



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

FACULTAD DE QUIMICA-FARMACIA
DEPARTAMENTO DE FARMACIA

*Tesis en opción al Título de Máster en
Desarrollo de Medicamentos de Origen Natural*

*Evaluación de variedades de sorgo, cultivadas en
la estación experimental de la UCLV, para su uso
en la elaboración de alimentos destinados a
pacientes celíacos.*



Autora: Belkis Isabel Ruiz Álvarez

Tutoras: Dra. C. María Elisa Jorge Rodríguez.

Dra. C. Yanelis Saucedo Hernández

Asesor: Dr. C. Orlando Saucedo Castillo

Santa Clara - 2013

Hago constar que el presente trabajo de maestría fue realizado en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la Maestría "Desarrollo de medicamentos de origen natural", autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Autor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica



PENSAMIENTO

*"Es justamente la posibilidad de lograr un sueño
lo que hace que la vida sea interesante."*

Pablo Coelho.



DEDICATORIA

A mi querido hijo,

A mi esposo por su apoyo incondicional,

A mis padres por su ayuda constante,

A la vida por darme la oportunidad y las fuerzas para realizar

este sueño.



AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de esta investigación sin dejar de mencionar:

Al comité de maestría y a mis tutoras Dra. María Elisa Jorge Rodríguez y Dra. Yanelis Saucedo Hernández por toda la ayuda que me brindaron especialmente a Elisa por su dedicación y su entrega sin límite en la realización de este trabajo.

Al Dr. Orlando Saucedo Castillo por su contribución al desarrollo de este trabajo.

A todos los colegas que brindaron su ayuda para la culminación de la investigación: Msc. Antonia Hernández y Msc. Esther Lilia Martin del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal; Msc. María Herta Broche, Téc. Yanet Castellón y Ing. Mayuska González del Centro de Química Aplicada, Ángel Mollineda del Centro de Investigación Agropecuaria (CIAP).

A todos aquellos compañeros de trabajo que me dieron apoyo, seguridad, ayuda en la búsqueda de información y obtención de resultados.

A mis amistades, a mi familia, a todos

GRACIAS!



RESUMEN



RESUMEN

Entre los cereales que ha incitado un gran interés en el escenario de la comida sana, se encuentra el sorgo (*Sorghum bicolor*), por aportar una harina que no contiene gluten, característica imprescindible para los alimentos de aquellas personas intolerantes al gluten (padecimiento celíaco). Teniendo en cuenta lo anterior en el Grupo de Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Granos y Cultivos Industriales, perteneciente al Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), han desarrollado un conjunto de proyectos sobre la base de la vital y decisiva importancia del cultivo de este cereal para la alimentación de la población de los pacientes celíacos y actualmente cuenta con el banco de germoplasma mayor del país. La necesidad de evaluar los granos para su uso en la alimentación humana, aplicando estándares internacionales para garantizar su calidad, motivó el desarrollo del presente trabajo en el cual fueron evaluadas ocho variedades de granos de sorgo, seleccionadas por su mayor rendimiento y calidad agrícola, aplicando el *Codex Alimentarius* 172-1989. Como segunda parte del presente trabajo se seleccionaron 4 variedades de granos para obtener las harinas correspondientes que fueron evaluadas aplicando el *Codex Alimentarius* 173-1989. Ambas evaluaciones incluyeron como ensayos el contenido de humedad, cenizas, taninos, proteínas, grasas y defectos, así como se constató visualmente las características organolépticas, envasado y etiquetado de cada variedad evaluada. Adicionalmente se determinó el contenido de minerales (Fe, Ca, Na, Cu, Zn y Mg) en todas las variedades de granos. Como resultado se obtuvo que los mejores resultados los aporta la variedad UDG-110 (seguida de la CIAP 23-1 y la 29F), la cual cumple integralmente con todos los ensayos, destacándose los mejores resultados obtenidos en el contenido de cenizas, taninos y proteínas. Además, en esta variedad se destaca el contenido de minerales tales como el hierro, calcio y sodio.

Belkis Isabel Ruíz Álvarez

Evaluación de variedades de sorgo, cultivadas en la estación experimental de la UCLV, para su uso en la elaboración de alimentos destinados a pacientes celíacos.



