro, Morado y Sangre de Cristo), procedente de Salcedo Provincia de Cotopaxi.

Factor en estudio: Variedades de maíz

Cuadro Nº 3. Tratamientos para la determinación de las propiedades reológicas del almidón de maíz morado y/o negro

Tratamientos	Descripción
T1	Almidón (Sangre de Cristo)
T2	Almidón (Morado)
T3	Almidón (Negro)
T4	Almidón de Maíz suave (testigo 1)

T5	Almidón de Maíz duro (testigo 2)
-----------	----------------------------------

El estudio de las propiedades reológicas se lo realizara con tres variedades nativas de maíz negro tales como: sangre de Cristo, Morado, Negro. Procedentes de la ciudad de Salcedo Provincia de Cotopaxi. (Cuadro N° 3).

Unidad experimental

Estará constituida por 500 g de cada variedad

Tipo de diseño

Se aplicará un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones

Análisis estadístico (Cuadro N° 4)

Cuadro N° 4. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	11
Tratamientos	2
Repeticiones	2
Testigo	2
Error	5

Análisis funcional

Para los tratamientos significativos se aplicará la prueba de Tukey al 5 % y se realizarán comparaciones ortogonales entre los diferentes tratamientos.

Variables y métodos de evaluación

Características Físicas

- Contenido de amilosa.
- Tamaño y apariencia de los gránulos de almidón
- Temperatura de gelatinización.

Propiedades reológicas:

- Comportamiento amilográfico
- Comportamiento farinográfico
- Comportamiento extensográfico

Propiedades funcionales:

- Poder de hinchamiento
- Índice de solubilidad

Manejo específico del experimento

Para dicho propósito se trabajara con tres variedades (Sangre de Cristo, Morado y Negro) para lo cual se procederá a la extracción del almidón por medio de vía húmeda y secado posterior a 40°C

Verificar la actividad enzimática y el contenido de alfa-amilasa en la harina de tres ecotipos del maíz nativo “racimo de uva” (Negro, Morado y Sangre de Cristo)

Factor en estudio: Variedad de maíz

Cuadro N° 5. Tratamientos para la determinación de la actividad y contenido de alfa-amilasa en grano germinado de las tres variedades de maíz

Tratamientos	Descripción
T1	Harina (Sangre de Cristo)
T2	Harina (Morado)
T3	Harina (Negro)

La determinación de la actividad enzimática se la realizara en las harina des los tres ecotipos que se esta analizando. (Cuadro N° 5).

Unidad experimental

Estará constituida por 500 g de cada variedad

Tipo de diseño

Se aplicará un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones

Análisis estadístico (Cuadro N°6)

Cuadro N° 6. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	8
Tratamientos	2
Repeticiones	2
Error	4

Análisis funcional

Para los tratamientos significativos se aplicará la prueba de Tukey al 5 % y se realizarán comparaciones ortogonales entre los diferentes tratamientos.

Variables y métodos de evaluación

- Actividad Alfa- amilasa

Manejo específico del experimento

Para la determinación de la actividad alfa-amilasa se lo realizara a través del método tiempo de caída (Falling number) en los tres ecotipos de maíz racimo de uva (Sangre de Cristo, Morado y Negro).

Establecer las propiedades químicas y funcionales del aceite de maíz de tres ecotipos del maíz nativo “racimo de uva” (Negro, Morado y Sangre de Cristo).

Factores en estudio: Variedades de maíz

Cuadro N° 7. Tratamientos para la determinación de las propiedades químicas y funcionales del aceite de maíz raza “racimo de uva”

Tratamientos	Descripción
T1	Aceite de maíz Sangre de Cristo
T2	Aceite de maíz Morado
T3	Aceite de maíz Negro
T4	Aceite de maíz amarillo (testigo 1)
T5	Aceite de soya (testigo 2)

Para analizar las propiedades químicas y funcionales de los ecotipos negros y/ o morados primeramente se extraerá el aceite de cada uno y luego se procederá con la aplicación de las diferentes pruebas que nos permitirán conocer la calidad del aceite de cada uno de las muestras en estudio.

Unidad experimental

Estará constituida por 500 ml. de aceite de cada variedad

Tipo de diseño

Se aplicará un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones

Análisis estadístico (Cuadro N° 8)

Cuadro N° 8. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	14
Tratamientos	2
Repeticiones	2
Testigos	2
Error	8

Análisis funcional

Para los tratamientos significativos se aplicará la prueba de Tukey al 5 % y se realizarán comparaciones ortogonales entre los diferentes tratamientos.

Variables y métodos de evaluación

Propiedades Químicas: Perfil de ácidos grasos. Estos se determinarán por cromatografía de gases. Índice de peróxidos, índice de acidez, índice de saponificación, materia insaponificable, índice de yodo (Método Wijs).

Propiedades funcionales

Tocoferoles: (\pm)- α -, (+)- γ -, δ - Tocoferol. Se determinarán por cromatografía líquida de alta resolución, HPLC.

Determinar el contenido de polifenoles, taninos y antocianinas, en la harina de tres ecotipos del maíz nativo “racimo de uva” (Negro, Morado y Sangre de Cristo) en base a mediciones del color.

Factor en estudio: Variedad de maíz

Cuadro N° 9 Tratamientos para la determinación del color y componentes funcionales

Tratamientos	Descripción
T1	ECU 1
T2	ECU 2
T3	ECU 3

El estudio de los componentes funcionales se realizara en nueve accesiones de colores característicos agrupadas en las tonalidades: roja (3), moteados (3) y morados (3).

Unidad experimental

Estará constituida por 500 g de cada variedad

Tipo de diseño

Se aplicará un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones

Análisis estadístico (Cuadro N°10)

Cuadro N° 10. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	8
Tratamientos	2
Repeticiones	2
Error	4

Análisis funcional

Para los tratamientos significativos se aplicará la prueba de Tukey al 5 % y se realizarán comparaciones ortogonales entre los diferentes tratamientos.

Variables y métodos de evaluación

- Contenido de polifenoles
- Contenido de taninos
- Contenido de antocianinas

Manejo específico del experimento

Se determinara el contenido de los compuestos fenólicos a mediante la utilización del espectrofotómetro a diferente de acuerdo a la longitud de onda dada para cada compuesto.

3.10. Variables y métodos de evaluación

3.10.1. Características físicas

Contenido de amilosa, método colorimétrico

Morrison y Laignelet, 1993

Fundamento

La fracción de amilosa tiene afinidad para formar complejos con yodo. El complejo coloreado puede ser cuantificado colorimétricamente.

Reactivos

- Solución urea-dimetilsulfóxido (urea-DMSO): mezcle 9 volúmenes de DMSO con 1 volumen de urea 6 M
- Solución de I₂/IK: 2 mg de I₂ , 20 mg IK/ml
- Tubos de vidrio de 20 ml de capacidad
- Agitadores magnéticos
- Espectrofotómetro UV-VIS
- Centrifuga
- Vórtex
- Baño termostato
- Plancha de calentamiento con agitación magnética
- Estufa
- Matraces aforados de 50 ml

Método

- Pesar entre 70-80mg de almidón en tubos de 20 ml de capacidad
- Poner u agitador magnético en cada tubo
- Añadir 10 ml de la solución urea-DMSO
- Poner la suspensión en una plancha de calentamiento con agitación hasta que la solución este homogénea
- Transferir los tubos a una estufa a 100°C por 1 hora
- Sacar los tubos de la estufa y dejarlos enfriar al ambiente

- Tomar 0.5ml de la solución y transferirla a matraces de 50ml. Hacer este paso por triplicado. Pesar los 0.5 ml añadidos a cada matraz
- Añadir agua destilada en cada matraz, aproximadamente 25 ml de agua
- Adicionar 1 ml de solución I₂/IK en cada matraz
- Aforar los matraces con agua destilada y mezclar la solución hasta que este homogénea
- Hacer blanco con agua destilada y esperar 15 minutos hasta que todas las muestras se estabilicen
- Ajustar a cero el espectrofotómetro con el blanco
- Leer la absorbancia a 625 nm
- Calcular el valor azul
- Calcular el porcentaje de amilosa

$$\text{Valor azul} = \frac{\text{Abs} * 100}{2 * \text{g de solución} * \text{mg de almidón}}$$

$$\text{Valor azul} = 28.414 * \text{Valor azul}$$

Tamaño y apariencia microscópica de los gránulos de almidón

La forma de los almidones se determinará mediante observaciones en un microscopio Nikon HFX-DX, con magnificación 4x, 10x y 20x. El tamaño del gránulo se determinará a través de mediciones del diámetro de los ejes mayor y menor, de un promedio de 10 gránulos.

Se prepara una dilución de almidón 0.5 g en 0.5ml de agua se homogeniza, dicha dilución se coloca en un porta objeto cubriéndolo con un cubre objetos y se lee al microscopio.

Temperatura inicial de gelatinización

Fundamento

Aunque es una prueba subjetiva, es muy sencilla y rápida. Se basa en la absorción de yodo, la formación de complejos coloreados por parte de las fracciones de la molécula de almidón y los cambios que ocurren en estos cuando los gránulos de almidón inician su proceso de gelatinización.

Materiales y Métodos

- Tubos de ensayo
- Placa de calentamiento y agitación magnética
- Magnetos
- Termómetros
- Solución saturada de yodo

Método

- En un vaso de precipitación de 250ml preparar una suspensión de almidón al 0.5% (base seca).
- Colocar el vaso sobre una placa eléctrica de calentamiento y agitación magnética graduada de tal forma que permita elevar la temperatura de la suspensión a una velocidad de 1°C/min adaptándole un termómetro.
- A partir de los 50°C y cada grado centígrado que aumente la temperatura, se toman muestras de 2 ml y se colocan en tubos de ensayo.
- Dejar enfriar y añadir dos gotas de solución saturada de yodo, reportar como temperatura inicial de gelatinización aquella en la cual se observa un cambio de coloración, rojizo a azul verdoso.

Observaciones

La prueba es totalmente subjetiva, aunque la observación del cambio de coloración es muy clara se debe tener mucha atención en ello. La solución de yodo es muy inestable y se degrada fácilmente, por lo que se sugiere

utilizar soluciones recién preparadas para evitar errores en la formación de los complejos coloreados.

3.11. Propiedades reológicas

Comportamiento amilográfico

Método de Ruales y Nair (1994). (36).

Principio

Los gránulos de almidón incrementan su capacidad de absorción de agua y exudan fracciones de amilosa con el incremento de la temperatura. Estos dos fenómenos juntos elevan la viscosidad de la suspensión almidón-agua, la cual puede ser registrada instrumentalmente.

Equipo

- Viscoamilógrafo Brabender

Método

- Preparar suspensiones de almidón al 5 % en base seca, y transferirlas al recipiente del amilógrafo.
- La temperatura inicial será de 25° C, caso contrario, llevar la muestra a dicha temperatura.
- Iniciar el aumento de temperatura a una velocidad de 1.5° C / min hasta alcanzar una temperatura inferior en 2° - 3° C a la temperatura de ebullición del agua.
- Mantener la muestra a esta temperatura, durante un período de 20 minutos.
- Enfriar la suspensión a una velocidad de 1.5° C / min., hasta 50° C, y mantener a esta temperatura por 20 minutos.

Comportamiento farinográfico y extensográfico.

Farinograma

Método AACC 54-21,1992

Principio

El método determinara la capacidad de absorción de agua, misma que guarda relación con el porcentaje de sustitución, la estabilidad de la estructura de la masa, y el grado de ablandamiento durante el amasado

Equipo

- Farinógrafo Brabender

Procedimiento

- Ajuste del equipo
- Ajustar el termostato del farinógrafo para mantener la temperatura entre $30^{\circ} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$.
- Ajustar la temperatura del agua en la bureta a $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- Chequear la temperatura del agua de circulación en el termorregulador. Asegurarse que el agua del termostato esté circulando constantemente por las mangueras

Cálculos

$$E = UI - PI$$

Donde

E = estabilidad

PI = primera intersección

UI = ultima intersección

Extensograma

Método AACCC 54-10, 1962

Principio

Se determinara las cualidades elásticas de la masa, su capacidad de estiramiento y su resistencia a la extensión en relación al porcentaje de sustitución.

Materiales y Equipos

- Farinógrafo
- Extensógrafo.

La temperatura de la mezcla para los ensayos extensográficos debe estar entre $30^{\circ} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$.

La relación de la escala del extensograma es $500 \text{ g} = 500\text{BTU}$. Otras relaciones pueden ser usadas pero deben ser especificadas.

Procedimiento

Preparación de la masa

- Realizar la curva normal farinográfica para obtener el valor de la absorción.
- Preparar en el plato del farinógrafo una pasta con 50g de harina (14% de humedad).
- Colocar la harina en el plato del farinógrafo, luego mezclar el tiempo que sea necesario para el desarrollo del farinograma, cuando el centro de la curva del farinograma se encuentre en el punto máximo, la consistencia habrá registrado 500 unidades. La correcta absorción de agua puede estar dada en una consistencia de 500 unidades como máximo. El farinograma desarrollado por la masa puede ser tomado como guía.

Preparación de muestra prueba

La mezcla está completa cuando en la escala marca $150\text{g} \pm 0.1\text{ g}$ de pasta y se da 20 revoluciones en el extensógrafo.

Prueba peso-extensión

- Después de un tiempo de reposo de 30 min, la muestra se coloca en la balanza del extensógrafo y se ajusta la posición del lápiz en la línea cero. Chequear la escritura del lápiz. En exactamente 30 min de finalizada la operación, se empieza con el estiramiento, y se detiene cuando la muestra se rompe. El instrumento reporta la curva masa-extensión o extensograma.
- Se remueve la masa de la primera prueba, se vuelve amasar, y se considera un período de reposo de 30 min, se vuelve a estirar.
- Luego de la tercera prueba, con un poco de masa se obtiene una muestra para volver a amasarla, luego de tiempo de reposo de 30 min, se vuelve a estirar. En esta forma, la masa está sometida a pruebas de 30, 60 y 90.

Evaluación

Las tres mediciones más comunes en los gráficos masa - extensión o extensogramas son los siguientes:

- Resistencia a la extensión: se obtiene la curva en unidades Brabender o en cm., también el máximo 0 a 5 cm en el gráfico en Kymograph
- Extensibilidad: total de la curva en mm.
- Se evalúa la resistencia máxima y se reporta en mm.

Cálculos

$$IE = R / E$$

Donde

IE= índice extensográfico

R= resistencia a la extensión

E= rxtensibilidad

3.12. Propiedades Funcionales

Índice de Solubilidad y Poder de Hinchamiento

Fundamento

Los gránulos de los almidones son insolubles en agua fría. Sin embargo, la abundancia de grupos hidroxilo en su molécula motiva la tendencia de este polisacárido a absorber agua cuando se expone a este líquido. Debido a la insolubilidad de los gránulos, solo pueden absorber una cantidad relativamente baja de agua que va acompañada de un determinado hinchamiento y un aumento en su tamaño que puede ser reversible. Cuando una suspensión acuosa de almidón se calienta, los puentes de hidrogeno intermoleculares de las zonas amorfas se rompen y los gránulos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua durante el proceso de gelatinización. En estas condiciones se favorece el hinchamiento tangencial de los gránulos, caracterizado por un aumento en su tamaño y la pérdida de la birrefringencia debido a la ruptura del arreglo radial de las fracciones de amilosa y amilopectina.

Materiales y Equipo

- Centrífuga
- Tubos de centrífuga
- Placa de agitación magnética
- Magnetos
- Baño Termostático
- Termómetro
- Estufa de convección mecánica

Método

- En un tubo de centrifuga de 50 ml previamente tarado, preparar 40 ml de una suspensión de almidón al 1% (p/v) en base seca.
- Introducir un agitador magnético y colocar el tubo en un baño de agua a temperatura constante (60,70, 80,ó 90°C).
- Al tubo se le adapta un termómetro y se proporciona agitación constante a la suspensión para mantenerla uniforme durante 30 min.
- Transcurrido el tiempo, retirar el tubo del baño, sacar el magneto de la suspensión y secar el tubo.
- Centrifugar a 2500rpm durante 15 min en una centrífuga SOL-BAT, decantar el sobrenadante y pesar los gránulos hinchados.
- Del sobrenadante tomar 10 ml, los cuales se colocan en una charola de aluminio previamente tarada y se secan a 120°C durante 4 horas.
- Pasar las muestras a un desecador y pesarlas.

Cálculos

Se calcula la solubilidad y el poder de hinchamiento mediante las siguientes expresiones:

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{peso del almidón soluble} * 400}{\text{peso muestra (base seca)}}$$

$$P.H. = \frac{\text{peso del sedimento}}{\text{peso muestra (base seca)} * (100 - \% \text{ Solubilidad})} * 100$$

Observaciones

El control de la temperatura durante el proceso de gelatinización es fundamental para obtener resultados confiables. Se recomienda el manejo de los tubos con pinzas, procurando la mínima manipulación de los mismos, ya que estos podrían influir en los pesos reportados.

3.13. Propiedades químicas

Perfil de Ácidos Grasos

Se implementó el método de determinación de ácidos grasos por cromatografía de gases, iniciándose con la esterificación de la grasa, el procedimiento se describe a continuación:

Materiales y equipos

- Cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización de llama
- Micro jeringa del 10 µl
- Columna mixta empacada (capilar)
- Tubos de ensayo con tapa rosca para esterificar las muestras
- Vasos de precipitación
- Probetas de 10 ml
- Varillas de agitación
- Pipetas Pasteur
- Plancha de calentamiento
- Baño maría

- Pipetas de 1 y 2 ml

Reactivos

- Agua destilada
- Hexano
- Hidróxido de potasio en metanol 0,5 M
- Ácido clorhídrico en metanol 4:1 v/v
- Sulfato de sodio anhidro
- Estándares para ácidos grasos

Procedimiento

Esterificación de ácidos grasos

- Pesar en un tubo de ensayo con tapa 50 mg de muestra, añadir 1 ml de KOH/Me-OH 0,5 M, tapar el tubo y calentar a ebullición en un baño maría por 30 minutos.
- Luego añadir 0,5 ml de HCl/Me-OH 4:1 v/v .
- Calentar en el baño a ebullición por 25 minutos.
- Enfriar el tubo y añadir 2 ml de agua bidestilada, extraer por dos o tres veces con 3 ml de hexano en la primera ocasión, luego 2 ml y finalmente 2 ml.
- Dejar separar las dos fases y extraer la capa superior que es la capa etérea, con una pipeta Pasteur. Este extracto colocar en un tubo con tapa.
- Secar con Na₂SO₄ y se concentra con nitrógeno.
- Se diluye con 2ml de hexano y se coloca en diales para inyectar en el cromatógrafo.

Índice de peróxidos

Principio

Se denomina “índice de peróxidos” a los mili equivalentes de oxígeno activo contenidos en un kilogramo de la materia ensayada, calculados a partir de yodo liberado del yoduro potásico, operando en las condiciones que se indican en la metódica.

Las sustancias que oxidan al yoduro potásico en las condiciones descritas, se supone son peróxidos u otros productos similares de oxidación de la grasa, por lo que el índice obtenido puede tomarse, en una primera aproximación, como una expresión cuantitativa de los peróxidos de la grasa.

Material y Aparatos

- Navecillas de vidrio de aproximadamente 3 ml para pesada de la grasa.
- Matraces con tapón esmerilado, de aproximación 250ml previamente secados y llenos de gas inerte (anhídrico carbónico o nitrógeno).

Reactivos

- Cloroformo, para análisis, exento de oxígeno por barboteo de una corriente de gas inerte puro y seco.
- Ácido acético glacial puro exento de oxígeno como lo anterior.
- Solución acuosa saturada de yoduro potásico, exento de yodo e iodatos.
- Soluciones acuosas de tiosulfato sódico 0.01N y 0.002N exactamente valoradas.
- Solución indicadora de almidón al 1 % en agua destilada

Procedimiento

- Tomar un matraz con cierre esmerilado, de unos 250 ml previamente secos y llenar con un gas inerte, puro y seco (anhídrido carbónico o nitrógeno) Introducir tan rápidamente como se pueda la muestra del

aceite que se desea ensayar, definida en función de los índices presumidos indicados en la tabla # 2.

- Agregar 10 ml de cloroformo, en el cual se disuelva rápidamente, la grasa por agitación, 15 ml de ácido acético glacial y 1 ml de una solución acuosa de yoduro potásico.
- Cerrar el matraz y mantener en agitación durante un minuto, imprimiéndole un suave movimiento de rotación, conservándolo después en la oscuridad durante cinco minutos, transcurrido este tiempo agregar 25 ml de agua, agitar vigorosamente y valorar el yodo liberado con una disolución de tiosulfato 0.002N, para los aceites de índices inferiores o iguales a 20 y 0.01N para los índices más elevados.
- Paralelamente, se efectúan un ensayo testigo, sin aceite , que debe dar un índice nulo.

Cálculos

El índice de peróxido se expresa en miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de muestra, y se calculará aplicando la siguiente fórmula.

$$I.P. = \frac{V * N * 1000}{P}$$

Donde:

V = tiosulfato, en ml, consumidos en la valoración.

N = normalidad de la disolución de tiosulfato.

P = peso, en g, de la muestra tomada para la determinación.

Observaciones

Peso de la muestra

- La toma de las muestras para el ensayo se efectuará tomando una cantidad de grasa de acuerdo con el índice de peróxidos que se presupone y que se indica en la tabla # 20.

Tabla N° 18. Índice de peróxidos

Índice que se presupone	Peso de la muestra en g.
de 0 a 20	de 2,0 a 1,2
de 20 a 30	de 1,2 a 0,8
de 30 a 50	de 0,8 a 0,5
de 50 a 100	de 0,5 a 0,3

Fuente: Manual de Aceites y grasas comestibles- A. Madrid. Pág. 182

- Para la expresión del índice de peróxidos se han propuesto otras unidades distintas a la adoptada en esta norma y que suelen ser utilizadas, en algunos casos, presentándose a confusiones en la interpretación de resultados. Para evitar estos errores y los inconvenientes que pudiera derivarse de los mismos, en los informes analíticos deberá indicarse siempre la unidad en la que se expresa el índice.
- Para facilitar el paso de una unidad a otra, se indica a continuación (tabla N° 21), los factores de conversión por lo que deberá multiplicarse, en cada caso, la cifra del índice, expresado en una determinada unidad, para obtener la cifra equivalente en la unidad que se define en el principio del método.

Tabla Nº 19. Índice de peróxidos y sus factores de conversión

	Factor de conversión
	para calcular el índice
Índice de peróxidos expresado en	expresado en milequivalentes
	de oxígeno activo
	por kilogramo de grasa
a.- Microgramos de oxígeno activo por gramo de grasa	0,125
b.- Gramos de oxígeno activo por kg.de grasa	125
c.- Mililitros de solución de tiosulfato sódico 0,01N por kg. De grasa.	0,01
d.- Mililitros de solución de tiosulfato sódico 0,01 N por	10

gramo de grasa	
e.- Mililitros de solución de	2
tiosulfato sódico 0,002 N por	
gramos de grasa	
f.- Milimoles de oxígeno activo	2
por kg.de grasa	

Fuente: Manual de Aceites y grasas comestibles- A. Madrid. Pág. 183

Índice de acidez (*Método volumétrico*)

Principio

La acidez que figura normalmente en los boletines de análisis, es una expresión convencional del contenido en tanto por ciento de los ácidos grasos libres. También se denomina grado de acidez.

Índice de acidez, expresa el peso en mg de hidróxido potásico necesario para neutralizar un gramo de materia grasa.

Reactivos

- Solución etanólica de hidróxido potásico 0.5N o 0.1N.
- Solución al 1 % de fenolftaleína en metanol de 95% v/v.
- Mezcla etanol- éter etílico, 1:1, neutralizada exactamente con KOH 0.1N etanólica, con fenolftaleína como indicador.

Procedimiento

Preparación de la muestra

Pesar con una aproximación de 0.01g de 5 a 10 g de grasa, en un erlenmeyer de 250 ml. Disolverla en 50 ml de la mezcla etano-éter-etílico. Valorar, agitando continuamente, con KOH 0.5N (o con 0.1N para acideces inferiores a 2) , hasta viraje del indicador.

Cálculos

Calcular la acidez como grado de acidez expresado en porcentaje de ácido oleico o como índice de acidez expresado en mg KOH.

$$I. P. = \frac{56.1 * V * N}{P}$$

Donde:

V = volumen en ml de solución etanólica de KOH utilizada.

N = normalidad exacta de la solución de KOH utilizada.

M = peso molecular de ácido en que se expresa la acidez.

P = peso en gramos de la muestra utilizada.

Normalmente se expresa referida a tanto por ciento de ácido oleico. Solo en casos particulares, según la naturaleza de la sustancia grasa, se expresará referida a ácido palmítico, láurico u otros.

Observaciones

Cuando se utilice electrodos simples, la unión entre la disolución saturada de cloruro de potásico y la disolución de medida es conveniente hacerla a través de una espiga de porcelana porosa de unos 3 cm. de longitud o por

cualquier otro sistema que impida una difusión apreciable entre ambas disoluciones durante el tiempo que dura la valoración.

Índice de saponificación (*Método volumétrico*)

Principio

El índice de saponificación expresa el peso en mg de hidróxido potásico necesario para saponificar un g de grasa.

Este método es aplicable a aceites y grasas con un contenido de ceras inferior al 15%.

Material y Aparatos

- Matraz de vidrio, inatacable por los ácidos, de 200 ml aproximadamente, adaptable a un refrigerante de reflujo.

Reactivos

- Solución etanólica de hidróxido de potásico, 0.5N.
- Solución acuosa de ácido clorhídrico 0.5N.
- Solucion de fenolftaleína al 1% en etanol de 95°.

Procedimiento

Preparación de la muestra

- Pesar con una precisión de 1 mg, en el matraz de vidrio, 2g aproximadamente de grasa.
- Agregar 25 ml exactamente medidos de solución etanólica de KOH 0.5 N .Adaptar el refrigerante de reflujo, llevar a ebullición, y mantener durante 60 minutos, agitando por rotación de cuando en cuando. Retirar de la fuente de calor .Agregar 4 o 5 gotas de fenolftaleína, y valorar la solución jabonosa, todavía caliente, con la solución de acido clorhídrico 0.5N.
- Realizar en las mismas condiciones en ensayo en blanco.

Cálculos

Calcular el índice de saponificación expresado en mg de KOH por g de grasa.

$$I. P. = \frac{56.11 * N(V * V')}{P}$$

Donde:

V = volumen, en ml, de solución de HCl 0.5N utilizados en la prueba en blanco.

V' = volumen, en ml, de solución de HCl 0.5N utilizados en el ensayo.

N = normalidad exacta de la solución de ácido clorhídrico utilizado.

P = peso, en g, de la muestra de grasa.

Observaciones

Para ciertas materias grasas difíciles de saponificar es necesario calentar durante más de 60 minutos.

Índice de yodo (*Método de Wijs*)

Principio

El índice de yodo de un cuerpo graso es función de su grado de insaturación. Se determina añadiendo a la muestra un exceso de reactivo halogenado, valorando el reactivo que no reacciona.

Se expresa convencionalmente por el peso de yodo absorbido por cien partes en peso de la materia grasa.

Materiales y Aparatos

- Navecillas de vidrio de 2 a 3 ml de capacidad.
- Matraces erlenmeyer de vidrio, de boca ancha, con tapón esmerilado, de aproximadamente 300 ml todo el material debe estar perfectamente limpio y seco.

Reactivos

- Solución acuosa de yoduro potásico al 10 %p/v. Esta solución debe estar exenta de yodo y de yodato potásico.
- Solución acuosa de tiosulfato sódico, 0.1N
- Tetracloruro de carbono puro. Comprobar que este exento de materias oxidantes. Agitando 10 ml con 1 ml de solución acuosa saturada de dicromato potásico y 2 ml de ácido sulfúrico concentrado, no debe aparecer coloración verde.
- Engrudo de almidón.
- Reactivo de Wijs.
 - Con tricloruro de yodo. Pesar 9 g de tricloruro de yodo ICl_3 en un matraz de vidrio topacio de 1500ml; disolver en un litro de una mezcla compuesta de 700ml de ácido acético y 300ml de tetracloruro de carbono.
 - Determinar el contenido en halógeno en la forma siguiente: Tomar 5 ml y agregar 5 ml de la solución acuosa de la solución de yoduro potásico y 30 ml de agua. Valorar con solución de tiosulfato sódico, 0.1N en presencia de engrudo de almidón como indicador.
 - Agregar al reactivo 10g de yodo pulverizado, y disolver agitando.
 - Determinar el contenido en halógeno como anteriormente; debe ser igual a vez y media de la primera determinación. Agregar todavía una pequeña cantidad de yodo, de forma que sobrepase ligeramente el límite de vez y media, es necesario

que no quede ninguna traza de tricloruro de yodo, cuya presencia provocaría reacciones secundarias.

- Dejar decantar después de verter el líquido claro en un matraz o frasco de color topacio. La solución, bien conservada al abrigo de la luz puede ser utilizada durante varios meses.
- Con monoclóruo de yodo. Disolver 19 g de monoclóruo de yodo en un litro de una mezcla de 700 ml de ácido acético y 300 ml de tetracloruro de carbono. Después de agregar una pequeña cantidad de yodo puro (algunos miligramos), determinar el contenido en halógeno como se realizó anteriormente, y diluir si es necesario, con la mezcla de disolventes hasta que 5 ml de reactivo correspondan aproximadamente a 10ml de solución de tiosulfato sódico 0.1N.

Procedimiento

Según el índice previsto, la toma de muestras varía de la forma siguiente:

Tabla Nº20. Índice de yodo previsto

Índice que se presupone	Peso de la muestra en g.
<5	3,00
5 a 20	1,00
21 a 50	0,60
51 a 100	0,30
101 a 150	0,20
151 a 200	0,15

Fuente: Manual de Aceites y grasas comestibles- A. Madrid. Pág. 171

- En una pequeña navicilla de vidrio, pesar exactamente la cantidad necesaria con un aproximación de 1 mg introducir la navicilla y su contenido en un erlenmeyer con tapón esmerilado de aproximadamente 300ml. Agregar 15 ml de tetracloruro de carbono y disolver. Agregar exactamente 25 ml del reactivo. Tapar el matraz, agitar ligeramente, y protegerlo de la luz.
- Dejar estar 1 hora para grasas cuyo índice sea inferior a 150, y 2 horas para las de índice superior a 150, y los aceites polimerizados u oxidados.
- Agregar 20 ml de la solución de yoduro potásico y 150 ml de agua.
- Valorar con solución de tiosulfato sódico 0.1N, en engrudo de almidón como indicador, hasta desaparición justa del color azul después de agitación intensa.
- Hacer un ensayo en blanco sin materia grasa en las mismas condiciones.

Cálculo

$$\text{Índice de Yodo} = \frac{12.69 * N (V - V')}{P}$$

Donde:

P = peso en g de la muestra

V = volumen, en ml, de la solución de tiosulfato sódico 0.1 N utilizados el ensayo en blanco.

V' = volumen, en ml, de la solución de tiosulfato sódico 0.1N utilizados para la materia grasa.

N = normalidad de la solución de tiosulfato sódico utilizada.

Materia insaponificable (*Método éter etílico*)

Principio

Se entiende por insaponificable el peso en g de sustancias no saponificables, insolubles en agua y solubles en el disolvente utilizado en la determinación, contenidas en 100g de grasa.

El método es aplicable a todas las materias grasas. Su exactitud es solo aproximada para aquellas grasas con un contenido de insaponificable muy elevado.

Materiales y Aparatos

- Matraz de fondo plano, 200ml adaptable a refrigerante de reflujo.
- Refrigerante de reflujo.
- Embudos de separación de 500ml.
- Estufa graduable a 103° (+.2).

Reactivos

- Solución de etanólica de hidróxido potásico, aproximadamente 2N en etanol de 95 °v/v.
- Solución acuosa de hidróxido potásico, aproximadamente 0.5N.
- Éter etílico neutro, recién destilado y exento de residuos.

Procedimiento

- Eliminar el agua de la muestra por decantación y filtración sobre papel, efectuadas a una temperatura ligeramente superior al punto de fusión de determinados componentes sólidos que hubieran podido separarse de la materia grasa fluida.
- Pesar en el matraz 5 g de materia grasa, con una precisión de 0.01 g.

- Separar la fuente de calor. Desconectar el refrigerante. Trasvasar el contenido del matraz a una ampolla de decantación. Lavar con 100 ml de agua destilada.
- Enjuagar el matraz y el refrigerante con 100 ml de éter etílico, y pasarlos a la ampolla; tapar y agitar vigorosamente, mientras el contenido este ligeramente caliente. Dejar en reposo hasta separación nítida de las dos capas. Si aparece una emulsión persistente causada por una alcalinidad fuerte del medio, añadir una gota de ácido clorhídrico N.
- Separar la capa alcohólico-acuosa y verterla en el matraz empleado en la saponificación.
- Pasar la capa etérea a una segunda ampolla de decantación conteniendo 40 ml de agua..
- Tratar la solución alcohólico-acuosa de jabón dos veces más, con porciones de 100 ml de éter etílico. Reunir las tres fracciones etéreas en la segunda ampolla de decantación. Si las fracciones etéreas reunidas contuviesen materias solidas en suspensión, filtrar y lavar cuantitativamente el filtro con un poco de éter.
- Girar, sobre si mismo, sin sacudidas violentas, la ampolla que contiene el éter y los 40 ml de agua. Una vez separadas las dos capas eliminar la capa acuosa. Lavar la capa etérea dos veces, con 40 ml de agua cada vez, agitando enérgicamente.
- Después, lavar sucesivamente con 40 ml de solución de potasa acuosa 0.5 N, y, por lo menos, dos veces con 40 ml de agua. Continuar los lavados con agua hasta que las aguas del lavado no den coloración rosa a la fenolftaleína.
- Trasvasar cuantitativamente la solución etérea a un matraz tarado de 200 ml; después de reducirla a pequeño volumen por evaporación. Agregar 6 ml de acetona y eliminar completamente el solvente volátil, por medio de una ligera corriente de aire, estando el matraz casi sumergido en un baño de agua hirviendo, en posición oblicua y haciéndole girar. Terminar el secado en estufa a 103°C .

- Después de pesar el residuo, disolverlo en 20 ml de etanol al 95%, v/v, recién destilado y neutralizado; valorar con solución alcohólica de hidróxido potásico 0.1N en presencia de fenolftaleína; si el volumen utilizado de solución alcalina es superior a 0.2ml repetir todo el procedimiento.

Cálculo

- Calcular el insaponificable expresado en porcentaje:

$$\text{Materia Insaponificable} = \frac{100 * P'}{P}$$

Donde:

P' = peso en g del residuo.

P = peso en g de la muestra.

Observaciones

En los certificados de análisis indicar: Método del éter de petróleo.

Índice de color ((ABT)

Principio

Este método tiene por objeto establecer una escala de índices para la denominación del color de los aceites de oliva y semillas, que no contengan, examinados por la visión humana, tonalidades rojizas, es decir, que sólo representen tonalidades variables del amarillo al verde.

El índice de color ABT indica cuantos ml de una disolución 1/15 M de fosfato disódico de Sorensen deberá contener por litro, una mezcla de dicha solución con otra 1/15 M de fosfato monopotásico, para que agregando un número suficiente de ml de una disolución al 0.04% de azul de bromotimol, preparada en la forma que se indica más adelante, se origine una coloración idéntica a la del aceite, examinando por transparencia, con la visión humana,

una capa de 25 mm de espesor, de la materia grasa y de la disolución patrón.

Materiales y Equipos

- Tubos de ensayo.

Reactivos

- Disolución 1/15 M de fosfato monopotásico. Disolver 9.078 g de KH_2PO_4 en agua destilada y hervida, hasta completar 1 litro.
- Disolución 1/15 M de fosfato disódico. Disolver 11.88 g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y hervida, hasta completar 1 litro.
- Disolución de azul de bromotimol al 0.04%. Triturar en un mortero de ágata 0.1 g de azul de bromotimol, agregar, poco a poco, y removiendo, 3.5 ml de NaOH 0.05 N. Cuando se ha disuelto, observándose sólo una turbidez ligera, llevar íntegramente la disolución a un matraz aforado de 250 ml, utilizando para lavar el mortero agua destilada y hervida. Agregar al matraz agua destilada y hervida hasta completar la cuarta parte de su volumen, y calentar en baño de agua a 80-90°C, hasta disolución completa. Enfriar hasta la temperatura ambiente, completando con agua destilada y hervida, hasta el enrase. (Tabla N° 21).

Procedimiento

Tabla Nº 21. Disoluciones para la preparación de la muestra

Índice ABT	Disolución 1/15 M en ml de KH ₂ PO ₄	Disolución 1/15 M en ml de Na ₂ HPO ₄ 2H ₂ O
0	50.00	0.00
25	48.75	1.25
50	47.50	2.50
75	46.25	3.75
100	45.00	5.00
125	43.75	6.25
150	42.5	7.50
175	41.25	8.75
200	40.00	10.00

Fuente: Manual de Aceites y grasas comestibles- A. Madrid. Pág. 146

- Preparación de los patrones de color. Poner en cada uno de los nueve tubos de vidrio, los volúmenes de las disoluciones de fosfato monopotásico y disódico que se indican en el cuadro que figura arriba. Agregar 2 ml de la disolución de azul de bromotimol y agitar los tubos.
- En esta escala el índice 0 corresponde al patrón con coloración amarilla y el 200 al de la verde, presentando los intermedios, tonos verdosos ascendentes del 0 al 200.
- Si es necesario preparar otras series con las mismas mezclas de fosfatos, pero poniendo volúmenes mayores o menores de azul de bromotimol, para obtener intensidades más fuertes o más débiles del

tono normal que se fija en éste método. Designar estos nuevos índices colocando entre paréntesis, a continuación de los que se establecen en este método, el número de ml de azul de bromotimol utilizados.

- Estos patrones se conservan mucho tiempo en la oscuridad, bastando en general una comprobación cada 6 meses, por comparación con disoluciones recién preparadas.
- Determinación del índice de color. El aceite cuyo color se quiere describir, debe tener una temperatura aproximada de 20 °C y estar completamente transparente, filtrándose si se presenta turbidez.
- Llenar de aceite hasta las tres cuartas partes uno de los tubos; observar por transparencia, mirando en dirección normal al eje del tubo, con cual de los colores escala de patrones se identifica, colocando detrás de los tubos una hoja de papel blanco.

Expresión de Resultados

El índice de color se expresará por un número, correspondiente a los ml del patrón con el que se ha identificado la muestra.

3.14. Propiedades Funcionales

Determinación de tocoferoles

Principio

El aceite o la grasa extraída mediante n-hexano, es sometida a una separación por cromatografía líquida de alta resolución en una columna de gel de sílice. Los tocoferoles son dosificados por fluorimetría.

Materiales y Reactivos

- Aceite
- N – hexano
- Dioxano – 1, 4
- DL – a – tocoferol acetato 97%
- DL – a – tocoferol acetato 98%
- δ – tocoferol
- γ – tocoferol

Equipo

- HPLC
- Columna de separación (fase estacionaria): LiChrosorb Si 60, 7 μm ; 25 cm x 4,6 mm.
- Fase móvil: n – hexano / dioxano (97 + 3)
-

Procedimiento

Pesar con exactitud 1 g de aceite donde se presume que se tienen los tocoferoles, en un balón de 20, 50 o 100 ml y enrazar con n-hexano. Inyectar en el equipo.