ÍNDICE



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.1. Consideraciones generales acerca del uso de los cereales en la alimentación humana.....	5
1.2. Sorgo, semillas. Características botánicas, cultivo, composición y usos.6	
1.2.1. Características botánicas y de cultivo.....	7
1.2.2. Composición del <i>Sorgo</i>	10
1.2.3. Destino y usos de la producción de <i>Sorgo</i>	12
1.2.4. <i>Utilización del sorgo en el tratamiento de la enfermedad celíaca. ...</i>	<i>14</i>
1.3. Normativas internacionales para la evaluación de los cereales	16
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
2.1. Material vegetal, equipos, instrumentos de medición y reactivos. ..	19
2.2. Evaluación de ocho variedades de sorgo en granos, cultivadas en la Estación experimental de la UCLV, aplicando el <i>Codex Alimentarius</i> (CODEX STAN 172-1989 (Rev. 1-1995)).....	20
2.2.1. DESCRIPCIÓN:	20
2.2.2. COMPOSICIÓN ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD	21
2.2.3. HIGIENE.....	24
2.2.4. ENVASADO Y ETIQUETADO.....	24
2.2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO	25
2.3. Determinación de minerales presentes en las ocho variedades de sorgo evaluadas.	28
2.4. Obtención de las harinas a partir de las variedades seleccionadas.....	28
2.5. Evaluación de la harina de sorgo obtenida de cuatro variedades seleccionadas de este cereal, cultivadas en la Estación experimental de la UCLV, aplicando el <i>Codex Alimentarius</i> (CODEX STAN 173-1989 (Rev. 1-1995))	29
2.5.1. DESCRIPCIÓN	29
2.5.2. COMPOSICIÓN ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD	29
2.5.3. CONTAMINANTES:	30
2.5.4. HIGIENE.....	30
2.5.5. ENVASADO	31
2.5.6. ETIQUETADO	31
2.5.7. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO.....	31
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	33



3.1. Resultados de los Índices de calidad para realizar el control de calidad de las variedades de sorgo evaluadas, aplicando el Codex Alimentarius 172-1989.....	33
3.1.1. DESCRIPCIÓN	33
3.1.2. COMPOSICIÓN ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD.	34
3.1.3. ENVASADO Y ETIQUETADO.....	36
3.1.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO.....	37
3.2. Determinación de minerales en las 8 variedades de sorgo evaluadas.	42
3.3. Obtención de la harina.....	43
3.4. Aplicación del Codex Alimentarius para la evaluación de la harina de sorgo (CODEX STAN 173-1989 (Rev. 1-1995) obtenida de cuatro variedades seleccionadas de este cereal, cultivado en la Estación experimental de la UCLV.....	44
3.4.1. DESCRIPCIÓN	45
3.4.2. COMPOSICIÓN ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD	45
3.4.3. CONTAMINANTES	47
3.4.4. HIGIENE	49
3.4.5. ENVASADO Y ETIQUETADO.....	49
3.4.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO	50
Consideraciones finales.....	52
CONCLUSIONES.	53
RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55



INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor*) es el segundo cereal más importante después del maíz en el África al sur del Sahara. En América se cultiva en las partes más áridas de México, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, las zonas bajas áridas de la Argentina, Colombia, Venezuela, Brasil y Uruguay así como en las llanuras centrales y meridionales de los Estados Unidos, donde la pluviosidad es escasa y variable. Kansas, Texas, Nebraska y Arkansas son los principales estados productores, contribuyendo a un 80 por ciento de la producción total. En Asia, se cultiva extensamente en la India, China, Yemen, Pakistán y Tailandia formando parte importante de la dieta básica de millones de personas. Según los actuales estimados la producción mundial de sorgo en la campaña 2011 -2012 es de 65 500 000 toneladas.

Este cereal ocupa el quinto lugar en cuanto a superficie cosechada en todo el mundo (**Canet et al., 2003**); presenta diversos genotipos con adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas a situaciones diversas. En nuestro país la utilización del sorgo dirigido a la alimentación humana ha tenido determinadas limitaciones, a pesar de las bondades que dicho cultivo ofrece su uso no se ha extendido en nuestro medio, aunque se ha utilizado en la alimentación humana y animal de muchos países (**Aguirre - Arenas et al., 1998**); sus granos son ricos en antioxidantes (360 mg/gr Trolox), tienen un aceptable valor proteico (similar al arroz y a la harina de trigo) y son altamente asimilables por el organismo humano al alcanzar hasta un 90 % de digestibilidad (**FAO, 2005**).