Tiempos de retención:

α – tocoferol acetato	5 min.
α – tocoferol	8.5 min.
β – tocoferol	12.5 min.
γ – tocoferol	14.5 min.
δ – tocoferol	22.0 min.
α – tocotrienol	11 min.
β – tocotrienol	17.5 min.
γ – tocotrienol	19.0 min.
δ – tocotrienol	29.0 min.

Los diversos tocoferoles presentan una intensidad de fluorescencia diferente a diversas longitudes de onda. Los valores se expresan luego de multiplicar por los factores de cada tocoferol.

Factores (valores indicativos):

α – tocoferol	1.00
α – tocoferol	→ β – tocoferol 0.66
α – tocoferol	→ γ – tocoferol 0.58
α – tocoferol	→ δ – tocoferol 0.53

3.15. Compuestos fenólicos

Determinación de antocianinas

Método espectrofotométrico, adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP.

Principio

La determinación de los pigmentos (antocianinas) se hace con un extracto de alcohol n-amílico acidificado. La lectura se hace a 544 nm, que corresponde al espectro de máxima absorción de los pigmentos.

Reactivos

- Ácido clorhídrico fumante EM (Cod, Merck 113386) concentración 36.5-38 %, densidad 1.19
- Ácido clorhídrico 0.1N. Toma 8.06 ml de ácido 36.5-38 % de pureza, en un balón aforado de a litro y llevar a volumen con agua destilada, homogenizar bien.
- Alcohol n-amílico saturado con HCl 0.1N (mezclar 50 % alcohol n-amílico y 50 % ácido clorhídrico 0.1N).

Procedimiento

- Pesar 1 gramo de muestra
- Añadir 20 ml de HCL 0.1N, mezclar bien. Dejar en reposo durante una hora, mezclando ocasionalmente.
- Transferir el contenido a un tubo de centrifugación sin enjuagar.
- Centrifugar por 20 minutos a 3000 – 4000 rpm.
- Tomar 10 ml de sobrenadante ácido extraído con una pipeta y transferir a un cilindro graduado.
- Añadir 10 mL de alcohol n- amílico saturado con HCl 0,1 N
- Agitar durante un minuto, transferir a un tubo de centrífuga y separar a las dos fases a 3000 – 4000 rpm durante 5 minutos.

Medida espectrofotométrica

Para el reconocimiento de las antocianinas, tomar con una pipeta un a cantidad suficiente de la capa superior y transferirla a la celda. Medir la densidad óptica de las muestras a 544 nm, usando alcohol n- amílico saturado con HCl 0.1 N como blanco.

Determinación de polifenoles

Método de la A.O.A.C. 1996 (33), adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad.

Reactivos

- Solución estándar de ácido gálico de 200 ppm
- Ácido gálico monohidratado
- Reactivo Folin ciocalteus
- Carbonato de sodio al 20 %
- Metanol al 70 %, densidad 0.872 g/ml.

A partir de la solución estándar (200 ppm) se hace diluciones para obtener la curva.

Tabla Nº 22. Disoluciones para obtener la curva a partir de la solución madre

ppm	ml
5 ppm	250 ul □ de la solución y aforar a 10 ml
10 ppm	500 ul □ de la solución y aforar a 10 ml
40 ppm	2 ml □ de la solución y aforar a 10 ml
80 ppm	4 ml □ de la solución y aforar a 10 ml
100 ppm	5 ml □ de la solución y aforar a 10 ml

Fuente: Método de la A.O.A.C. 1996 (33), adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad. (INIAP).

Procedimiento

- Pesar 1 g de la muestra.
- Adicionar 75 ml de metanol al 70%.
- Extraer inmediatamente durante 75 minutos a temperatura ambiente, bajo agitación magnética.
- Filtrar la solución sobre papel filtro y completarla con metanol a 70% a 100 ml.
- Tomar 1 ml y colocar en un tubo de ensayo, añadir 6 ml de agua destilada, 1 ml de reactivo de Folin-Denis.
- Después de 3 minutos, adicionar 2 ml de una solución acuosa de carbonato de sodio al 20%.
- Colocar la solución a 40° C por dos minutos.
- Medir la coloración azul en el Espectrofotómetro a 760 nm.

Cálculos y expresión de resultados

Se debe tener en consideración para los cálculos las diluciones realizadas y el peso de la muestra. Los resultados se expresan como sigue:

Ecuación de la curva estándar:

$$mg \text{ polifenoles}/100 = \left(\frac{58.51 \left(\frac{ug}{ml} \right) * 100(ml) * 1 * (1/10^3 \left(\frac{mg}{ug} \right))}{1(g)} \right) * 100$$

Donde:

Abs= absorbancia a 765 nm

LR = concentración de polifenoles en ug/ml

V = volumen de la solución que da la absorbancia a 760 nm (100 ml)

FD = factor de dilución (1)

Pm = peso de la muestra (1 gramo)

Determinación de taninos

Método de la A.O.A.C. (1964) adaptado en el Departamento de Nutrición y Calidad.

Principio

La determinación de taninos se realiza en una muestra libre de grasas y pigmentos, utilizándose un extracto acuoso el cual reacciona con el reactivo Folin-Denis en medio alcalino. Se utiliza ácido tánico como estándar y se realizan las lecturas en un espectrofotómetro UV VIS a 680 nm.

Reactivos

- Solución de Folin-Denis: Disolver 100g de wolframato de sodio deshidratado, 20g de ácido fosfomolibdico, 50 ml de ácido fosfórico, en 750 ml de agua destilada. Se calienta dos horas a reflujo, se enfría y se afora a un litro.
- Solución de carbonato de sodio saturado: En 100ml de agua destilada añadir 35g de carbonato de sodio anhidro, se disuelve en caliente a 70-80°C, se enfría una y se deja precipitar 12 horas, se coloca en la solución algunos cristales de carbonato de sodio decahidratado y luego que cristaliza se filtra a través de lana de vidrio.
- Solución estándar de ácido tánico: Preparar una solución madre de 100 ppm de ácido tánico, cada vez que se va a realizar esta determinación.

Procedimiento

- Se pesa 1 g de muestra y se extrae durante 8 horas con hexano.
- Se coloca en ebullición el residuo durante 2 horas con 300ml de agua destilada.
- Se enfría, se filtra y se diluye a 500 ml.

- Se toma alícuotas del filtrado en balones de 50 ml, se añade 2.5ml de reactivo Folin-Denis, 5 ml de solución de carbonato de sodio y se afora a 50ml con agua destilada.
- Se lee en un espectrofotómetro a 680nm, después de 30 minutos que ocurre la reacción.
- Se prepara una curva patrón de ácido tánico de 0-5 ppm, proceder desde la adición del reactivo Folin-Denis

Cálculos

Se debe tener en consideración para los cálculos las diluciones realizadas y el peso de la muestra. Los taninos vienen expresados como Ac. Tánico y los resultados se expresan como siguen:

$$mg \text{ polifenoles/g} = \left(\frac{(759.63 \left(\frac{ug}{ml}\right) * 10(ml) * \left(\frac{10ml}{1ml}\right)) / (1/10^3 \left(\frac{mg}{ug}\right))}{1(g)} \right)$$

Donde:

LR = lectura de regresión

V = volumen final

FD = factor de dilución

Pm = peso de la muestra

CAPITULO IV

4.1. Resultados y discusión

4.1.1. Características físicas del almidón

4.1.1.1. Amilosa y amilopectina

El almidón se encuentra ampliamente distribuido en los más diversos órganos de las plantas especialmente en el endospermo por ejemplo en el maíz constituye el 98% del grano, es considerado como la fuente principal de carbohidratos dentro de la alimentación humana, proporciona el 70 - 80% de calorías, (Cuidalcampo, 2007).

El almidón no es calificado realmente como un polisacárido, sino que es la mezcla de dos sustancias, la amilosa y la amilopectina. Ambas están formadas por un encadenamiento de numerosas moléculas de glucosa, en el caso de la amilosa unidas entre ellas por enlaces α 1- 4 lo que da lugar a una cadena lineal. En el caso de la amilopectina presenta ramificaciones debidas a enlaces α 1- 6. La proporción entre ambas suele oscilar entre el 15 al 25 % de amilosa y el restante 85% al 75% de amilopectina, estos valores varían mucho no solo de una especie a otra sino incluso dentro de variedades de la misma especie, En la tabla N° 13 se presentan valores bibliográficos del contenido de amilosa para ciertos cereales, (Martinod,*et,al.* 1974). Los valores experimentales obtenidos para el maíz fluctúan entre 20 a 23 %, y son semejantes a los reportados en la literatura.

El análisis de varianza (Tabla N° 26), muestra que existe diferencia significativa en el contenido de amilosa de los cinco tipos de maíz. Con la prueba de Tukey al 5 %, se determinó que el almidón de los ecotipos morado y amarillo duro, alcanzaron los mayores valores (23,49 y 22,24 %, respectivamente), ubicándose en el primer rango estadístico (a) lo que posiblemente influirá en su comportamiento viscosográfico y en la digestibilidad. En orden de concentración sigue el maíz negro con 22,04 %

de amilosa, seguido por el maíz rojo con 20,86 % y el amarillo suave con 20,85 %), según consta en la Tabla N° 27.

Tabla N° 26. Análisis de varianza para el contenido de amilosa en el almidón de varios ecotipos de maíz

Source	Suma de cuadrados	Df	Promedio de cuadrados	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	14,5211	4	3,63027	610,47	0,0000
Error	0,0594667	10	0,00594667		
Total (Corr.)	14,5805	14			

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad (INIAP), 2009

Tabla N° 27. Prueba de Tukey para el contenido de amilosa en el almidón de vario ecotipos de maíz

Tratamientos	Cuenta	Suma	Grupos homogéneos
Amarillo suave	3	20,85	X
Rojo	3	20,86	X
Negro	3	22,04	X
Amarillo duro	3	22,24	X
Morado	3	23,49	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad (INIAP), 2009

En base al contenido de amilosa se puede esperar que el ecotipo de maíz morado, con menor contenido de amilopectina 76.51%, (Tabla N°29); será de digestión lenta, mientras que los almidones de los ecotipos negro, rojo, amarillo duro y suave, serán de alta y fácil digestión. Parece que este componente, también guarda relación con la farinocidad del grano, observándose que los ecotipos con mayor contenido de amilosa (morado y amarillo duro), son menos farinosos y más duros.

Tabla N° 29 Prueba de Tukey para el contenido de amilopectina en el almidón de varios ecotipos del maíz nativo “racimo de uva”

Tratamientos	Cuenta	Suma	Grupos homogéneos
Morado	3	76,51	X
Amarillo duro	3	77,76	X
Negro	3	77,96	X
Rojo	3	79,14	X
Amarillo suave	3	79,14	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad INIAP, 2009

La amilosa también influye en la retrogradación del almidón, propiedad que se manifiesta cuando el almidón es sometido a procesos de calentamiento y enfriamiento rápido o lento. En la retrogradación la amilosa se insolubiliza y precipita debido a la recristalización de sus cadenas lineales, por puentes de hidrogeno a través de múltiples grupos hidroxilos. (Cuidalcampo, 2007).

La tendencia a la retrogradación se ve favorecida por las bajas temperaturas cercanas a (0°C), el pH neutro, altas concentraciones de almidón y la presencia de sustancias tensoactivas. Esta propiedad está relacionada directamente con el envejecimiento del pan, en donde fracciones de amilosa o las secciones lineales externas de amilopectina que retrogradan, forman zonas con una organización cristalina muy rígida, que requiere de una alta energía para que se rompan. (Cuidalcampo, 2007).

De lo expuesto se puede inferir que el almidón del ecotipo de maíz morado, con un mayor contenido de amilosa, mostrará una mayor propensión a la retrodegradación, lo que se podría atenuar controlando otros factores como la temperatura, el pH y la concentración de almidón.

En contraste, este ecotipo de maíz puede ser utilizado como materia prima para la obtención de amilosa, componente de amplio uso en la industria alimentaria, como en recubrimientos de frutas, componente de películas para el envasado de alimentos higroscópicos como el café y té instantáneos, ingrediente de postres y salsas, espesante, estabilizante y adhesivo. (Cuidalcampo, 2007).

4.1.1.2. Tamaño y apariencia microscópica de los gránulos de almidón

El almidón aparece al microscopio, compuesto de corpúsculos discretos, redondeados o poliédricos, denominados “gránulos”, cuyo tamaño y forma son característicos para cada especie. Los almidones de los ecotipos analizados son semejantes en su forma, todos presentan gránulos redondos.

Para determinar el tamaño, se midió el diámetro de los ejes mayor y menor en 10 gránulos, y los resultados se muestran en la Tabla N° 30. Los gránulos de almidón del maíz negro son de menor tamaño, con 20,57 micras para el eje mayor y 17,54 micras para el eje menor, mientras que los gránulos de almidón del maíz rojo, mostraron las mayores dimensiones (21,64 μm eje mayor y 18,52 μm eje menor).

Los valores obtenidos, concuerdan con los reportados bibliográficamente (5-25 micras), por Primo Yufera, (1987), para el almidón de maíz.

Tabla N° 30 Tamaño y forma de gránulo de almidón en cinco ecotipos de maíz

Maíces	Eje mayor (micras)	Eje menor (micras)	Forma
Negro	20,57	17,545	Redondos
Morado	21,2	18,31	Redondos
Rojo	21,64	18,52	Redondos
Amarillo suave	21,4	18,87	Redondos
Amarillo duro	21,44	17,8	Redondos

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad INIAP, 2009

* Promedio de 10 mediciones para cada tipo de maíz

4.1.1.3. Temperatura inicial de gelatinización

Cuando el almidón es sometido a calentamiento en presencia de suficiente agua, los gránulos cambian de apariencia a medida que sube la temperatura hasta alcanzar la temperatura de gelatinización, indicativa de que el nivel energético es suficiente para disociar los enlaces de hidrogeno que mantienen ordenadas las cadenas moleculares en el granulo de almidón. A medida que la temperatura se eleva, se continúa con la ruptura de los puentes de hidrogeno favoreciendo la penetración de las moléculas de agua en el gránulo de almidón, lo cual origina un aumento en el volumen del grano, la solubilidad del almidón, la transparencia y la viscosidad, (Primo Yúfera, 1987).

El análisis de varianza (Tabla N° 32), muestra que la temperatura de gelatinización varía ligeramente por efecto del ecotipo de maíz. Registrando los valores más bajos, para los ecotipos amarillo suave y duro, que se ubicaron en el primer rango estadístico; la temperatura de gelatinización de

los ecotipos morado, negro y rojo no varió significativamente, ubicándose en el segundo rango estadístico.

Varios autores señalan que la temperatura de gelatinización varía según el cereal y la variedad, los intervalos de variación para el maíz están entre 62 – 72 °C, para el trigo 52 – 63, (Tabla N° 15). Los datos obtenidos experimentalmente para los cinco ecotipos de maíz (Tabla N° 33) están dentro de los intervalos referidos bibliográficamente.

Tabla N° 33. Prueba de Tukey para la temperatura de gelatinización (°C) del almidón en varios ecotipos de maíz

Tipos de maíz	Cuenta	Suma (°C)	Grupos homogéneos
Amarillo suave	3	61,0333	X
Amarillo duro	3	61,3667	X
Morado	3	62,2667	X
Negro	3	63,2667	X
Rojo	3	63,3333	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad (INIAP), 2009

4.1.2. Propiedades reológicas

4.1.2.1. Comportamiento amilográfico

Tabla N° 34. Interpretación de las curvas de viscosidad Brabender para el almidón de varios ecotipos de maíz

Calentamiento: 1.5 °C/min,

Lapso de calentamiento: a 89°C; 20 min.

Almidón	Mg (min)	V.max (U.B.)	Mm (min)	Vr (U.B)	Ve. (U.B.)	T.gel. Tg °C	Fac.cocc	Inest. Del gel	Ind. Gelif.
							Mm – Mg	Vm - Vr	Ve - Vr
Rojo	20	740 (89°C)	53	680	740	71	33	60	60
Amarillo suave	20	2000 (86°C)	49	1920	2760	71	29	80	840
Negro	20	1480 (88°C)	46	1400	1540	71	26	80	140
Morado	20	1470 (88°C)	51	1380	1680	71	31	90	300
Trigo (harina integral)	20	1740 (89°C)	46	1320	1660	65	26	420	340
Trigo (harina comercial)	20	20 (60°C)	0	0	0	57	20	20	0

Fuente: DECAB, 2009

Donde:

Mg: minutos en la que se alcanza la temperatura Tg.

Tg: temperatura a la cual comienza un brusco ascenso en la viscosidad

Vm: viscosidad máxima durante el calentamiento

Mm: minutos en los que se alcanza la viscosidad máxima Vm

Vr: viscosidad después de 20 min. a 89°C

Ve: viscosidad al enfriar a 79 °C

Fac.cocc: facilidad de cocción

Inest: inestabilidad del gel

Ind. gelif: Tendencia a la gelificación

Al someter a calentamiento una solución acuosa de almidón, los gránulos se hinchan produciendo una solución viscosa, más o menos estable al calentamiento, y que al enfriarse puede formar geles de diferente grado de firmeza y estabilidad. (Morales, 1969).

El amilógrafo Brabender es un aparato que permite registrar los cambios de viscosidad de una suspensión de almidón, calentada lentamente con agitación, sometida a una temperatura elevada por un lapso de tiempo, y por último enfriada lentamente, (Morales, 1969). Las curvas obtenidas se ilustran en la Fig. 2, de la cual se tomaron las cifras relativas que se presentan en la Tabla N° 34

Las harinas de maíz presentan una temperatura de gelatinización promedio igual a 71°C. Este valor excede en 10°C, al obtenido mediante una técnica subjetiva, debido a las diferentes condiciones operativas en que se realizan las pruebas, así, en el viscoamilógrafo Brabender se trabaja con harinas a una concentración del 18 % y un volumen de suspensión de 450 ml, mientras que la determinación subjetiva se realizó con el almidón extraído de los diferentes ecotipos, con un volumen de suspensión de 250 ml, y una concentración del almidón del 0,5 %, a una tasa de calentamiento de 1°C/min.

Asignándose un valor promedio de 65°C, para la temperatura de gelatinización del almidón de maíz, la cual es similar al almidón de trigo, requiriéndose en los dos casos igual cantidad de calor para alcanzar la gelatinización. La temperatura inicial de gelatinización para otros cereales presenta niveles de variación semejantes, así: arroz 61-78° C; maíz 62-72; sorgo 68.5-75° C y trigo 52-63°C (Primo Yufera, 1987).

Es notable la facilidad de cocimiento de la harina del ecotipo negro, que requiere 26 minutos para cocerse, igual que la harina de trigo integral, seguido por los ecotipos amarillo (29 min.) y morado (31 min.). No así el ecotipo rojo que requiere 33 minutos para alcanzar el grado de cocción adecuado para el consumo. Sin embargo, la harina con mayor facilidad de cocción es la del trigo comercial (20 min.). La Tabla N° 34, también muestra que el gel más inestable se obtiene con la harina de trigo integral (420 U.B.), seguido por los geles del almidón de maíz morado, amarillo suave y negro. Los geles más estables son los de la harina de trigo comercial (20 U.B.).

El aumento de la viscosidad que se observa en los amilogramas desde el inicio de la gelatinización, hasta alcanzar el pico máximo es consecuencia de la absorción de agua por los gránulos de almidón (hinchamiento) y de la expansión o solubilización del material intragranular. Este aumento de la viscosidad ocurre hasta un valor máximo que corresponde al volumen de hinchamiento del granulo sin que se rompa (Requena, 2003). La harina de maíz amarillo alcanzó una viscosidad máxima de 2000 U.B. a 86°C.; el maíz negro 1480 U.B a 88°C.; el maíz morado 1740 U.B. a 89°C. y la harina de trigo integral 1740 U.B. a 89°C, la harina de maíz rojo alcanza una viscosidad máxima de 740 U.B. a 89°C.

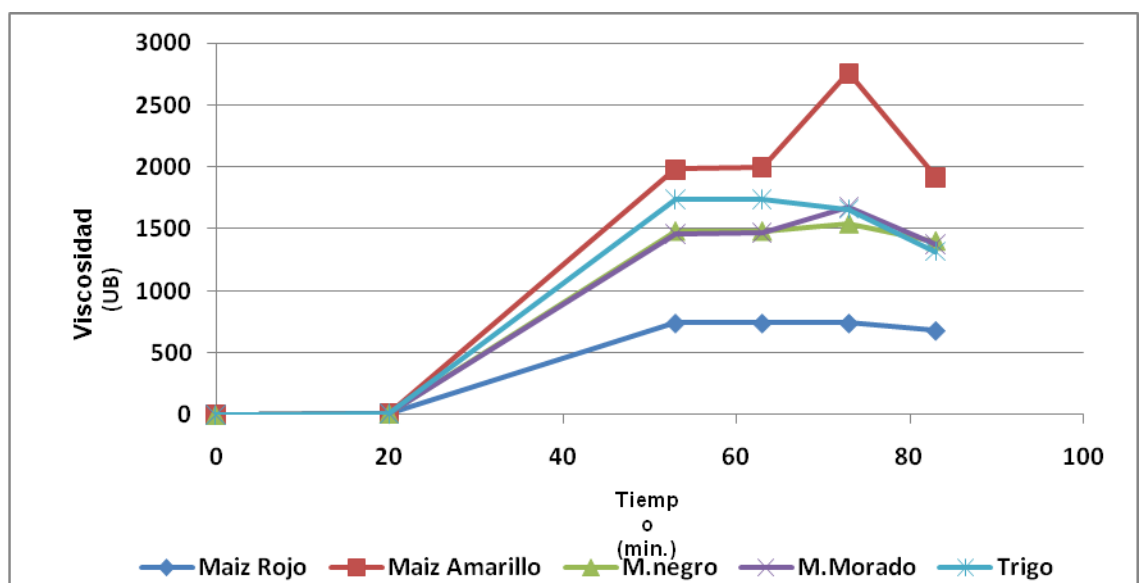
Al alcanzar la viscosidad máxima, después de 20 minutos de permanencia a 89°C, los gránulos de almidón recién se desintegran, lixivian amilosa de bajo peso molecular y presentan un ligero descenso en la viscosidad obteniéndose un valor de 680 U.B. para la harina del ecotipo de maíz rojo, 1920 U.B. para el maíz amarillo suave; 1400 U.B. para el ecotipo negro; 1380U.B. para el ecotipo morado y 1320 U.B. para el trigo. La harina de

maíz amarillo suave no experimenta un descenso brusco en la viscosidad durante el calentamiento a 89°C.

Si se deja enfriar la pasta de harina hasta 79°C, las moléculas de amilosa vuelven a asociarse lentamente, reorganizándose y formando un precipitado o un gel, volviendo a aumentar la viscosidad, fenómeno conocido como retro gradación. Con una mayor tendencia para la harina del maíz amarillo suave cuya viscosidad se eleva a 2760 U.B, seguido por las harinas del maíz negro (1540 U.B.) y morado (1680 U.B.). Las harinas del maíz rojo y trigo integral no presentan tendencia a la retrogradación, lo cual se correlaciona con su menor contenido de amilosa.

Cuando el almidón es sometido a cocción en agua, sus gránulos se hinchan enormemente, como en el caso de la harina del maíz amarillo suave, presentando un debilitamiento moderado de los geles durante la cocción. La harina con menor poder de hinchamiento, corresponde a la del maíz rojo (Figura 2). Las harinas de maíz morado y trigo, exhiben un poder de hinchamiento moderado, por lo cual sus picos de viscosidad son más bajos y el debilitamiento durante el enfriamiento es menor, sus gránulos de almidón no se hinchan excesivamente para llegar a ser frágiles.

Fig. N° 4. Amilograma de varios almidones



Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad (INIAP), 2009

4.1.2.2. Comportamiento Farinográfico

Tabla Nº 35. Farinogramas para la harina de trigo

				Tiempo minutos			
Muestras	Humedad (%)	Peso (g)	A (%)	Amasado	Estabilidad o tolerancia de fermentación (E)	IT (U.B)	EI (U.B)
Harina integral de trigo	14,3	300	59,5	2,5	2,0	30	62
Harina comercial de trigo	9,1	300	70,5	4,0	1,0	80	64

Fuente: Escuela Politécnica Nacional (DECAB), 2009

Donde:

A: absorción de agua

E: estabilidad (min.)

IT: Índice de tolerancia al amasado

EI: elasticidad

El Farinógrafo Brabender permite medir las características y aptitud de las harinas para el amasado. El equipo posibilita detectar a tiempo desviaciones en las variables, efectuar correcciones y obtener resultados confiables. La más importante de estas variables es la estabilidad de la masa (medida en minutos), e indica la tolerancia de una harina a la fermentación cuando ésta se humedece y amasa, (Cueto, *et,al.* 2007).

El análisis farinográfico se realizó con las harinas experimentales de maíz, utilizando como testigos positivos harinas de trigo, integral y comercial. Sin

embargo con las primeras no se obtuvo ningún parámetro indicativo de la aptitud de estas harinas para el amasado. Mientras que las harinas de trigo presenta una capacidad de absorción de agua del 70,5 %, en el caso del producto comercial y 59,5 % para el producto integral (Tabla N° 35). Niveles que dependen de la granulometría de la harina, el contenido de proteína, la humedad inicial y humedad relativa del ambiente, mostrando una mayor capacidad de absorción los productos con mayor contenido de proteína, ya que las gluteninas y gliadinas presentes en el trigo forman una red de gluten que les permite retener agua, lo que se traduce en un mayor rendimiento de la masa.

El tiempo de llegada es la medida (min.) de la tasa de hidratación de la harina, cuando hace contacto con la línea de los 500 U.B. Según Locken, *et al.* 1991, mientras menor es el tiempo de llegada, mayor es la velocidad de absorción de agua. El tiempo de llegada de la harina comercial de trigo fue de 1 min., siendo este valor, similar al reportado por. (Fermín, 1994).

El tiempo de desarrollo de la masa indica el tiempo de amasado necesario para un mejor desarrollo de la masa final. El tiempo necesario para alcanzar la máxima consistencia a los 500 U.B. fue de 4 minutos para la harina de trigo comercial y 2,5 para la harina integral. Estos tiempos de amasado son considerados aceptables por la industria (Villacres, 2007) y son importantes en panificación, ya que si se mezcla la masa por tiempos inferiores a los mencionados, no se producirá una completa absorción de agua y la consistencia de la masa no será idónea. Por el contrario si el amasado se prolonga por tiempos superiores a estos, las masa pueden fatigarse y perder cohesión (Locken,*et al.* 1991). El tiempo de amasado permite clasificar las harinas en aquellas de “desarrollo rápido y lento. Según lo expresado, la harina integral de trigo es de desarrollo rápido y exige un método corto de conducción, mientras que la harina comercial exige un método de conducción largo.

La estabilidad de la masa también se llama tolerancia de fermentación, en el farinograma está expresada por el tiempo durante el cual la curva, después de haber llegado a su altura máxima se mantiene visiblemente horizontal, se expresa en minutos. La tolerancia hace referencia al tiempo transcurrido después de la fermentación ideal, sin que la masa sufra deterioro notable. La harina de trigo comercial, mantiene una consistencia de 80 U.B. durante 4 minutos, mientras que la harina de trigo integral alcanza 30 U.B. manteniéndose en este punto por 2,5 min. Estos valores son mayores que los reportados por Cueto y col, (2007) para harinas compuestas trigo (70 %)-yuca (30 %), las que presentan 5 U.B. como índice de tolerancia al amasado. Los parámetros mencionados se traducen en un mejor índice de elasticidad obtenido para la masa de harina de trigo comercial (64 U.B.), con respecto a la harina integral (62 U.B.)

4.1.2.3. Comportamiento Extensográfico

Tabla N° 36. Extensogramas para la harina de trigo (135 min.)

				Extensibilidad	Resistencia		IE
			A	(mm)	U.B.		(b/a)
Muestras	Humedad (%)	Peso (g)	(%)	(a)	a 5 cm (b)	Max.	
Harina trigo comercial	14,83	300	59,5	165	560	810	3,4
Harina trigo integral	9,1	300	70,5	92	140	240	1,5

Fuente: Escuela Politécnica Nacional (DECAB) ,2009

Donde:

A: absorción de agua

E: extensibilidad

R.E.: resistencia a la extensibilidad

Un extensograma determina la capacidad de dilatación de la masa. Según Brabender, el ancho de la curva determina la condición de elasticidad o extensibilidad de la masa. Mientras más ancha sea aquella, mayor es la extensibilidad y combinando otros factores, será susceptible de proporcionar un pan de buen volumen. El índice de extensibilidad se obtiene de la relación entre la consistencia alcanzada después que la masa se ha extendido una cierta longitud, determinándose un valor de 3,4 para la harina de trigo comercial y 1,5 para la harina integral.

El primer valor se obtiene a partir de una menor resistencia a la extensión (560 U.B.), mientras que al índice 1,5 corresponde una resistencia igual a 240 U.B., concluyéndose que la harina de trigo comercial tiene una mejor

extensibilidad (menor resistencia a la extensión) que la harina de trigo integral. (Tabla N° 36). No fue posible obtener estos parámetros con las harinas experimentales de maíz, porque se obtienen mezclas, que no se homogenizan como la harina de trigo.

4.1.3. Propiedades Funcionales

4.1.3.1. Poder de hinchamiento y porcentaje de solubilidad

Para los diferentes almidones de maíz, se determinó el porcentaje de solubilidad y el poder de hinchamiento, (Tablas N° 40 y 42). Los datos experimentales, muestran que los almidones de los ecotipos rojo (3,65), morado (2,94), presentan una mayor solubilidad en agua, con respecto al maíz amarillo suave (1,88), negro (1,85) y amarillo duro (1,72). Los valores obtenidos son estadísticamente diferentes, ubicándose los ecotipos rojo y morado en los rangos a y b, respectivamente. El análisis de varianza muestra diferencia estadística en el poder de hinchamiento del almidón de los diferentes ecotipos de maíz, ubicándose en el primer rango (Tukey 5 %), el ecotipo amarillo suave con un valor de 2,39; seguido por el ecotipo amarillo duro (2,30).

Tabla N° 40. Prueba de Tukey para la solubilidad del almidón de varios ecotipos de maíz

Tratamientos	Cuenta	Suma	Grupos homogéneos
Negro	3	1,85	X
Morado	3	2,94	X
Rojo	3	3,65	X
Amarillo suave	3	1,89	X
Amarillo Duro	3	1,72	X

Fuente: Laboratorio de nutrición y calidad (INIAP), 2009

Tabla N°42. Prueba de Tukey para el poder de hinchamiento del almidón de varios ecotipos de maíz

Procedencia del almidón	Cuenta	Suma	Grupos homogéneos
Negro	3	1,07	X
Morado	3	2,12	X
Rojo	3	2,14	X
Amarrillo suave	3	2,39	X
Amarillo duro	3	2,30	X

Fuente: Laboratorio de nutrición y calidad (INIAP), 2009

4.1.4. Actividad alfa amilasa

La actividad alfa amilásica es expresada como el número de caída (falling number) y mientras mayor es este valor, menor es la actividad enzimática en las harinas. Concluyendo que las harinas de maíz amarillo (441-451), rojo (392-400), negro (321-331) y morado (354-364), presentan baja actividad alfa-amilásica, debiendo recurrir a procesos como la germinación para elevar el contenido de enzimas, que permita utilizar estas harinas en la elaboración de bebidas fermentadas.

El valor de este parámetro, (Tabla N° 43), junto con los valores de extensibilidad y elasticidad, no permiten recomendar el uso integral de estas harinas para la industria de panificación.

Las harinas para panificación deben presentar entre 250 a 300 Falling number, lo que se puede alcanzar agregando alfa amilasa de origen fungal. (Granotec, 2009) Este parámetro es importante ya que permite estimar el equilibrio en la acción de las alfa y beta amilasas en las harinas y en el

proceso de panificación, lo que incide en la calidad de la miga y en el color de la corteza del pan.

La actividad de las alfa amilasas presentes en las harinas empieza en el amasado, después de la adición de agua. El almidón roto durante la molturación del grano de trigo es más rápidamente hidratado, y por tanto, más fácilmente atacable por las enzimas. Estas, actúan en acción combinada: la alfa amilasa va cortando las cadenas lineales en fracciones de menor longitud, llamadas dextrinas, mientras que la beta amilasa va cortando las cadenas en moléculas de maltosa, formada por dos unidades de glucosa. El contenido en dextrinas parece tener un efecto importante en la capacidad de retención de agua y en la consistencia de la masa; si la harina procede de trigo germinado se produce una excesiva dextrinación y las masas resultan blandas y pegajosas

Tabla N°43. Falling number (s) en harinas de diferentes ecotipos de maíz

Harinas	Falling number (s)
Amarillo	441- 451
Rojo	392 – 400
Morado	364 – 354
Negro	321- 331

Fuente: GRANOTEC, 2009

4.1.5. Propiedades Químicas del aceite de maíz

4.1.5.1. Perfil de ácido grasos

En la Tabla N° 44, consta el perfil de ácidos grasos para los aceites de los ecotipos negros, morados, soya y linaza. En general el aceite de maíz es rico en ácidos grasos de cadena larga (14-20 carbonos) de tipo insaturado, con 34,83 % de ácido oleico; 48,61 % de ácido linoleico y 1,23 % de ácido linolénico para el ecotipo amarillo. Al ecotipo rojo caracterizan 33,42 % de ácido oleico, 50,65 % de ácido linoleico y 1,25 % de ácido linolénico. El maíz negro presenta, 32,52% ácido oleico, 50,25% ácido linoleico y 1,29% ácido linolénico; un perfil semejante caracteriza al maíz morado con 32,52 % ácido oleico, 49,78 % ácido linoleico; 1,19 % ácido linolénico.

El contenido de ácido palmítico (12 %) en el aceite de maíz es similar al de soya y el doble del aceite de linaza. El ácido oleico (C18:1), se encuentra en mayor proporción (32,52-34,83 %) en los aceites de maíz que en el de soya (20 %) y linaza (24 %), este ácido graso monoinsaturado, es importante en el control del colesterol de baja densidad, ya que disminuye sus niveles mientras mantiene los niveles del colesterol de alta densidad. El ácido linoleico (18:2 ω 6) se presenta en mayor cantidad en el aceite de soya (55 %), con un contenido promedio del 50 % en el aceite de maíz. La proporción de ácido linolénico (44 %) en el aceite de linaza supera ampliamente al contenido presente en el aceite de maíz (1,19-1,26 %) y el de soya (6,49 %), con ausencia de los ácidos lignocérico y behénico en el ecotipo de maíz morado.

Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) cubren el intervalo de una longitud de cadena de carbonos de 18, 20 y 22, con 2-6 dobles enlaces en configuración cis- y separados por un grupo metilo. Entre los ácidos grasos poliinsaturados constan el linoleico (18:2) y el linolénico (18:3) también conocidos como omega -6 y omega-3, respectivamente. Estos son ácidos grasos esenciales y sus funciones incluyen la regulación de las contracciones musculares, la presión sanguínea y el crecimiento de nuevas

células. Otros ácidos grasos indispensables de cadena más larga son el ácido araquidónico (C 20:4) y el ácido docosahexanoenoico (C22:6). Durante los últimos 30 años se han realizado diversos estudios acerca del metabolismo y función de los ácidos grasos poliinsaturados, concluyendo que son de gran importancia para el desarrollo y crecimiento normal del ser humano, ya que contribuyen en la prevención y tratamiento de diversas enfermedades tales como hipertensión, diabetes, artritis, cáncer y otros desordenes inflamatorios y auto inmunes, (Montiel, *et al.* 2007).

El ácido linolénico tiene el inconveniente de ser muy sensible a la luz, oxígeno y temperatura, es muy vulnerable a la oxidación y al desarrollo de malos olores. Esto quiere decir que en vez de ejercer un efecto positivo en nuestra salud, actúan dañando nuestras células. Aunque el organismo puede inactivar tales procesos por medio de sustancias antioxidantes, no es prudente abusar de las grasas poliinsaturadas. Por esta razón, se recomienda que su consumo sea de 3 a 7% del total de la grasa, sin sobrepasar nunca el 10%, De los ecotipos estudiados, el maíz negro presenta mayor contenido de ácido linolénico (1,29 %), mientras que en el ecotipo morado alcanza el 1,19 %. Sin embargo, estos valores son menores a los registrados en el aceite de soya (6,49 %) y linaza (44,90%).

Entre los ácidos grasos saturados, los de mayor concentración en el aceite de maíz son el ácido palmítico y esteárico, estos son duros, bastante estables y funden en la boca. En general el aceite de maíz es rico en ácido palmítico, con un promedio similar al que se encuentra en la soya. El ecotipo morado presenta mayor contenido (13,49 %), seguido por el ecotipo negro (13,037 %) y el amarillo (12,42 %). El ácido esteárico en el maíz, es menor (1,95-2,17 %) que el detectado en la linaza (4,09 %) y en la soya (3,29 %).

Los ácidos grasos mencionados son los más comunes en los aceites comerciales, sin embargo en los ecotipos amarillo, negro y rojo se han detectado otros ácidos grasos saturados de cadena larga (14-20 carbonos)

como el behénico (C:22) que se encuentra en un proporción del 0,14; 0,13 y 0,15 % para el maíz amarillo, negro y rojo, respectivamente. El ácido lignocérico (C: 24) se encuentra en estos materiales en proporciones de 0,17; 0,18 y 0,14 % respectivamente. El ácido araquídico (C: 20) se encuentra en mayor proporción en los ecotipos morado y negro, alcanzando un valor promedio de 0,40 %. En el aceite del ecotipo negro también se encontró vestigios de ácido margárico 0,0735 %, lo cual no reviste ningún peligro para el consumo humano, ya que su valor cumple con la normatividad establecida para compuestos minoritarios, cuyo contenido debe ser menor al 0,5 %.

La composición de ácidos grasos de los ecotipos de maíz en estudio, corresponde a la de un aceite comestible normal (Tabla N° 17) y cumplen con la normatividad establecida por el Codex Alimentarius, pudiendo destinarse a la alimentación humana, producción de margarinas, mayonesas y como ingrediente de aderezos para ensaladas, helados, sopas, sustitutos de crema para café, panificación, chocolates, botanas, mantecas vegetales y aceites para cocinar, (Montiel, *et al*, 2007).

Tabla N°44. Perfil de Ácidos Grasos de varios aceites

Maíz Amarillo		Maíz Negro	
Ácidos grasos	%	Ácidos grasos	%
Palmítico	12,421	Palmítico	13,0376
Esteárico	2,1116	Margárico	0,0735
Oleico	34,8341	Esteárico	1,9564
Linoleico (C18:3)	48,6195	Oleico	32,521
Araquídico	0,3785	Linoleico	50,2505
Linolenico (18:3)	1,2344	Araquídico	0,3993
Behénico	0,1395	Linolenico	1,2962
Lignocérico	0,1676	Behénico	0,1275

		Lignocérico	0,1814
Total	99,9062	Total	99,8434
Maíz Rojo		Maíz Morado	
Ácidos grasos	%	Ácidos grasos	%
Palmítico	11,8291	Palmítico	13,4962
Esteárico	2,1673	Esteárico	2,1681
Oleico	33,4205	Oleico	32,5294
Linoleico	50,6529	Linoleico	49,7841
Araquídico	0,3795	Araquídico	0,4044
Linolénico	1,2599	Linolenico	1,1929
Behénico	0,1468		
Lignocérico	0,144		
Total	100	Total	99,9999
Linaza		Soya	
Ácidos grasos	%	Ácidos Grasos	%
Palmítico	6,621	Palmítico	12,4451
Esteárico	4,0993	Esteárico	3,2946
Oléico	24,0838	Oléico	19,9803
Linoleico	18,6808	Linoleico	55,6959
Araquídico	0,2394	Araquídico	0,3421
Linolenico	44,9037	Linolenico	6,4982
Behénico	0,2821	Behénico	0,3072
Lignocérico	0,1237		
Total	99,625	Total	99,9999

Fuente: La FABRIL, S.A. 2009

4.1.5.2. Índice de peróxidos

La presencia de peróxidos en el aceite, se debe a varios factores que influyen desde el campo hasta su transformación, entre ellos se tiene: el grado de maduración de la materia prima, las heladas previas a la cosecha, el tiempo transcurrido entre la recolección y la elaboración, el sistema de almacenamiento del maíz, de los aceites y su envasado, los mismos que afectan las características del producto final.