Es un cultivo de condiciones precarias y de bajos insumos, lo que lo hace altamente rentable, con un impacto mínimo sobre el medio ambiente, ya que requiere pocos fertilizantes, es muy resistente al calor, a la sequía y al exceso de humedad en el suelo, así como a su buen estado fitosanitario.

La enfermedad celíaca es un trastorno autoinmune cuya particularidad está en que se conoce el precipitante (buscar sinónimo de esta palabra) ambiental que es precipitada por la ingestión de gluten, la mayor reserva proteica del trigo y cereales similares por lo que se ha demostrado que es el resultado de la interacción del gluten con factores inmunológicos, genéticos y ambientales.

Belkís Isabel Ruíz Álvarez



Originalmente considerada un síndrome raro de mal (**Pérez et al., 2010**) absorción infantil, en la actualidad, la enfermedad celíaca se considera una enfermedad común que puede ser diagnosticada a cualquier edad y afecta a muchos sistemas orgánicos.

Su tratamiento es una dieta libre de gluten, sin embargo, la respuesta al tratamiento es mala en el 30% de los pacientes, siendo la falta de adherencia a la dieta la causa principal de los síntomas recurrentes o persistentes. Como complicaciones, se conocen el adenocarcinoma del intestino delgado y la enteropatía asociada al linfoma de células T. Se debe pensar en estas complicaciones ante la aparición de síntomas de alarma como el dolor abdominal, la diarrea y la pérdida de peso, a pesar de una dieta estricta sin gluten (**Qiao et al., 2004**).

El tratamiento nutricional, el único aceptado para la enfermedad celíaca, comprende la eliminación de por vida del trigo, avena, cebada y centeno de la dieta. Existen otros granos que pueden servir como sustitutos así como otras fuentes de almidón que pueden convertirse en harinas para elaborar los alimentos entre los que se encuentra el sorgo. Este grano ha generado mucho interés en el escenario de la comida sana, la harina de grano de sorgo, NO CONTIENE GLUTEN. Esto es muy importante para aquellas personas intolerantes al gluten (padecimiento celíaco) (**Sollid and Khosla, 2005**).

El sorgo contiene un alto contenido de antioxidantes (que ayudan a prevenir el cáncer) y fibra insoluble (lenta digestibilidad), con cantidades relativamente pequeñas de fibra soluble. La proteína y el almidón del endospermo del sorgo son digeridos más lentamente si se les compara con otros cereales. Además, el bajo porcentaje de digestibilidad en los productos preparados a base de sorgo, puede traer muchos beneficios a las personas que padecen de diabetes (**Sollid and Khosla, 2005**).

El Grupo de Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Granos y Cultivos Industriales, perteneciente al Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, ha desarrollado un conjunto de proyectos de investigaciones, extensiones y generalizaciones, sobre la base de la vital y

Belkis Isabel Ruiz Álvarez



decisiva importancia del cultivo de este cereal para la alimentación de la población y la sustitución de importaciones, lo cual se materializa mediante la producción, de forma alternativa y sostenible, de granos con destino a la proteína animal y de desarrollar de igual forma las potencialidades que ofrece el cultivo del sorgo para elaborar diferentes productos dirigidos a la alimentación humana. En este grupo se han obtenido resultados satisfactorios en este cultivo, dirigido también a la alimentación humana, pues se han elaborado diferentes productos alimenticios en los que este se ha utilizado como extensor y han sido aceptados por la población, como productos de repostería y pastas (fideos, espaguetis, entre otros) **(Pérez et al., 2010)**.

El CIAP posee actualmente el banco de germoplasma mayor del país, lo que permite obtener variedades de sorgo para diferentes tipos de suelo y condiciones edafoclimáticas, además de ser resistentes a enfermedades y plagas. Sin embargo, determinadas variedades de este cultivo, carecen de estudios que avalen su uso en la alimentación humana. Dicha evaluación debe ser realizada siguiendo las metodologías descritas en normas internacionales, entre las cuales la de mayor reconocimiento es el *Codex Alimentarius*. Esta norma incluye como ensayos la determinación del contenido de humedad, cenizas, taninos, grasa, proteínas, y defectos, entre otros.

Por lo anteriormente expuesto el presente trabajo investigativo posee como **Problema científico:**

La existencia, en el banco de semillas de la CIAP, de variedades que han sido generalizadas en la provincia de Villa Clara para su uso en la alimentación humana (niños celíacos) y no han sido evaluadas por las normas internacionales como garantía de calidad.

Teniendo en cuenta el problema planteado se propone para resolver el mismo la siguiente **hipótesis:**

Si se realiza la evaluación de variedades de sorgo procedentes del Banco de Germoplasma de la UCLV, considerando los estándares internacionales para cereales, es posible contribuir a la elaboración de productos alimenticios con la



calidad adecuada para el consumo en pacientes que presentan enteropatía al gluten.

Para fundamentar dicha hipótesis se plantea el siguiente **objetivo general**:

Realizar la evaluación de variedades seleccionadas de sorgo, procedentes del Banco de Germoplasma de la UCLV, siguiendo los estándares internacionales de cereales recomendados para la alimentación humana.

A partir de este objetivo general se precisan los siguientes **objetivos específicos**:

1. Evaluar las variedades de sorgo propuestas por el banco de germoplasma del CIAP, Aplicando los ensayos que incluye el *Codex Alimentarius* 172-1989 para los granos de este cereal.
2. Evaluar las harinas obtenidas de las variedades de sorgo seleccionadas, aplicando los ensayos que incluye el *Codex Alimentarius* 173-1989 para la harina de este cereal.
3. Determinar el contenido de minerales en cada variedad de sorgo, empleando la técnica de Absorción Atómica.



REVISIÓN
BIBLIOGRÁFICA



CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Consideraciones generales acerca del uso de los cereales en la alimentación humana.

Los cereales son la fuente de nutriente más importante de la humanidad. Históricamente están asociados el origen de la civilización y cultura de los pueblos y figuran entre los primeros cultivos que los pobladores antiguos sembraron y cosecharon. El hombre pudo pasar de nómada a sedentario cuando aprendió a cultivarlos y obtener de ellos una parte importante de su sustento. Constituyen un producto básico en la alimentación de los diferentes pueblos, por sus características nutritivas y su costo (**Latham - Michael, 2002**).

Son plantas gramíneas cultivadas por sus granos harinosos y utilizados, generalmente, para la alimentación humana y del ganado. Suelen ser plantas anuales, con raíces numerosas, fasciculadas y poco profundas; tallos cilíndricos, por lo común huecos, y nudosos; hojas lineales, envainadoras, provistas de lígula; flores hermafroditas (excepto el maíz), e inflorescencia en espiga o en panícula. En general son bastante rústicas, no demasiado exigentes en cuanto a cultivo y con un notable poder de adaptación, razones que han determinado su gran difusión. Según su época de cultivo se dividen en cereales de invierno (trigo, cebada, avena, centeno) y de primavera (maíz, arroz, sorgo, panizo, mijo) (**Sebastián, 2012**).

Cada cultura, cada civilización, cada zona geográfica del planeta, consume un tipo de cereales específicos creando toda una cultura gastronómica en torno a ellos. Entre los europeos domina el consumo del trigo; entre los americanos, el de maíz, y el arroz es la comida esencial de los pueblos asiáticos; el sorgo y el mijo son propios de las comunidades africanas. Constituyen un producto básico en la alimentación de los diferentes pueblos, por sus características nutritivas, su costo moderado y su capacidad para provocar saciedad inmediata. Su preparación agroindustrial y tratamiento culinario son sencillos y de gran versatilidad, desde el pan o una pizza, hasta miles de dulces diferentes. Su consumo es adecuado, para cualquier edad y condición (**Carl - Hosney, 2011**). El empleo de los cereales para la alimentación animal ha sido un elemento dinámico en el ámbito del consumo global de sorgo. Su demanda constituyó la

Belkis Isabel Ruiz Álvarez



principal fuerza motriz para elevar la producción mundial y el comercio internacional a partir de los años sesenta. La demanda de sorgo se encuentra fuertemente concentrada en países tales como: Estados Unidos de América, con una producción de 11,9 millones de toneladas (Mt) de grano, India (9,5 Mt), Nigeria (7,5 Mt) y México (6,4 Mt), que se consideran como productores líderes **(Pérez et al., 2010)**.