Los aceites y las grasas comienzan a descomponerse desde el momento en el que son aislados de su ambiente viviente natural. Las características organolépticas desagradables en parte son originadas por la presencia de ácidos grasos libres, pero el desarrollo principal de rancidez es llevado a cabo por oxidación atmosférica (auto oxidación). La rancidez oxidante es acelerada por la exposición al calor y a la luz, por la humedad y por la presencia de trazas de metales de transición, colorantes y pigmentos naturales residuales. El oxígeno es tomado por la grasa para la formación de hidroperóxidos, denominados generalmente peróxidos.

El índice de peróxido es una medida de los peróxidos contenidos en el aceite y a mayor índice de peróxidos le corresponde menor capacidad antioxidante. Para este parámetro, los valores mostrados en la Tabla N° 47, son bajos (≤ 10 mEq. oxígeno/kg. de grasa) y se enmarcan en los límites establecidos por el Reglamento Técnico-Sanitario para aceites vegetales.

Al analizar estadísticamente estos valores y al aplicar la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 0.05%, se determinó que el aceite de los ecotipos rojo, negro y la soya, con un menor índice de peróxido se ubican en el primer rango estadístico, no así los ecotipos morado y amarillo, se ubican en el segundo rango estadístico con valores entre 4,17 y 4,87 mEq/kg aceite.

El aceite del ecotipo de maíz rojo presenta el menor índice de peróxido, (1,31 m Eq/kg aceite), posiblemente debido a la presencia de antioxidantes naturales como los tocoferoles, las vitaminas A y E.

Tabla N° 47. Prueba de Tukey para el índice de peróxido de varios aceites vegetales

Procedencia del aceite	Cuenta	Suma (mEq/kg)	Grupo homogéneos
Rojo	3	1,31133	X
Negro	3	1,82567	X
Soja	3	2,77933	X
Amarillo suave	3	4,166	X
Morado	3	4,87233	X

Fuente: Laboratorio de nutrición y calidad (INIAP), 2009

4.1.5.3. Índice de acidez

Según Pearson (1988), el índice de acidez es una medida del grado al cual se descomponen los glicéridos del aceite por acción de la lipasa o por alguna otra causa. Es un parámetro que no guarda relación alguna con las características sensoriales del aceite y es indicativo de la condición y comestibilidad de los aceites.

Los datos presentados en la Tabla N° 50, fueron analizados estadísticamente, determinándose que el aceite de soja tiene un menor índice de acidez que los aceites de maíz, entre estos no se encontró diferencias significativas ubicándose en el segundo rango estadístico (b).

Según las Normas del Codex (2003), el índice de acidez recomendado para el aceite de maíz es de 4 mg KOH/g aceite como máximo, y para la soja

es 0.6 mg KOH/g como máximo. Los valores del aceite de maíz se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por la Norma Codex e indican que los aceites proceden de granos sanos y se han extraído en óptimas condiciones.

Tabla N° 50. Prueba de Tukey para el índice de acidez de varios aceites vegetales

Procedencia del aceite	Cuenta	Suma (mg KOH/g)	Grupos homogéneos
Soja	3	0,182	X
Maíz Morado	3	3,13667	X
Maíz Rojo	3	3,40333	X
Maíz Amarillo suave	3	3,53667	X
Maíz Negro	3	3,58	X

Fuente: Laboratorio de nutrición y calidad (INIAP), 2009

4.1.5.4. Índice de saponificación

El índice de saponificación no es útil para la identificación de un aceite, como lo es el índice de yodo. Este índice es el más usado para detectar la presencia de aceite de coco y grasa de mantequilla, los cuales contienen una elevada proporción de ácidos grasos inferiores. La presencia de hidrocarburos parafínicos se puede detectar por la turbidez cuando se adiciona agua a la solución etanólica de aceite o grasa saponificada. Por lo cual se le considera como un índice de identificación de adulteraciones en los aceites comestibles.

La mayoría de los aceites presentan índices de saponificación semejantes en el intervalo de 185-188 mg KOH /g. La norma ecuatoriana N° 40 1973,

establece para el aceite de maíz un índice de saponificación de 187 a 195 mg KOH /g., mientras que la norma Codex para el aceite de soya establece como límites valores entre 189 a 195 mg KOH/g.

El análisis de varianza muestra que existen diferencias significativas entre los diferentes tipos de aceites, y a través de la prueba de Tukey con un nivel de significancia $\alpha = 0.05\%$, se determinó que el aceite de maíz rojo con un índice de saponificación de 186 mg KOH, se ubica en el primer rango estadístico (a). Los aceites de soya y maíz amarillo suave presentaron un índice de saponificación semejante, alrededor de 189 mg KOH/g, (Tabla N° 53).

Tabla N° 53. Prueba de Tukey para el índice de saponificación (mg KOH/g) de varios aceites vegetales

Procedencia del aceite	Cuenta	Suma	Grupos homogéneos
Maíz Rojo	3	185,883	X
Maíz Morado	3	186,897	X
Maíz Negro	3	187,77	X
Soya	3	188,557	X
Maíz Amarillo suave	3	188,643	X

Fuente: Laboratorio de nutrición y calidad (INIAP), 2009

4.1.5.5. Índice de yodo

El índice de yodo es una medida del grado de instauración, es constante para un aceite o grasa en particular, sirve para identificar un aceite o al menos para ubicarlo dentro de un grupo particular. Mientras mayor es el grado de instauración (o sea mayor índice de yodo) mayor es la propensión del aceite a enranciarse por oxidación. El índice de yodo depende de la

naturaleza y composición del aceite, básicamente, aunque también influyen otros factores que deterioran el aceite.

El análisis de varianza muestra que existe diferencia mínima significativa para el índice de yodo de los diferentes aceites, así el aceite del maíz negro presentó 112.7; el maíz morado 114.5; el aceite de maíz rojo 111.3, el aceite de maíz amarillo 109.9, y el aceite de soya 121.82.

Con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05\%$), se determinó que el aceite del maíz amarillo con un menor valor de índice de yodo (110) se ubica en el rango estadístico (a), resultado que se correlaciona con su menor contenido de ácidos grasos insaturados (49,84 %), mientras que los índices de los restantes aceites se ubicaron en el rango estadístico (b) y el aceite de soya con un mayor valor se ubicó en el rango estadístico (c), (Tabla N° 56).

La norma INEN N° 37 establece como normal un rango de variación entre 103 a 128 (máximo). Para la soya, la norma CODEX, fija valores entre 104 a 120 (máximo).

Según el índice de yodo, los aceites de maíz podrían catalogarse como aceites semisecantes, con menor grado de insaturación (menor índice de yodo) que el aceite de soya.

Tabla N° 56. Prueba de Tukey para el índice de yodo de varios aceites vegetales

Procedencia del aceite	Cuenta	Suma	Grupo homogéneos
Maíz Amarillo suave	3	109,963	X
Maíz Rojo	3	111,337	X
Maíz Negro	3	112,797	X
Maíz Morado	3	114,503	X
Soya	3	121,827	X

Fuente: Laboratorio de nutrición y calidad (INIAP), 2009

4.1.5.6. Materia insaponificable

Este parámetro corresponde al material que queda en los aceites y grasas después de la saponificación con álcali cáustico, extracción con un disolvente orgánico apropiado y secado a 80 °C. Este parámetro permite determinar la adulteración del aceite con hidrocarburos parafínicos. La Norma INEN N° 41 1973, establece que el valor máximo de materia insaponificable para el aceite de maíz, es del 2 %. Los aceites de los ecotipos de maíz en estudio presentan valores entre 1,46-1,65 %, valores mayores al del aceite de soya, posiblemente debido a un ineficiente sistema de refinación y desodorización.

La Tabla N° 59, muestra la significancia estadística entre los diferentes aceites, respecto a este parámetro. Con la prueba de Tukey al 5 %, se determinó varios rangos estadísticos, ubicándose en el primero el aceite de soya, con el menor contenido (0,33 %) de material insaponificable, seguido por el aceite de maíz amarillo con 1,46 %. El maíz negro con el mayor

contenido de material insaponificable (1,66 %), se ubicó en el rango estadístico (d).

Tabla N° 59. Prueba de Tukey para la materia insaponificable (%) de varios aceites vegetales

Procedencia del aceite	Cuenta	Suma	Grupos homogéneos
Soya	3	0,3333	X
Maíz Amarillo suave	3	1,46	X
Maíz Rojo	3	1,50333	X
Maíz Morado	3	1,57	X
Maíz Negro	3	1,64667	X

Fuente: Laboratorio de nutrición y calidad (INIAP), 2009

4.1.5.7. Índice de color

Los aceites y grasas destinadas para la alimentación humana están compuestos principalmente por triglicéridos, y para su aceptabilidad es necesario refinarlos mejorando así sus características organolépticas especialmente el color. El índice de color es aplicable en aceites que presenten tonalidades que van desde el amarillo al verde. Realizando una comparación entre un estándar de color con la muestra de aceite.

Los números en el paréntesis indican el volumen añadido de azul de bromotimol hasta encontrar la escala adecuada que permita comparar los estándares con las muestras. Las normas indican que no se debe añadir más de 1 ml de azul de bromotimol al estándar, a excepción de los aceites de oliva virgen cuya escala no tiene límite.

En la Tabla N° 60, se observa los datos obtenidos para los aceites de los diferentes ecotipos analizados, el aceite del maíz negro requirió 7 ml de azul de bromotimol para alcanzar una intensidad de 25.

Mientras que los aceites del maíz morado y rojo, presentaron intensidades de 0 y 75 con 6 ml de azul de bromotimol, valores que están dentro de las normas establecidas por el Reglamento Técnico-Sanitario de los aceites vegetales comestibles.

Tabla N° 60. Índice de Color para diferentes aceites vegetales

Procedencia del aceite	INDICE DE COLOR (ABT)
Maíz Negro	25 (7)
Maíz Morado	0 (6)
Maíz Rojo	75 (6)
Maíz Amarillo	50 (5)
Soya	25 (6)

Fuente: Laboratorio de nutrición y calidad (INIAP), 2009

4.1.5.8. Determinación de tocoferoles

La actividad vitamínica en los alimentos se debe a varios vitámeros. En los productos animales la forma α es la más activa, usualmente es la única que hay. Este tocoferol se absorbe a nivel intestinal en presencia de sales biliares y lípidos.

La cantidad absorbida puede ser variable dependiendo de la dieta, su principal función es como antioxidante. Durante los procesos metabólicos se producen constantemente radicales libres tóxicos, y la vitamina E es capaz de captar estos compuestos y metabolizarlos, por lo que protege las membranas celulares. Estructuralmente los tocoferoles son compuestos de naturaleza fenólica.

El maíz morado presenta una mayor concentración (109,5 ppm) de α -tocoferol y α -tocotrienol (114,7 ppm), mientras que el maíz negro es rico en β -tocoferol y δ -tocotrienol (10,4 ppm); en el maíz amarillo suave sobresale el γ -tocoferol (720,4 ppm) y el δ -tocoferol. Sin embargo el aceite de soya supera al de maíz en el contenido de α , β , γ y δ -tocoferol (Tabla N° 61), con ausencia de α , γ y δ –tocotrienol, compuestos que están presentes en cantidades significativas en el aceite de palma.

Estos compuestos pueden también servir como materia prima para la elaboración de productos alimentarios, cosméticos y farmacológicos. Además tienen utilidad industrial como retardadores de la rancidez en los aceites comestibles o alimentos con alto contenido de grasa, (Montiel, *et al*, 2007).

Un mejor contenido de tocoferoles presenta el aceite de maíz morado, luego el del maíz amarillo, el maíz rojo y por último el de maíz negro, (Tabla N° 61).

Tabla N° 61. Contenido de tocoferoles (ppm) para diferentes aceites vegetales

	Palma Fabril	Maíz Amarillo	Maíz Rojo	Maíz Negro	Maíz Morado	Soya
α-Tocoferol acetato	0	0	0	0	0	0
α-Tocoferol	192,8	104,5	104,1	71,5	109,5	364
α-T3	176,3	88,4	91,7	52,6	114,7	0
β-T	10,6	0	0	181,9	15,5	88,4
γ-T	12,1	720,4	549,7	0	285,6	1031,7
γ-T3	287,4	0	0	0	0	0
δ-T	2,4	24,5	12,9	9	10,2	551,3
δ-T3	49	6,8	5,7	10,4	7	0

Fuente: La Fabril S, A.2009

4.1.6. Compuestos fenólicos

4.1.6.1. Determinación de antocianinas polifenoles y taninos

Luego de analizar estadísticamente las antocianinas con un nivel de significancia del 5 %, se determinó que el mayor contenido de antocianinas (rango a), corresponde al ecotipo de color negro (1.81ppm), y en menor proporción al maíz morado 0.36 ppm; rojo 0.05 ppm y amarillo 0.04 ppm. (Tabla N° 65).

De igual forma se analizó el contenido de antocianinas en la coronta del maíz negro, determinándose una menor concentración (0.11), con respecto al grano molido.

Debido a la presencia de estos compuestos, se puede considerar al maíz de color oscuro como un alimento funcional con propiedades antioxidantes y efectos terapéuticos que incluyen las reducciones de la enfermedad coronaria, efectos anti cancerígenos, antitumorales, antiinflamatorias y antidiabéticas; además del mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo.

Tabla N° 65. Prueba de Tukey para el contenido de antocianinas de varios ecotipos de maíz

Tipo de maíz	Cuenta	Suma	Grupos homogéneos
Amarillo	3	0,04166	X
Rojo	3	0,1693	X
Morado	3	0,336	X
Negro	3	1,81067	X

Fuente: Laboratorio de nutrición y calidad (INIAP), 2009

Respecto a los polifenoles, el mayor contenido corresponde al maíz negro con 57.82 mg/100g, seguido por el maíz morado con 31.01 mg/100g; el maíz rojo con 16.25 mg/100g y con un contenido mínimo para el maíz amarillo 1.84 mg/100g, (Tabla N° 71).

En la coronta del maíz negro se registró un valor de 29, 33 mg/100 g, aproximadamente la mitad del valor encontrado para el grano.

Los polifenoles ingeridos en la dieta a través de los alimentos y bebidas como frutas, verduras y vino, se absorben en el organismo apareciendo en la sangre y en los tejidos. Actúan como antioxidantes ejerciendo una acción protectora del efecto dañino de los radicales libres en el material genético y la expresión génica.

Además probablemente por algún otro mecanismo, inhiben la iniciación, promoción y progresión de tumores. (Boletín ciencia vino y salud, 2000).

Tabla N° 71. Prueba de Tukey para el contenido de polifenoles (mg/100 g) en varios ecotipos de maíz

Tipo de maíz	Cuenta	Suma	Grupos homogéneos
Amarillo	3	11,8433	X
Rojo	3	16,2533	X
Morado	3	31,01	X
Negro	3	57,8167	X

Fuente: Laboratorio de nutrición y calidad (INIAP), 2009

Los taninos son compuestos polifenólicos muy astringentes y de gusto amargo, su estructura química contribuye a la precipitación de las proteínas y tienen utilidad en curtiembre. Las plantas medicinales que contienen taninos, tradicionalmente han sido utilizadas con fines medicinales, para el

tratamiento de muchas enfermedades. Sin embargo su uso inadecuado puede inducir efectos tóxicos y desaprovechamiento de nutrientes.

Las acciones farmacológicas más interesantes de los taninos incluyen: Astringentes y por tanto anti diarreicos, vasoconstrictores, ya que se unen y precipitan las proteínas existentes en las secreciones.

- Vulnerarios.
- Antimicrobianos y anti fúngicos.
- Inhibidores enzimáticos.
- Antídotos de alcaloides y metales pesados.

Los taninos tienen propiedades antioxidantes por su capacidad para eliminar los radicales libres, previniendo la aparición de numerosas enfermedades degenerativas, entre ellas el cáncer. Entre las plantas ricas en taninos, con propiedades antioxidantes se encuentra el te verde y el orégano. (Botanical, 2007)

Además de sus propiedades medicinales, los taninos son utilizados en la industria de la cosmetología, en la industria de los alimentos, tanto en comidas como bebidas, en la industria de pinturas, tintes y barnices y en la industria de la curtiembre. (Botanical, 2007)

Los taninos se encuentran en mayor cantidad en el ecotipo de maíz negro con 82.7 mg/g, en comparación con el maíz morado (51.0 mg/g); el maíz rojo (23.1 mg/g) y el maíz amarillo con 15.6 mg/g, (Tabla N° 76). Concluyendo que el ecotipo de color negro es una buena fuente de taninos lo que eleva su valor como alimento funcional y de múltiples usos en varios campos industriales.

La coronta del ecotipo de maíz negro presenta un menor contenido, en relación a la cantidad encontrada en el grano molido.

Tabla N° 76. Prueba de Tukey para el contenido de taninos (mg/g) en varios ecotipos de maíz

Tipo de maíz	Count	Mean	Homogeneous Groups
Amarillo	3	15,5867	X
Rojo	3	23,09	X
Morado	3	50,9633	X
Negro	3	82,713	X

Fuente: Laboratorio de nutrición y calidad (INIAP), 2009

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- El almidón de los ecotipos morado y amarillo duro presenta mayores valores de amilosa con 23.49% y 22.24%, respectivamente.
- Los gránulos del almidón de maíz negro son de menor tamaño (20.57 μm , eje mayor y 17.54 μm eje menor), con respecto al maíz rojo (24.46 μm eje mayor y 18.52 μm eje menor). En contraste, para estos materiales se registró una menor temperatura de gelatinización (61°C) para ecotipos amarillo suave y duro, en comparación con los ecotipos negros (63 °C).
- Con respecto a las propiedades reológicas, sobresale la facilidad de cocimiento del ecotipo negro con 26 min., valor semejante a la harina de trigo integral, seguido por los ecotipos amarillo (29 min.), morado (31 min.) y rojo que requiere 33 min. para alcanzar la textura adecuada para el consumo, mientras que la harina de trigo de baja extracción (refinada) se cocina en 20 minutos.
- Los geles de los diferentes almidones varían en su nivel de estabilidad. El gel de harina de trigo integral es el más inestable presentando 420 U.B. de viscosidad, seguido por las harinas de los ecotipos de maíz: morado, negro, rojo y amarillo. La harina de trigo de baja extracción presentó los geles más estables (20U.B.
- Las harinas de los diferentes ecotipos de maíz, carecen de propiedades extensibles y elásticas, en contraste con la harina de trigo refinada a la cual caracterizan un índice de elasticidad de 64 U.B.; y capacidad de absorción de agua (70,5 %).
- Entre las propiedades funcionales, resalta el mayor índice de solubilidad de los ecotipos rojo (3,65) y morado (2,94), con respecto al los ecotipos amarillo suave (1,88), negro (1,85) y amarillo duro (1,72). En contraste, los ecotipos amarillos

exhibieron mayor poder de hinchamiento (2,39 para el suave y 2,30 para el duro) que los geles del maíz negro (1.07).