Según pronósticos de la FAO para el 2010, la producción mundial se cifraría en 2.216 millones de toneladas, siendo la tercera mayor cosecha. Destinándose un 47,7% al consumo humano. El principal país productor es China (406,3 millones de toneladas), seguido por Estados Unidos (383,1 millones de toneladas). El consumo per-cápita mundial pronosticado, se cifra en 152,7 (kg/año), siendo los cereales más consumidos el trigo (67,5 Kg/año), seguido por el arroz (56,9 kg/año) **(FAO, 2013b)**.

También forman una parte importante de la dieta de muchas personas. En los países en desarrollo, estos alimentos generalmente suministran el 70% o más del consumo energético de la población **(Latham - Michael, 2002)**. Proporcionan más del 50% de las proteínas en los países no desarrollados y en las próximas décadas serán la fuente predominante de proteínas para las 2/3 partes del mundo **(Gil - Hernandez, 2010)**.

Todos los cereales son buenas fuentes de carbohidratos complejos y algunas vitaminas y minerales esenciales. Sin embargo, los cereales integrales son una parte esencial de una dieta saludable, se han asociado a un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, ciertos tipos de cáncer (especialmente el colorrectal), mejor salud digestiva (menor riesgo de diverticulosis), menor riesgo de muerte debido a enfermedades inflamatorias, ayudan a controlar el peso, entre otros beneficios. Debido a estas evidencias contundentes, importantes organismos e instituciones están promoviendo su consumo **(Hernandez, 2010)**.

1.2. Sorgo, semillas. Características botánicas, cultivo, composición y usos.

Belkis Isabel Ruiz Álvarez



El **sorgo** o **zahína** (*Sorghum bicolor*) es un género botánico de unas 20 especies de gramíneas oriundas de las regiones tropicales y subtropicales de África oriental. Se cultivan en su zona de origen, Europa, América y Asia como cereal para consumo humano, animal, en la producción de forrajes, y para la elaboración de bebidas alcohólicas. Su resistencia a la sequía y el calor lo hace un cultivo importante en regiones áridas y semiáridas de los trópicos y subtropicos. El productor más grande es Estados Unidos. Este cereal se conoce con varios nombres: mijo grande y maíz de Guinea en África occidental, kafir en África austral, duro en el Sudán, mtama en África oriental, iowar en la India y kaoliang en China. Las muchas subespecies se dividen en cuatro grupos - sorgos del grano, sorgos forrajeros (para pastoreo y henificar), sorgos dulces (jarabes del sorgo), y sorgo de escobas (para la confección de escobas y cepillos) **(Watson and Dallwitz, 2010)**

El origen de este cultivo ha sido discutido a través de los años, ya que se plantea que procede del noreste de África, en la región ocupada por Etiopía, aunque se ubicó inicialmente en la India. Se introdujo en América en el siglo XVIII. Se considera que muchas especies distintas se cultivan de forma esporádica en países de América, y que los sorgos actuales son híbridos de esas introducciones o de mutantes que han aparecido. Este cultivo tiene gran importancia a escala mundial, pues está comprobado que puede sustituir cereales como el trigo y el maíz en la mayoría de los usos de estos, tanto en la alimentación humana como en la producción de forraje o grano para la ceba de animales, y también en la industria. A su vez posee alto potencial de producción de granos y buenas perspectivas de contribución al desarrollo de la agricultura **(Pérez et al., 2010)**.