- Debido a su baja actividad alfa-amilasa, las harinas de maíz amarillo (441-451), rojo (392-400), negro (321-331) y morado (321-331) no son aptas para utilizarlas en panificación, pero si para la elaboración de bebidas fermentadas.
- Respecto a la calidad del aceite, en los ecotipos negro y morado predominan los ácidos grasos insaturados; con 33,42 % de ácido oleico, 50,65 % de ácido linoleico y 1,25 % de ácido linolénico para el ecotipo rojo. Los ecotipos rojo y amarillo presentaron un perfil semejante con 32.52% ácido oleico; 50.25% - 49.78% de ácido linoleico; 1.29% - 1.19% de ácido linolénico. En general, la concentración de ácido palmítico en el aceite de maíz (12%) es similar a la del aceite de soya y el doble del aceite de linaza. Mientras que el ácido oleico se encuentra en mayor concentración en el aceite de maíz que en el de soya (20%) y linaza (24%). Además se detectaron en menor concentración otros ácidos grasos de cadena larga como el behénico, araquídico, lignocérico y margárico.
- En cuanto al contenido de tocoferoles, el maíz morado presenta una mayor concentración (109,5 ppm) de α -tocoferol y α -tocotrienol (114,7 ppm), el maíz negro es rico en β -tocoferol y δ -tocotrienol (10,4 ppm); en el maíz amarillo suave sobresale el γ -tocoferol (720,4 ppm) y el δ -tocoferol. La presencia de los tocoferoles (α , γ y δ –tocotrienol), en el aceite de soya es mayor que en el de maíz, con ausencia del α , γ y δ –tocotrienol, compuestos que están presentes en cantidades significativas en el aceite de palma.
- Entre los compuestos fenólicos, en el maíz negro sobresale el contenido de antocianinas (1.81ppm), polifenoles (57.82 mg/g) y taninos (82.7 mg/g), con relación a los ecotipos morado, rojo y

amarillo, este último presentó el menor contenido de antocianinas (0.04 ppm), polifenoles (1.84 mg/100g) y taninos (1.58 mg/g).

RECOMENDACIONES

- En base a las características físicas y propiedades funcionales del almidón y aceite, componentes predominantes del grano, se recomienda fomentar la producción y el consumo del maíz “racimo de uva”, con sus ecotipos: negro, morado y rojo. Lo que contribuirá a la preservación de la biodiversidad, la seguridad alimentaria y a la valorización de este cereal.
- Se recomienda probar la utilización de los ecotipos negros en la elaboración de bebidas fermentadas.
- Probar la utilización del aceite de maíz negro, rojo o morado en el procesamiento de productos y en la alimentación humana, ya que sus propiedades y características son similares a los aceites comerciales de maíz y soya.

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1. Datos Informativos

- **Titulo:** Estudio de las propiedades reológicas y funcionales del maíz nativo “racimo de uva” *Zea mays*, L.
- **Unidad Ejecutora:** Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Laboratorios del departamento de Nutrición y Calidad.
- **Beneficiario:** productores maíz – consumidor final.
- **Equipo técnico responsable:** Egda. Victoria Mayorga, MSc. Mayra Paredes.
- **Tiempo de duración:** 6 meses.
- **Fecha estimada de inicio:** Octubre del 2009.
- **Fecha estimada de finalización:** Marzo 2010.
- **Lugar de ejecución:** Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Laboratorios del departamento de Nutrición y Calidad.

6.2. Antecedentes de la propuesta

Desde los tiempos inmemoriales los agricultores de la serranía ecuatoriana han cultivado y siguen cultivando productos alimenticios que les brinden los beneficios necesarios para su salud y bienestar. Entre estos productos tenemos al maíz nativo “racimo de uva” *Zea mays*. L. que es de especial interés debido a que posee antioxidantes naturales que se cree que puede aliviar algunas enfermedades del sistema circulatorio (disminuir la presión arterial) y reduce el riesgo de ciertos tipos de cáncer. (Callejo, 2002).

Entre los antioxidantes naturales, en el maíz negro sobresale el contenido de antocianinas (1.81ppm), polifenoles (57.82 mg/g) y taninos (82.7 mg/g), con relación a los ecotipos morado, rojo y amarillo, este último presentó el menor contenido de antocianinas (0.04 ppm), polifenoles (1.84 mg/100g) y taninos (1.58 mg/g).

Debido a esta capacidad antioxidante que posee el maíz negro se vuelve un atractivo para entrar en un mercado mucho mayor (mercado de exportación) en especial en el mercado de los productos “saludables” o “alimentos saludables”, por ejemplo como suplementos alimenticios o nutraceuticos. Logrando de esta manera despertar el interés de los investigadores en los ámbitos de la alimentación y la nutrición ya que hoy en día se buscan intensamente alimentos funcionales en casi todos los rincones del mundo y de una diversidad de plantas.(Botanical, 2007)

La propuesta del presente Proyecto se fundamenta en la revalorización de del maíz nativo “racimo de uva” mediante el estudio de sus propiedades funcionales, con la finalidad de brindar productos saludables y nutritivos que ayudaran al consumidor a prevenir enfermedades que hoy en día reducen su ciclo de vida.

6.3. Justificación

A pesar del gran valor nutricional que presenta la especie 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, funcional y cultural, fomentar su cultivo, aliviar la situación de pobreza de los pequeños agricultores y propender a su desarrollo socioeconómico.

A través de esta investigación se determinará la variabilidad natural de los ecotipos negros y/o morados, expresado en sus llamativos colores, sabores y texturas, en función de sus propiedades reológicas y funcionales. Lo que permitirá conocer las potenciales de esta especie para el desarrollo de nuevos productos y otras aplicaciones industriales, que a su vez posibiliten el fomento de su conservación “*in situ*” y “*ex situ*”, su valorización, la ampliación del cultivo, comercialización y consumo.

6.4. Objetivos

6.4.1. Objetivo General

- Resolver el problema de la utilización del maíz nativo “racimo de uva” por medio de la revalorización de sus propiedades reológicas y funcionales.

6.4.2. Objetivo Especifico

- Sugerir alimentos que pueden ser enriquecidos con harina del maíz nativo “racimo de uva” para incrementar sus propiedades reológicas y funcionales.
- Incrementar el uso de alimentos saludables que mejoren la calidad de vida de los seres humanos.
- Prevenir los problemas degenerativos mediante el consumo de maíz nativo “racimo de uva” fuente de antioxidantes y omega 3 y 6.

6.5. Análisis de factibilidad

La propuesta planteada es factible ya que al conocer las propiedades reológicas y funcionales que presenta el maíz nativo “racimo de uva” a través de este trabajo de investigación, se puede orientar su utilización en la agroindustria así como también en la industria farmacológica y cosmetológica.

También se desarrollo la tecnología de obtención de harina de maíz “racimo de uva” lo que servirá de base para la industria molinera dirigida a obtener harinas funcionales.

Finalmente se obtuvo el aceite del maíz “racimo de uva” con un método analítico, los análisis realizados comprobaron la permanencia de los ácidos grasos indispensables omega 3 y 6 en el aceite extraído, lo cual permite creer que el método puede ser reemplazado por métodos de extracción con solvente para una producción industrial.

Recursos Económicos

REACTIVOS			
	Cantidad comercio	Unidad	Costo (\$)
Etanol 95%	100	ml	35,4
Hidróxido de sodio	25	g	24,6
Ácido acético 1N	500	g	55,7
Yoduro de potasio	100	g	38,4
Yodo	50	g	26,3
Hexano	500	ml	56,6
Hidróxido de potasio en metanol 0,5 M	250	g	24,5
Ácido clorhídrico en metanol 4:1 v/v	100	ml	46
Cloroformo	500	ml	56,6
Ácido acético glacial	500	g	55,7
Tiosulfato sódico	250	g	31,7
Tetracloruro de carbono	500	ml	134,5
Dicromato potásico	25	g	24
Acido sulfúrico	100	ml	61,3
Acido acético	2,5	l	85,2
Fosfato monopotásico	500	g	53,5
Fosfato disódico	500	g	81,5

Azul de bromotimol	25	g	60,4
Ácido gálico	500	g	74
Carbonato de sodio	500	g	51
Metanol densidad 0.872 g/ml.	500	ml	19,2
Acido fosfomolibdico	500	g	316
Acido fosfórico	2,5	l	55,5
Acido tánico	250	g	29,75
n-Hexano P.A.	4	l	26
n-Hexano (HPLC)	1	l	43
γ-Tocopherol ampule	25	mg	3,8
δ-Tocopherol ampule	100	mg	0,52
Éter etílico	1	l	48,2
Cartucho para Impresora	35.00	4	140.00
CD – RW	2.50	4	10
Papel	0.03	2000	60
Tutor			130
Graduando			320
Publicación (Proyecto)			
Tesis	8.00		72
SUBTOTAL			2210,87
Imprevistos 5%			110,543
TOTAL			2321,41
Fuente de financiamiento	Porcentaje		Aporte
	100%		2321,41

Elaborado por: Victoria MAyorga,2009

6.6. Fundamentación

Los compuestos fenólicos constituyen uno de los grupos de micronutrientes presentes en el reino vegetal, siendo parte importante de la dieta tanto humana como animal. La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos

tiene interés desde un punto de vista tecnológico y nutricional. Así, los compuestos fenólicos intervienen como antioxidantes naturales de los alimentos, por lo que la obtención y preparación de alimentos con un alto contenido en estos compuestos supone una reducción en la utilización de aditivos antioxidantes, a la vez que se obtienen alimentos más saludables, que incluso pueden llegar a englobarse dentro de los alimentos funcionales. Desde un punto de vista nutricional, esta actividad antioxidante se asocia con su papel protector en las enfermedades cardiovasculares y en el cáncer así como en procesos de envejecimiento por lo que está siendo intensamente estudiado mediante ensayos "in vivo" e "in vitro".

Se podría considerar como agentes antioxidantes, a las sustancias que añadidas a los alimentos son capaces de preservar estos retardando su deterioro, ranciedad o decoloración, debido a la oxidación, y por otro los compuestos originalmente presentes en los alimentos y que como consecuencia de sus propiedades antioxidantes, tienen efectos beneficiosos para la salud.

La industria de los alimentos usa antioxidantes para prevenir el deterioro de la calidad de algunos productos, sobre todo los de alto contenido en grasas y lípidos, y mantener así su valor nutritivo.

Los antioxidantes naturales son los que posee un mayor interés, ya que son componentes naturales de los alimentos de origen vegetal, principalmente polifenoles o compuestos fenólicos, que están de forma natural en los productos iniciales, o que se forman como consecuencia de su procesado. Los flavonoides y los ácidos fenólicos son los que reciben mayor atención como agentes potenciales antioxidantes, debido fundamentalmente a su amplia presencia en un alto número de alimentos de gran consumo.

Los polifenoles son [fitoquímicos](#) de bajo peso molecular, esenciales para el ser humano. Poseen una estructura química ideal para la actividad como consumidores de radicales libres. Su propiedad como antioxidante, proviene

de su gran reactividad como donantes de electrones e hidrógenos y de la capacidad del radical formado para estabilizar y deslocalizar el electrón desapareado.

Los taninos son compuestos fenólicos hidrosolubles estos compuestos contienen un gran número de grupos hidroxilo, entre otros grupos funcionales, siendo por tanto capaces de unirse a proteínas y a otras macromoléculas.

Los taninos pueden clasificarse en dos grupos: taninos hidrolizables y no hidrolizables o taninos condensados. Los taninos condensados tienen como núcleo central un alcohol poli hídrico como la glucosa, y grupos hidroxilo que se encuentran esterificados parcial o completamente bien con el ácido gálico o bien con el ácido hexahidroxidifénico, formando los galotaninos y elagitaninos, respectivamente. Tras la hidrólisis con ácidos, bases o ciertas enzimas, los galotaninos dan glucosa y ácido gálico.

Los antocianos son colorantes naturales pertenecientes al grupo de los flavonoides. Están presentes en casi todas las plantas y en todas sus partes, sobretodo en flores y frutos (particularmente en bayas). Son pigmentos flavonólicos, tienen una estructura química adecuada para actuar como antioxidantes, pueden donar hidrógenos, o electrones a los radicales libres o bien atraparlos y desplazados en su estructura aromática. (Kuskoski, 2004)

Para valorar la importancia nutricional de este amplio grupo de compuestos es necesario conocer no solo la concentración de ellos en los alimentos, sino también su biodisponibilidad y mecanismo de acción, así como su posible sinergismo o antagonismo con otros componentes de la dieta o del organismo humano. El estudio de todos estos aspectos constituye actualmente un amplio campo de investigación por desarrollar.

Los ácidos grasos omega -3 (ácido linolénico) son un tipo de grasa polinsaturada esencial. Al igual que los ácidos grasos omega-6 (ácido

linoleico) son insaturados porque poseen en su molécula dobles enlaces entre sus átomos de carbono y son esenciales por qué no puede producirlos el organismo, por lo que deben obtenerse de los alimentos.

Entre los beneficios que brinda los omegas al ser humano tenemos:

1. Presenta propiedades beneficiosas para el aparato circulatorio
2. Propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias
3. Dolores en la menstruación, ayuda a la salud mental, a la piel y durante el embarazo.

6.7. Metodología. Modelo operativo

Cuadro Nº 11. Modelo operativo

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
Formulación de la propuesta	Identificar la importancia que presenta la utilización del maíz nativo en la elaboración de productos alimenticios saludables	Revisión bibliográfica	Investigadora	Humanos, Materiales, Económicos		1
Desarrollo preliminar de la propuesta	Procesar la propuesta en su totalidad	Obtención de harina a partir del maíz nativo racimo de uva	Investigadora	Humanos, Materiales, Económicos		2
Implementación de la propuesta	Ejecutar la propuesta	Caracterización de los compuestos fenólicos del maíz nativo	Investigadora	Humanos, Materiales, Económicos		1
Evaluación de la propuesta	Valorar los compuestos fenolicos	Análisis estadísticos	Investigadora	Humanos, Materiales, Económicos	Total: 2341.41	2

Elaborado por: Victoria Mayorga, 2009

6.8. Administración

Cuadro N° 12. Administración de la propuesta

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsable
Alimentos existentes destinados a mejorar la calidad de vida del ser humano	Desconocimiento de la composición química y funcional del maíz nativo “racimo de uva ”	Obtener un producto con características antioxidantes sin perder sus propiedades nutritivas.	Aplicación de pruebas analíticas que determinen la existencia de los compuestos antioxidantes	Investigador

Elaborado por: Victoria Mayorga, 2009

6.9 Previsión de la evaluación

Cuadro N° 13. Previsión de la evaluación

Preguntas básicas	Explicación
¿Quién solicita evaluar?	Consumidores
¿Por qué evaluar?	Para rescatar su valor nutricional, funcional, cultural y fomentar en cultivo del maíz nativo “racimo de uva”
¿Qué evaluar?	La capacidad antioxidante su bio disponibilidad y mecanismo de acción.
¿Quién evalúa?	Investigador
¿Cuándo evaluar?	Antes y después de obtener el producto final
¿Como evaluar?	Mediante pruebas analíticas
¿Con qué evaluar?	Con alimentos que presenta capacidad antioxidante y su efecto en el ser humano.

Elaborado por: Victoria Mayorga,2009

ANEXO 1

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

CONTENIDO DE AMILOSA Y AMILOPECTINA EN EL ALMIDÓN DE VARIOS ECOTIPOS DE MAÍZ

Tabla N° 23. Absorbancia y gramos de solución de los diferentes ecotipos de maíz

Maíces	g de solución	ABS.(620 nm)		
Negro	0,542	0,675	0,673	0,67
Amarillo suave	0,528	0,6200	0,619	0,621
Rojo	0,540	0,636	0,632	0,635
Morado	0,533	0,702	0,709	0,704

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Formula para el calculo del valor azul

$$\text{Valor azul} = \frac{\text{Abs} * 100}{2 * \text{g de solución} * \text{mg de almidón}}$$

Ejemplo de calculo del valor azul para el maíz negro

$$\text{Valor azul} = \frac{\text{Abs} * 100}{2 * \text{g de solución} * \text{mg de almidón}}$$

$$\text{Valor azul} = \frac{0.675 * 100}{2 * 0.542 * 80}$$

$$\text{Valor azul} = 0.78$$

Cálculo del contenido de amilosa (%)

$$\text{Valor azul} = 28.414 * \text{Valor azul}$$

$$\% \text{ de Amilosa} = 28.414 * 0.78$$

$$\% \text{ de Amilosa} = 22.12$$

Tabla N° 24. Valor azul y contenido de amilosa (%) en el almidón de varios ecotipos de maíz

Tipo	Valor azul			Amilosa (%)			Promedio
Negro	0,78	0,78	0,77	22,12	22,05	21,95	22,04
Rojo	0,73	0,73	0,74	20,85	20,82	20,89	20,85
Amarillo (suave)	0,74	0,73	0,73	20,92	20,78	20,88	20,86
Morado	0,82	0,83	0,83	23,39	23,62	23,46	23,49
Amarillo Duro	0,81			22,28	22,19	22,25	22,24

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Ejemplo de cálculo para determinar el contenido de amilopectina (%)

$$\% \text{ de Amilopectina} = 100 - \% \text{ Amilosa}$$

$$\% \text{ de Amilopectina} = 100 - 22.12$$

$$\% \text{ de Amilopectina} = 77.88$$

Tabla N° 25. Datos experimentales del contenido de amilopectina en el almidón de varios ecotipos de maíz

Tipo		Amilopectina (%)		Promedio
Negro	77.88	77.95	78.05	77.96
Amarillo (suave)	79.15	79.18	79.11	79.14
Rojo	79.08	79.22	79.12	79.14
Morado	76.61	76.38	76.54	76.51
Amarillo (duro)	77.72	77.81	77.75	77.76

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Datos Estadísticos

Tabla N° 26. Análisis de varianza para el contenido de amilosa en el almidón de varios ecotipos de maíz

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	14,5211	4	3,63027	610,47	0,0000
Error	0,0594667	10	0,00594667		
Total (Corr.)	14,5805	14			

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Prueba de rango múltiple para el contenido de amilosa de varios ecotipos de maíz.

Tabla N° 27. Prueba de Tukey para el contenido de amilosa en el almidón de varios ecotipos de maíz

Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
Amarillo suave	3	20,85	X
Rojo	3	20,86	X
Negro	3	22,04	X
Amarillo duro	3	22,24	X
Morado	3	23,49	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Tabla N° 28 Análisis de varianza para el contenido de Amilopectina en el almidón de varios ecotipos de maíz

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	14,5211	4	3,63027	610,47	0,0000
Within groups	0,0594667	10	0,00594667		
Total (Corr.)	14,5805	14			

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Tabla N° 29 Prueba de Tukey para el contenido de amilopectina en el almidón de varios ecotipos de maíz

Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
Morado	3	76,51	X
Amarillo duro	3	77,76	X
Negro	3	77,96	X
Rojo	3	79,14	X
Amarillo suave	3	79,14	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

TAMAÑO Y APARIENCIA MICROSCOPICA DE LOS GRANULOS DE ALMIDÓN

Tabla N° 30 Tamaño y forma de gránulo de almidón en cinco ecotipos de maíz

Maíces	Eje mayor (micras)	Eje menor (micras)	Forma
Negro	20,57	17,545	Redondos
Morado	21,2	18,31	Redondos
Rojo	21,64	18,52	Redondos
Amarillo suave	21,4	18,87	Redondos
Amarillo duro	21,44	17,8	Redondos

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

* Promedio de 10 mediciones para cada tipo de maíz

TEMPERATURA INICIAL DE GELATINIZACIÓN

Datos Experimentales

Tabla N° 31. Temperatura inicial de gelatinización del almidón de cinco ecotipos de maíz

Maíces	Temp. Inicial gelatinización
Amarillo suave	61,0333
Amarillo duro	61,3667
Morado	62,2667
Negro	63,2667
Rojo	63,3333

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Datos Estadísticos

Tabla N° 32. Análisis de varianza para la temperatura inicial de gelatinización del almidón en cinco ecotipos de maíz

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	13,404	4	3,351	2,91	0,0780
Within groups	11,5333	10	1,15333		
Total (Corr.)	24,9373	14			

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Prueba de rango múltiple para la temperatura inicial de gelatinización del almidón en varios ecotipos de maíz.