1.2.1. Características botánicas y de cultivo.

El género *Sorghum* se caracteriza por presentar espiguillas que nacen de a pares, es una planta anual, aunque es hierba perenne y en los trópicos puede cosecharse varias veces al año tiene una altura de 1 a 2 m. T, inflorescencias en panojas y semillas de 3 mm, esféricas y oblongas, de color negro, rojizo y amarillento. Tiene un sistema radicular que puede llegar en terrenos permeables

Belkis Isabel Ruiz Álvarez



a 2 m de profundidad y las flores tienen estambres y pistilos. Las exigencias en calor del grano de sorgo son más elevadas que las de maíz. Para germinar necesita una temperatura de 12 a 13°C, por lo que su siembra tiene que hacerse de 3 a 4 semanas después del maíz. El crecimiento de la planta no es verdaderamente activo hasta que se sobrepasan los 15°C, situándose el óptimo hacia los 32°C **(Clayton et al., 2010)**.

Al principio de su desarrollo soporta las bajas temperaturas de forma parecida al maíz, y su sensibilidad en el otoño es también comparable. Los descensos de temperatura en el momento de la floración pueden reducir el rendimiento del grano. Por el contrario, resiste mucho mejor que el maíz las altas temperaturas y la sequía. Si el suelo es suficientemente fresco no se comprueba corrimiento de flores con los fuertes calores. Por otra parte, necesita menos cantidad de agua que el maíz para formar un kilogramo de materia seca. Se desarrolla bien en terrenos alcalinos, sobre todo las variedades azucaradas que exigen la presencia en el suelo de carbonato cálcico, lo que **augmenta** el contenido en sacarosa de tallos y hojas. Prefiere suelos sanos, profundos, no demasiado pesados. Soporta algo la sal **(Watson and Dallwitz, 2008)**.

Tiene raíces muy profundas sumamente ramificadas que logran extraer el agua del terreno, lo que explica que sea muy resistente a sequías, otro factor es que tienen muy poca transpiración del agua ya que sus tallos están cubiertos de una sustancia cerosa que los impermeabiliza. El sorgo prospera en suelos que varían de arenosos ligeros a arcillas pesadas, debido a su gran adaptabilidad se puede producir en suelos pobres, pero sus mejores rendimientos se obtienen en migajones arenosos con buen drenaje. Dada la gran longitud de sus raíces los suelos deben tener una profundidad de 1 a 2 m, resiste suelos ácidos de PH 5.5 a los francamente alcalinos con un PH de 8.5, tolera la salinidad del terreno ya que puede desarrollarse en lugares que contengan hasta un 3X1000 de cloruro sódico **(Carl - Hosney, 2011)**.

La estructura del grano tiene un rol importante en el procesamiento y características de calidad del sorgo. La forma, tamaño, proporción y peculiaridades del endosperma, germen y pericarpio, el color de este último y la presencia y ausencia de testa están determinados genéticamente. El sorgo se

Belkis Isabel Ruíz Álvarez

compone de tres partes (**Figura 1.1**): el pericarpio o cobertura del grano, el endosperma o tejido de reserva y el embrión o futura planta. Se muestran las características más importantes de cada una de las partes que componen el grano (**Carl - Hosney, 2011**).

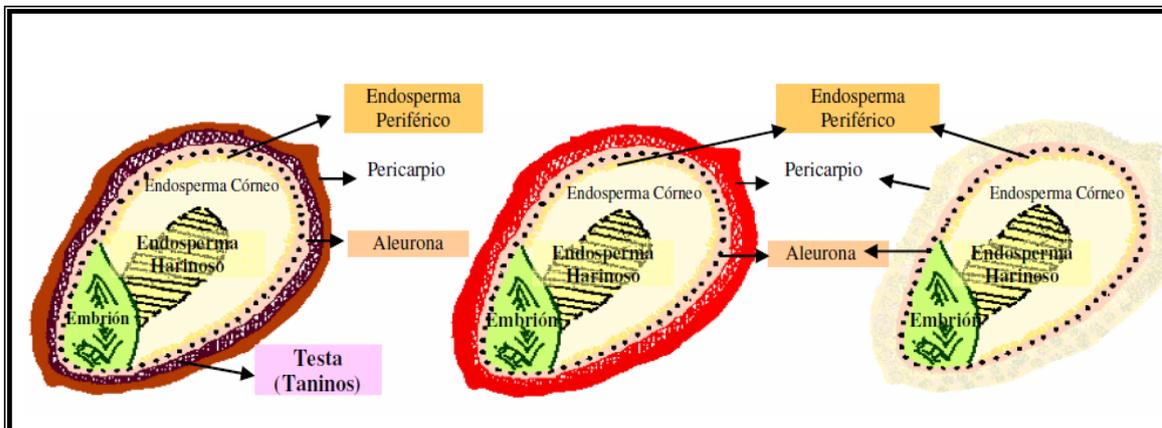


Figura 1.1. Corte transversal del grano de sorgo con y sin testa pigmentada presente.