Tabla N° 33. Prueba de Tukey para la temperatura de gelatinización (°C) del almidón en varios ecotipos de maíz

Tipos de maíz	Count	Mean (°C)	Homogeneous Groups
Amarillo suave	3	61,0333	X
Amarillo duro	3	61,3667	X
Morado	3	62,2667	X
Negro	3	63,2667	X
Rojo	3	63,3333	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

ANEXO 2

PROPIEDADES REOLOGICAS

COMPORTAMIENTO AMILOGRAFICO

Tabla N° 34. Interpretación de las curvas de viscosidad Brabender para el almidón de varios ecotipos de maíz

Calentamiento: 1.5 °C/min.

Lapso de calentamiento: a 89°C : 20 min.

Almidón	Mg (min)	V.max (U:B:)	Mm (min)	Vr (U.B)	Ve. (U.B.)	T.i.gel. Tg °C	Fac.cocc	Inest. Del gel	Ind. Gelif.
							Mm – Mg	Vm - Vr	Ve - Vr
Rojo	20	740	53	680	740	71	33	60	60
Amarrillo suave	20	2000	49	1920	2760	71	29	80	840
Negro	20	1480	46	1400	1540	71	26	80	140
Morado	20	1470	51	1380	1680	71	31	90	300
Trigo nacional	20	1740	46	1320	1660	65	26	420	340

Fuente: Escuela Politécnica Nacional (DECAB), 2009

Donde:

Tg: temperatura a la cual comienza un brusco ascenso en la viscosidad

Mg: minutos en la que se alcanza la temperatura Tg.

Vm: viscosidad máxima durante el calentamiento

Mm: minutos en los que se alcanza la viscosidad máxima Vm

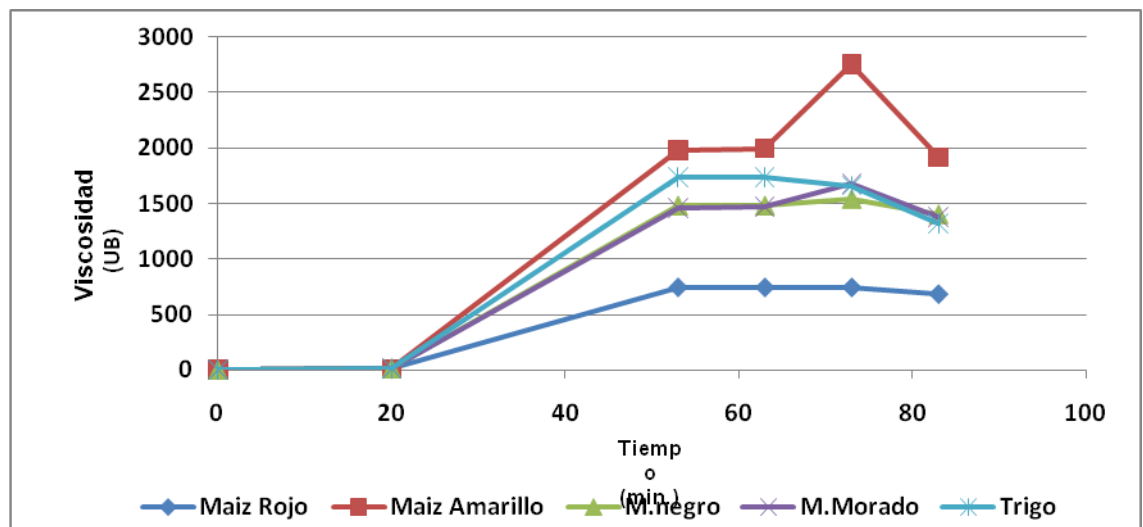
Vr: viscosidad después de 20 min. a 89°C

Ve: viscosidad al enfriar a 79 °C

Fac.cocc: Facilidad de cocción

Inest: inestabilidad del gel

Figura N° 4. Amilograma del almidón de varios ecotipos de maíz



Fuente: Laboratorios de Nutrición y Calidad, 2009

COMPORTAMIENTO FARINOGRAFICO

Tabla N° 35. Farinograma para diferentes harinas de trigo

Muestras	Humedad (%)	Peso (g)	A (%)	Tiempo minutos		IT (UB)	EI (UB)
				Amasado	Estabilidad		
Harina integral de trigo	14,3	300	59,5	2,5	2,0	30	62
Harina comercial de trigo	9,1	300	70,5	4,0	1,0	80	64

Fuente: Escuela Politécnica Nacional (DECAB), 2009

Donde:

A: absorción de agua

E: estabilidad

IT: índice de tolerancia al amasado

EI: índice de elasticidad

COMPORTAMIENTO EXTENSOGRAFICO

Tabla N° 36. Extensograma para diferentes harinas de trigo

				Extensibilidad	Resistencia		IE
			A	(mm)	U.B.		(b/a)
Muestras	Humedad (%)	Peso (g)	(%)	(a)	a 5 cm (b)	Max.	
Harina trigo comercial	14,83	300	59,5	165	560	810	3,4
Harina trigo integral	9,1	300	70,5	92	140	240	1,5

Fuente: Escuela Politécnica Nacional (DECAB), 2009

Donde:

A: absorción de agua

E: extensibilidad

R.E: resistencia a la extensibilidad

b/a: Razón entre la resistencia a la extensibilidad y la extensibilidad

ANEXO 3

PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN

SOLUBILIDAD (%)

Datos experimentales

Tabla N°37. Solubilidad del almidón de varios ecotipos de maíz

Maíces	Solubilidad (%)			Promedio
Negro	1,923	1,709	1,923	1,852
Morado	2,521	2,521	3,782	2,941
Rojo	3,655	3,655	3,655	3,655
Amarillo suave	1,958	1,740	1,958	1,885
Amarillo duro	1,6	1,98	1,58	1,72

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, 2009

Formula para la solubilidad (%)

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{peso del almidón soluble} * 400}{\text{peso muestra (base seca)}}$$

Ejemplo de cálculo

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{0.009 * 400}{2.851 - 0.979}$$

$$\% \text{ Solubilidad} = 1.923$$

Tabla N° 38. Poder de hinchamiento del almidón de varios ecotipos de maíz

Procedencia del almidón	Poder de hinchamiento			Promedio
Maíz Negro	1,047	1,021	1,149	1,072
Maíz Morado	2,612	2,053	1,682	2,116
Maíz Rojo	2,083	2,083	2,258	2,142
Maíz Amarillo suave	2,321	2,321	2,543	2,395
Maíz Amarillo duro	2,27	2,35	2,29	2,303

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Formula para el calcular el poder de hinchamiento del almidón

$$P.H. = \frac{\text{peso del sedimento}}{\text{peso muestra (base seca)} * (100 - \% \text{ Solubilidad})} * 100$$

Ejemplo de cálculo

$$P.H. = \left[\frac{1.922}{(2.581 - 0.979)(100 - 1.923)} \right] * 100$$

$$P.H. = \left[\frac{1.922}{1.872 * 98.077} \right] * 100$$

$$P.H. = 1.047$$

Datos Estadísticos

Tabla N° 39. Análisis de varianza para la solubilidad del almidón de varios ecotipos de maíz

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	3,78071	4	0,945177	18,71	0,0001
Within groups	0,505067	10	0,0505067		
Total (Corr.)	4,28577	14			

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Tabla N° 40. Prueba de Tukey para la solubilidad del almidón de varios ecotipos de maíz

Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
Negro	3	1,85	X
Morado	3	2,94	X
Rojo	3	3,65	X
Amarrillo suave	3	1,89	X
Amarillo Duro	3	1,72	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Tabla N° 41. Análisis de varianza para el poder de hinchamiento del almidón de varios ecotipos de maíz

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	8,64623	4	2,16156	17,69	0,0002
Within groups	1,22167	10	0,122167		
Total (Corr.)	9,86789	14			

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Prueba de rango múltiple para el poder de hinchamiento del almidón de varios tipos de maíz

Tabla N°42. Prueba de Tukey para el poder de hinchamiento del almidón de varios ecotipos de maíz

Procedencia del almidón	Count	Mean	Homogeneous Groups
Negro	3	1,07	X
Morado	3	2,12	X
Rojo	3	2,14	X
Amarrillo suave	3	2,39	X
Amarillo duro	3	2,30	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

ANEXO 4

ACTIVIDAD ENZIMATICA

Tabla N°43. Falling number (s) en harinas de diferentes ecotipos de maíz

Harinas	Falling number (s)
Amarillo	441- 451
Rojo	392 - 400
Morado	364 - 354
Negro	321- 331

Fuente: GRANOTEC, 2009

ANEXO 5

PROPIEDADES QUÍMICAS DEL ACEITE DE MAÍZ

CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS

Datos Estadísticos

Tabla N°44. Perfil de Ácidos Grasos de varios aceites

Maíz Amarillo		Maíz Negro	
Ácidos grasos	%	Ácidos grasos	%
Palmítico	12,421	Palmítico	13,0376
Esteárico	2,1116	Margárico	0,0735
Oleico	34,8341	Esteárico	1,9564
Linoleico (C18:3),ω6	48,6195	Oleico	32,521
Araquídico	0,3785	Linoleico	50,2505
Linolenico (18:3),ω3	1,2344	Araquídico	0,3993
Behénico	0,1395	Linolenico	1,2962
Lignocérico	0,1676	Behénico	0,1275
		Lignocérico	0,1814
Total	99,9062	Total	99,8434
Maíz Rojo		Maíz Morado	
Ácidos grasos	%	Ácidos grasos	%
Palmítico	11,8291	Palmítico	13,4962
Esteárico	2,1673	Esteárico	2,1681
Oleico	33,4205	Oleico	32,5294
Linoleico	50,6529	Linoleico	49,7841
Araquídico	0,3795	Araquídico	0,4044
Linolénico	1,2599	Linolenico	1,1929
Behénico	0,1468		
Lignocérico	0,144		
Total	100	Total	99,9999

Linaza		Soya	
Ácidos grasos	%	Ácidos Grasos	%
Palmítico	6,621	Palmítico	12,4451
Esteárico	4,0993	Esteárico	3,2946
Oléico	24,0838	Oléico	19,9803
Linoleico	18,6808	Linoleico	55,6959
Araquídico	0,2394	Araquídico	0,3421
Linolenico	44,9037	Linolenico	6,4982
Behénico	0,2821	Behénico	0,3072
Lignocérico	0,1237		
Total	99,625	Total	99,9999

Fuente: La FABRIL, S.A., 2009

INDICE DE PEROXIDO

Datos experimentales

Tabla Nº 45 Índice de peróxido (mEq/g) de varios aceites

Procedencia del aceite	Índice de peróxido (mEq/kg)			Promedio
Maíz negro	1,764	2,042	1,671	1,83
Maíz morado	4,711	4,832	5,074	4,87
Maíz rojo	1,269	1,396	1,269	1,31
Maíz amarillo suave	3,940	4,483	4,075	4,17
Soya	2,74	2,82	2,78	2,78

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Formula para el cálculo del Índice de Peróxido en el aceite de Maíz Negro

$$I.P. = \frac{V * N * 1000}{P}$$

Donde:

V = tiosulfato, en ml, consumidos en la valoración.

N = normalidad de la disolución de tiosulfato.

P = peso, en g, de la muestra tomada para la determinación.

Ejemplo de cálculo

$$I.P. = \frac{1.9 * 0.0018 * 1000}{1.939}$$

$$I.P. = 1.939$$

Datos Estadísticos

Tabla Nº 46. Análisis de varianza para el índice de peróxido de varios aceites vegetales

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	27,4324	14	6,85809	216,95	0,0000
Within groups	0,316113	10	0,0316113		
Total (Corr.)	27,7485	14			

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Prueba de rango múltiple para el índice de peróxido de varios aceites vegetales

Tabla N° 47. Prueba de Tukey para el índice de peróxido de varios aceites vegetales

Procedencia del aceite	Count	Mean (mEq/kg)	Homogeneous Groups
Rojo	3	1,31133	X
Negro	3	1,82567	X
Soja	3	2,77933	X
Amarillo suave	3	4,166	X
Morado	3	4,87233	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

ÍNDICE DE ACIDEZ

Datos experimentales

Tabla Nº 48. Índice de Acidez de diferentes aceites vegetales

Procedencia del aceite	Índice de Acidez (mg KOH/g)			Promedio
Maíz Negro	3,644	3,568	3,533	3,582
Maíz Morado	2,958	3,315	3,128	3,134
Maíz Rojo	3,393	3,361	3,461	3,403
Maíz Amarillo suave	3,807	3,051	3,754	3,537
Soya	0,182	0,182	0,182	0,182

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Formula para el cálculo del Índice de Acidez en Maíz Negro

$$I.P. = \frac{56.1 * V * N}{P}$$

Donde:

V = Volumen en ml, de la solución etanólica de KOH, consumidos en la valoración.

N = normalidad exacta de la solución de KOH utilizada.

P = peso en g de la muestra tomada para la determinación.

Ejemplo de cálculo

$$I.P. = \frac{56.1 * 6.5 * 0.05}{5.0031}$$

I.P. = 3.64

Tabla N° 49. Análisis de Varianza para Índice de Acidez (mg KOH/g)

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	25,4315	14	6,35786	146,7	0,0000
Within groups	0,4334	10	0,04334		
Total (Corr.)	25,8649	14			

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP). 2009

Prueba de rango múltiple para el índice de acidez de varios aceites

Tabla N° 50. Prueba de Tukey para el índice de acidez de varios aceites vegetales

Procedencia del aceite	Count	Mean (mg KOH/g)	Homogeneous Groups
Soja	3	0,182	X
Maíz Morado	3	3,13667	X
Maíz Rojo	3	3,40333	X
Maíz Amarillo suave	3	3,53667	X
Maíz Negro	3	3,58	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

INDICE DE SAPONIFICACIÓN

Datos Experimentales

Tabla N° 51. Índice de Saponificación (mg KOH/g) de varios aceites vegetales

Procedencia del aceite	Índice de Saponificación (mg KOH/g)			Promedio
Maíz negro	187,3	187,3	188,7	188
Maíz morado	186,8	186,6	187,3	187
Maíz rojo	185,9	185,8	185,9	186
Maíz amarillo suave	188,5	188,7	188,7	189
Soya	188,6	188,6	188,5	189

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Formula para el cálculo del Índice de Saponificación del aceite de Maíz Negro

$$I.P. = \frac{56.11 * N(V * V')}{P}$$

Donde:

V = volumen, en ml, de solución de HCl 0.5N utilizados en la prueba en blanco.

V' = volumen, en ml, de solución de HCl 0.5N utilizados en el ensayo.

N = normalidad exacta de la solución de ácido clorhídrico utilizado.

P = peso, en g, de la muestra de grasa.

Ejemplo de cálculo

$$\text{Índice Saponificación} = \frac{56.11 * 0.5 * (13.8 - 0.2)}{2.037}$$

$$\text{Índice Saponificación} = 187.308$$

Datos Estadísticos

Tabla N° 52. Análisis de Varianza para el índice de Saponificación de varios aceites vegetales

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	16,3853	4	4,09633	25,93	0,0000
Within groups	1,57987	10	0,157987		
Total (Corr.)	17,9652	14			

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Prueba de rango múltiple para el índice de saponificación de varios aceites vegetales

Tabla N° 53. Prueba de Tukey para el índice de saponificación (mg KOH/g) de varios aceites vegetales

Procedencia del aceite	Count	Mean	Homogeneous Groups
Maíz Rojo	3	185,883	X
Maíz Morado	3	186,897	X
Maíz Negro	3	187,77	X
Soya	3	188,557	X
Maíz Amarillo suave	3	188,643	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

ÍNDICE DE YODO

Datos Experimentales

Tabla N° 54. Índice de Yodo (wijs) de varios aceites vegetales

Procedencia del aceite	Índice de Yodo (wijs)			Promedio
Maíz negro	111,1	111,1	116,3	112,8
Maíz morado	116,4	114,7	112,4	114,50
Maíz rojo	109,4	111,7	112,9	111,34
Maíz amarillo suave	109,2	111,4	109,2	109,96
Soya	122,415	122,424	120,635	121,82

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Formula para el cálculo del Índice de Yodo

$$\text{Índice de Yodo} = \frac{12.69 * N (V - V')}{P}$$

Donde:

P = peso en g de la muestra

V = volumen, en ml, de la solución de tiosulfato sódico 0.1 N utilizados el ensayo en blanco.

V' = volumen, en ml, de la solución de tiosulfato sódico 0.1N utilizados para la materia grasa.

N = normalidad de la solución de tiosulfato sódico utilizada.

Ejemplo de cálculo

$$\text{Índice de Yodo} = \frac{12.69 * 0.1 * (36.7 - 17.4)}{0.2205}$$

$$\text{Índice de Yodo} = 111.1$$

Tabla Nº 55. Análisis de Varianza para el Índice de Yodo de varios aceites vegetales

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	258,929	4	64,7323	17,39	0,0002
Within groups	37,2151	10	3,72151		
Total (Corr.)	296,144	14			

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Prueba de rango múltiple para el índice de yodo de varios aceites vegetales.

Tabla N° 56. Prueba de Tukey para el índice de yodo de varios aceites vegetales

Procedencia del aceite	Count	Mean	Homogeneous Groups
Maíz Amarillo suave	3	109,963	X
Maíz Rojo	3	111,337	X
Maíz Negro	3	112,797	X
Maíz Morado	3	114,503	X
Soya	3	121,827	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

MATERIA INSAPONIFICABLE

Datos Experimentales

Tabla N° 57. Materia Insaponificable (%) para varios aceites vegetales

Procedencia del aceite	Materia Insaponificable (%)			Promedio
Maíz negro	1,66	1,62	1,66	1,65
Maíz morado	1,49	1,57	1,65	1,57
Maíz rojo	1,45	1,53	1,53	1,50
Maíz amarillo suave	1,46	1,50	1,42	1,46
Soya	0,32	0,36	0,32	0,33

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad,(INIAP) 2009

Formula para el cálculo del Materia Insaponificable

$$\text{Materia Insaponificable} = \frac{100 * P'}{P}$$

Donde:

P' = peso en g del residuo.

P = peso en g de la muestra.

Ejemplo de cálculo

$$\text{Materia Insaponificable} = \frac{100 * 0.042}{2.53}$$

$$\text{Materia Insaponificable} = 1.66$$

Datos Estadísticos

Tabla N° 58. Análisis de Varianza para la Materia Insaponificable de varios aceites vegetales

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	3,58329	4	0,895823	399,92	0,0000
Within groups	0,0224	10	0,00224		
Total (Corr.)	3,60569	14			

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad,(INIAP) 2009

Prueba de rango múltiple para la materia insaponificable de varios aceites vegetales

Tabla N° 59. Prueba de Tukey para la materia insaponificable (%) de varios aceites vegetales

Procedencia del aceite	Count	Mean	Homogeneous Groups
Soya	3	0,3333	X
Maíz Amarillo suave	3	1,46	X
Maíz Rojo	3	1,50333	X
Maíz Morado	3	1,57	X
Maíz Negro	3	1,64667	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

ÍNDICE DE COLOR

Datos Experimentales

Tabla Nº 60. Índice de Color para diferentes aceites vegetales

Procedencia del aceite	INDICE DE COLOR (ABT)
Maíz Negro	25 (7)
Maíz Morado	0 (6)
Maíz Rojo	75 (6)
Maíz Amarillo	50 (5)
Soya	25 (6)

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

TOCOFEROLES

Datos Experimentales

Tabla N° 61. Contenido de tocoferoles (ppm) para diferentes aceites vegetales

	Palma FABRIL	Maíz Amarillo suave	Maíz Rojo	Maíz Negro	Maíz Morado	Soya
α-Tocoferol acetato	0	0	0	0	0	0
α-Tocoferol	192,8	104,5	104,1	71,5	109,5	364
α-T3	176,3	88,4	91,7	52,6	114,7	0
β-T	10,6	0	0	181,9	15,5	88,4
γ-T	12,1	720,4	549,7	0	285,6	1031,7
γ-T3	287,4	0	0	0	0	0
δ-T	2,4	24,5	12,9	9	10,2	551,3
δ-T3	49	6,8	5,7	10,4	7	0

Fuente: La Fabril S, A. 2009

* Los resultados obtenidos se expresan (ppm)

ANEXO 6

COMPUESTOS FENOLICOS

ANTOCIANINAS

Datos Experimentales

Tabla N° 62. Contenido de Antocianinas (Abs), en diferentes ecotipos de maíz

Tipo maíz	Repeticiones			Promedio
Negro	1,434	1,925	2,073	1,81
Morado	0,34	0,31	0,358	0,34
Rojo	0,411	0,043	0,054	0,17
Amarillo suave	0,04	0,036	0,049	0,04

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Tabla N° 63. Contenido de Antocianinas (Abs.) en la coronta del maíz negro

Repeticiones	Absorbancia
1	0,032
2	0,03
3	0,33
4	0,035
Promedio	0,11

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Datos Estadísticos

Tabla N° 64. Análisis de Varianza para el contenido de Antocianinas en varios ecotipos de maíz

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	6,09651	3	2,03217	51,99	0,0000
Within groups	0,312698	8	0,0390872		
Total (Corr.)	6,40921	11			

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Prueba de rango múltiple para el contenido de antocianinas de varios tipos de maíz

Tabla N° 65. Prueba de Tukey para el contenido de antocianinas de varios ecotipos de maíz

Tipo de maíz	Count	Mean	Homogeneous Groups
Amarillo	3	0,04166	X
Rojo	3	0,1693	X
Morado	3	0,336	X
Negro	3	1,81067	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

POLIFENOLES

Datos Experimentales

Tabla N° 66. Determinación de Polifenoles (mg/100 g), en diferentes ecotipos de maíz

Repeticiones	NEGRO	MORADO	ROJO	AMARILLO
1	58,51	28,82	16,74	11,53
2	58,30	32,47	15,70	12,26
3	56,64	31,74	16,32	11,74
Promedio	57,82	31,01	16,25	11,84

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Formula para el cálculo del contenido de Polifenoles

$$mg \text{ polifenoles}/100g = \left(\frac{LR \left(\frac{ug}{ml} \right) * V(ml) * FD * 10^{-3} \left(\frac{mg}{ug} \right)}{Pm(g)} \right) * 100$$

Donde:

Donde:

Abs= absorbancia a 765 nm

LR = concentración de polifenoles en ug/ml

V = volumen de la solución que da la absorbancia a 760 nm (100 ml)

FD = factor de dilución (1)

Pm = peso de la muestra (1 gramo)

Tabla Nº 67. Datos para la curva de calibración de polifenoles

CONC.(ppm)	ABS.
5	0,1142
10	0,1582
40	0,4453
80	0,8331
100	1,0255

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Gráfico Nº 1 Curva de calibración para Polifenoles

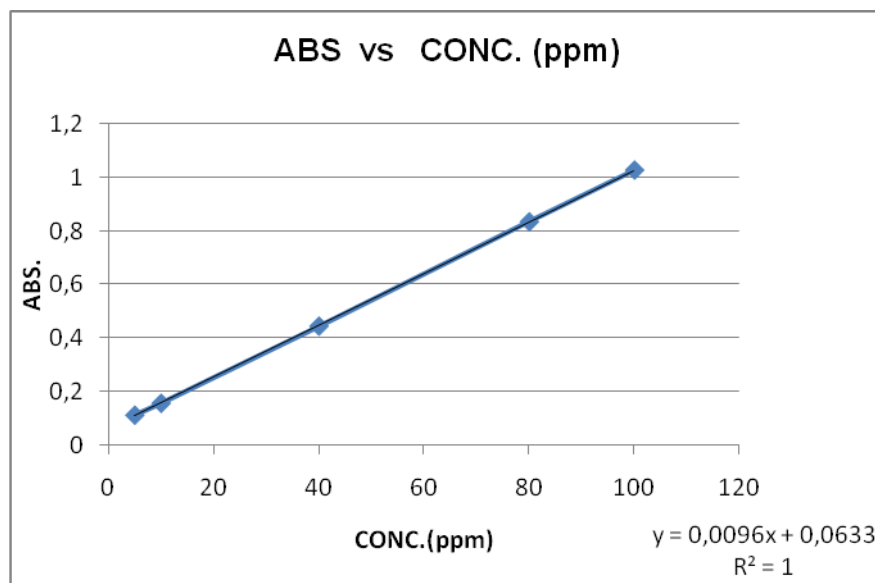


Tabla N°68. Datos obtenidos para la determinación de Polifenoles en varios ecotipos de maíz

	Maíces			
Repeticiones	NEGRO	MORADO	ROJO	AMARILLO
1	0,625	0,34	0,224	0,174
2	0,623	0,375	0,214	0,181
3	0,607	0,368	0,22	0,176
Promedio	0,62	0,36	0,22	0,18
CALCULO DE CONCENTRACIONES *				
1	58,51	28,82	16,74	11,53
2	58,30	32,47	15,70	12,26
3	56,64	31,74	16,32	11,74
Promedio	57,82	31,01	16,25	11,84
CONTENIDO DE POLIFENOLES (mg/100 g)				
1	58,51	28,82	16,74	11,53
2	58,30	32,47	15,70	12,26
3	56,64	31,74	16,32	11,74
Promedio	57,82	31,01	16,25	11,84

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

* ug/ml=ppm

Tabla N°69. Datos obtenidos para la determinación de Polifenoles en la coronta del maíz negro

	Muestras
	Lecturas
Repeticiones	NEGRO
1	0,195
2	0,1661
3	0,1661
Promedio	0,18
CALCULO DE CONCENTRACIONES	
*	
Repeticiones	concentración
1	14,57
2	11,40
3	11,40
Promedio	12,45
CALCULO DE polifenoles	
(mg/100 g)	
Repeticiones	NEGRO
1	14,57
2	11,40
3	11,40
Promedio	12,45

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Para el cálculo del contenido de polifenoles en la tuza se procede igual que para la determinación en la harina, haciendo uso de la curva estándar de calibración.

Ejemplo de cálculo:

Calculo de la concentración de polifenoles con los datos de la curva de calibración

$$(Abs) = K1(C) + K0$$

$$(C) = \frac{Abs - K0}{K1}$$

$$(C) = \frac{0.625 - 0.0633}{0.0096}$$

$$(C) = 58.51mg/100$$

Calculo del contenido de polifenoles en mg/100g con las lecturas obtenidas en el Espectrofotómetro

$$mg \text{ polifenoles}/100 = \left(\frac{58.51 \left(\frac{ug}{ml} \right) * 100(ml) * 1 * (1/10^3 \left(\frac{mg}{ug} \right))}{1(g)} \right) * 100$$

$$mg \text{ polifenoles}/100g = 58.51$$

Datos Estadísticos

Tabla N° 70. Análisis de Varianza para el contenido de polifenoles en varios ecotipos de maíz

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	3873,17	3	1291,06	994,13	0,0000
Within groups	10,3894	8	1,29867		
Total (Corr.)	3883,56	11			

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Prueba de rango múltiple para el contenido de polifenoles en varios ecotipos de maíz

Tabla N° 71. Prueba de Tukey para el contenido de polifenoles (mg/100 g) en varios ecotipos de maíz

Tipo de maíz	Count	Mean	Homogeneous Groups
Amarillo	3	11,8433	X
Rojo	3	16,2533	X
Morado	3	31,01	X
Negro	3	57,8167	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

TANINOS

Datos experimentales

Tabla N° 72. Datos para la curva de calibración de Taninos

CONC.	ABS.(ppm)
100	0,1422
200	0,2286
300	0,2909
400	0,3818
800	0,6706
1000	0,8637

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Grafico N° 2. Curva de calibración para
Taninos

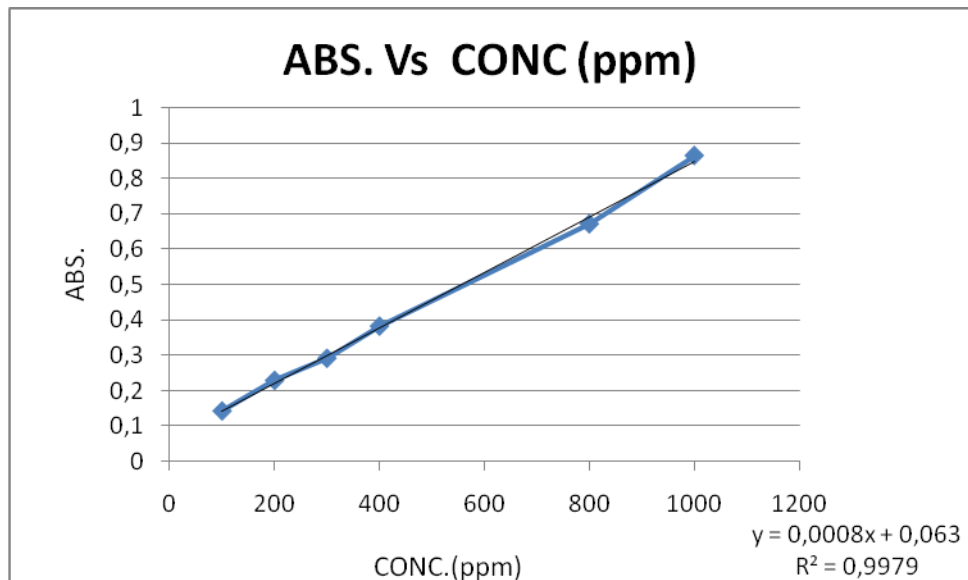


Tabla N° 73. Datos obtenidos para la determinación de Taninos (mg/g,) en diferentes ecotipos de maíz

	Muestras			
	Lecturas			
Repeticiones	NEGRO	MORADO	ROJO	AMARILLO
1	0,671	0,466	0,236	0,189
2	0,746	0,475	0,268	0,187
3	0,758	0,472	0,24	0,188
Promedio	0,73	0,47	0,25	0,19
CALCULO DE CONCENTRACIONES (ppm)				
1	759,63	503,38	215,88	157,13
2	853,38	514,63	255,88	154,63
3	868,38	510,88	220,88	155,88
Promedio	827,13	509,63	230,88	155,88
CALCULO DE TANINOS (mg ácido tánico/g)				
1	75,96	50,34	21,59	15,71
2	85,34	51,46	25,59	15,46
3	86,84	51,09	22,09	15,59
Promedio	82,71	50,96	23,09	15,59

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Tabla N° 74. Datos obtenidos para la determinación de Taninos en la coronta del maíz negro

	Muestras
	Lecturas
Repeticiones	NEGRO
1	0,331
2	0,324
3	0,35
Promedio	0,34
CALCULO DE CONCENTRACIONES (ppm)	
Repeticiones	NEGRO
1	334,63
2	325,88
3	358,38
Promedio	339,63
CALCULO DE TANINOS (mg ácido tánico/g)	
Repeticiones	NEGRO
1	33,46
2	32,59
3	35,84
Promedio	33,96

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Para el cálculo del contenido de taninos en la tuza se procede igual que para la determinación en la harina, haciendo uso de la curva estándar de calibración.

Ejemplo de cálculo:

Calculo de la concentración de taninos para el maíz negro (ug /ml) a partir de los datos obtenidos con la curva de calibración

$$(Abs) = K1(C) + K0$$

$$(C) = \frac{Abs - K0}{K1}$$

$$(C) = \frac{0.671 - 0.0633}{0.0008}$$

$$(C) = 759.63mg/100g$$

Calculo del contenido de taninos en maíz negro (mg/g) con los datos obtenidos mediante la lectura en el Espectrofotómetro

$$mg \text{ polifenoles/g} = \left(\frac{(759.63 \left(\frac{ug}{ml}\right) * 10(ml) * \left(\frac{10ml}{1ml}\right)) / (1/10^3 \left(\frac{mg}{ug}\right))}{1(g)} \right)$$

$$mg \text{ polifenoles/g} = 75.96$$

Datos Estadísticos

Tabla Nº 75. Análisis de Varianza para el contenido de taninos (mg/g) en varios ecotipos de maíz

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	8365,21	3	2788,4	280,06	0,0000
Within groups	79,6513	8	9,95641		
Total (Corr.)	8444,87	11			

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

Prueba de rango múltiple para el contenido de taninos en varios tipos de maíz

Tabla Nº 76. Prueba de Tukey para el contenido de taninos (mg/g) en varios ecotipos de maíz

Tipo de maíz	Count	Mean	Homogeneous Groups
Amarillo	3	15,5867	X
Rojo	3	23,09	X
Morado	3	50,9633	X
Negro	3	82,713	X

Fuente: Laboratorio de Nutrición y Calidad, (INIAP) 2009

BIBLIOGRAFIA

1. Bernardini, E; Baquero, F. 1986. Tecnología de aceites y grasas. Editorial Alhambra Mexivana. S.A. de C.V. Impreso en España. Pp. 85-96.
2. Callejo, M. J. 2002. Industrias de Cereales y derivados. Madrid-España. Editorial Mundi-Prensa libros, S.A. Impreso Iragra, S.A., Bárdala. Pp. 18-19.
3. Cueto, B; Pérez, E; 2007. Propiedades reológicas de la mezcla lista para torta elaborada con harina compuesta Trigo: Yuca. Alimentos Ciencia e Ingeniería. Vol. 16(1). Pp. 133-136.
4. Chávez, A. 2000. Maíz morado peruano (*Zea mays*, L. amilaceae st.), Instituto Nacional de Investigación Agraria, Lima- Perú. Pp. 20.
5. Fermín. 1993. Usos de las harinas compuestas en productos de cereales. Productos horneados a base de trigo. Instituto de Ciencia y Tecnología de alimentos de la facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas. Pp. 23.
6. Granotec. 2009. Análisis de la actividad de alfa amilasa. Guayaquil-Ecuador.
7. Locken,L; Loska,S. 1991. The farinograph physical testing methods. American Associations of Cereal Chemists.St.Paul.Mina.USA. Pp.105.
8. Madrid, A; Cenzano, I; Vicente; 1997. Manual de aceites y grasas comestibles. Editorial Mundi prensa. Madrid-España. Pp. 145-186.

9. Manrique, A. 2000. Maíz Morado Peruano. Impreso en Lima-Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria. p. 5-6. (Serie Folleto R.I. N°04-00).
10. Montiel, E. Suarez, A. 2007. Maíz.- Ácidos grasos. Instituto Nacional de Nutrición. Publicación N° 52. Serie Cuadernos Azules. Caracas-Venezuela. Pp. 10-25.
11. Moreno, Yolanda. 2003. Relación de amilosa y amilopectina en el almidón de harina nixtamalizada de maíz y su efecto en la calidad de la tortilla. Revista fitotecnica Mexicana, abril-junio. Vol. 26. # 002. Universidad Autónoma del Estado de México. Pp. 115-121.
12. Noroña, Javier. 2008. Caracterización y evaluación agro morfológica de 64 accesiones de maíz negro y 27 de maíz chulpi (*Zea mays*L.), colectados en la serranía del ecuador en la EESC-INIAP. Quito- Ecuador. EPN Escuela politécnica Nacional. Pp.5-7.
13. Pearson, E. 1988. Métodos de análisis de alimentos. Editorial Acríbia, Zaragoza-España. Pp. 50-69.
14. Primo Yufera, E. 1987. Química Agrícola de Alimentos III. Editorial Alambra. Impreso en España. p. 50-70.
15. Ramírez, M.; Williams, D. 2005. Guía Agro-Culinaria de Cotacachi Ecuador y Alrededores. Cali, IPGRI-Américas, FERIVA, Colombia. p. 27-28.
16. Requena, F. 2003. Efecto del grano de acetilación sobre las propiedades fisicoquímicas y reológicas del almidón de arroz. (*Orizae sativa* L.). Tesis

de grado. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Universidad Central de Venezuela- Caracas. Pp. 123.

17. Villacrés, E; Brito, B. 1996. Evaluación del rendimiento, características y propiedades del almidón de algunas raíces y tubérculos Andinos. Conferencia Internacional Almidón. Propiedades físico –químicas, funcionales y nutricionales. Usos. Quito – Ecuador. Vol.8. Pp. 25-30.
18. Yáñez, C., Zambrano J., Caicedo, M., Sánchez, V., Heredia, J. 2003. Catálogo de Recursos Genéticos de Maíces de Altura Ecuatorianos. INIAP, Programa de Maíz. Quito-Ecuador, p. 1,125 y 127.
19. Yáñez, C. 2007. Manual de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. INIAP, Programa de Maíz. Quito-Ecuador, p. 5, 2.

Paginas consultadas en internet.

20. Botanical, 2007. Consultado 27 de Octubre. Disponible en <http://www.botanical-online.com>.
21. Bourre J, 2004. Papel de los Ácidos Grasos. Journal of Nutrition, Health and Aging 8(3):163-174, 2004. Consultado mayo 2009. Disponible en www.bago.com
22. Boletín Ciencia, Vida y Salud. 200. Polifenoles. Volumen 4. N° 1. Consultado mayo 2009. Disponible en www.bio.puc.cl
23. CORPEI, 2008. (Corporación de promoción de exportación e inversiones). Producción Maíz. Consultado enero 2009. Disponible en: www.corpei.org.ec
24. Cuidalcampo, 2007. Amilosa y amilopectina. Consultado mayo 2009. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx>
25. Franco, D. 2008. Composición química maíz. Consultado enero 2009. Disponible en: www.alimentosargentinos.gov.ar
26. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003. Estadísticas FAOSTAT: Cantidad de consumo de alimentos. Quito, EC. Consultado el febrero 2009. Disponible en www.fao.org.ec
27. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2000. Estadísticas FAOSTAT: Usos del maíz en la

alimentación. Quito, EC. Consultado el 6 mar, 2009. Disponible en www.fao.org/ec/consumo/20maiz.htm#ancor

28. Fossen et al, 1998). Composición química del maíz. Consultado mayo 2009. Disponible en <http://agrarias.tripod.com/cereales.htm>.
29. Galiana, Pablo. 2006. Composición de los alimentos. Consultado mayo 2009. Disponible en: www.gelatsgaliana.com
30. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 2008. Programa de Maíz: Resumen de encuestas realizadas de uso, consumo y producción de *chuchuca* en las localidades de Atuntaqui, Cotacachi, Ibarra y Otavalo. Quito, EC. Sin publicar
31. IICA (Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura), 2008. Evaluación y situación Maíz Consultado enero 2009. Disponible en: www.iica.org.ec.
32. Medina C, Ermes. 2008. Situación mundial de maíz. Consultado enero 2009. Disponible en: www.ceees.com
33. Medina C, Ermes. 2006. Producción de maíz. Consultado enero 2009. Disponible en: www.ceees.com.
34. Nutibiota, 2008. Antocianinas colorante natural. Consultado mayo 2009. Disponible en: www.nutibiota.net

35. Pedrola, Isabel. 2007. Polifenoles y sus propiedades antioxidantes. Universidad Complutense de Madrid. Investigador Científico del Consejo Superior de Investigaciones. Consultado en mayo 2009. Disponible en www.scielo.php.com
36. SICA (Servicio e información y censo agropecuario). 2002. Cultivos de maíz. Quito, EC. Consultado enero 2009. Disponible en: www.sica.gov.ec