PERICARPIO

Se subdivide en epicarpio, mesocarpio y endocarpio. El epicarpio es la parte externa y está compuesta por dos o tres capas de células. El mesocarpio, situado debajo del epicarpio puede variar en su espesor. Cuando es grueso y contiene granos de almidón, el grano tiene apariencia opaca. Los granos translúcidos o perlados tienen el mesocarpio muy fino y no contienen granos de almidón. La capa más interna o endocarpio consiste en células cruzadas y tubulares que son el principal punto de ruptura cuando se remueve el pericarpio durante la molienda seca del grano.

El color del pericarpio varía de blanco, amarillo limón, a rojo, siendo los sorgos marrones genéticamente rojos pero con presencia de testa, lo que significa la presencia de taninos condensados.

TESTA

A partir del integumento interno inmediatamente debajo del endocarpio, se encuentra una capa fuertemente pigmentada denominada testa. La presencia de la misma está controlada por un par de genes complementarios en condición dominante. Cuando la testa está presente contiene la mayoría de los taninos condensados del grano (sorgos marrones), lo cual está asociado a los efectos antinutricionales de este cultivo. Estos taninos condensados aparecen en la testa

Belkís Isabel Ruíz Álvarez



con la maduración del grano, y se observan como una capa continua de color marrón rojizo a violáceo.

ENDOSPERMA

Está compuesto por la capa de aleurona y de las porciones periférica, córnea y harinosa, constituyendo la mayor porción del grano con 82%.

1.2.2. Composición del Sorgo.

La **composición química** de los cereales es bastante homogénea (excepto soja). El almidón es el componente más abundante, siendo junto con las legumbres y patatas importantes fuentes de este polisacárido. Este componente se encuentra principalmente en el endospermo. Los lípidos se encuentran en cantidades relativamente pequeñas y se almacenan preferentemente en el germen y capas de aleurona, predominando el ácido graso linoleico. Las proteínas se encuentran localizadas en las diferentes partes que constituyen el grano (endospermo, germen y cubiertas externas) (**Gil - Hernandez, 2010**).

Respecto al **valor nutricional** estos contienen todos los aminoácidos esenciales aunque son deficitarios en lisina. El maíz además es deficiente en triptófano. Constituyen una buena fuente de vitaminas del grupo B; también contienen tocoferoles que se concentran mayoritariamente en el germen y en el salvado. Los minerales más abundantes son fósforo y potasio, y se localizan principalmente en el pericarpio del grano. Entre los micronutrientes el más abundante es el hierro (**Paz De Peña, 2003**).

Constituyen la principal fuente de un número importante de los aproximadamente 40 nutrientes diferentes que son necesarios para una buena salud. Se conoce que el contenido de proteínas de los cereales es bajo, pero dado que son consumidos en grandes cantidades su aporte a la dieta es importante, estando dado su valor biológico por el contenido de lisina presente. En cuanto a la grasa, los cereales poseen un bajo contenido de grasa y esta suele estar compuesta por ácidos grasos insaturados, que resultan muy beneficiosos para la salud. No poseen colesterol y son una importante fuente de vitaminas (**Hernández - Rodríguez and Sastre - Gallego, 1999**).



El sorgo cumple en gran medida con las características citadas anteriormente. Al compararlo con otros cereales, se sabe que, en general, tiene más proteína y menos aceite que el maíz, lo cual se traduciría en un contenido de energía metabolizable ligeramente inferior. La diferencia más significativa entre el grano de sorgo y el de maíz es la carencia, en los sorgos, de los pigmentos carotenoides. **(Hahn et al., 1984).**

Algunas variedades de este cereal son capaces de sintetizar cantidades relativamente altas de **taninos condensados**, que se localizan principalmente en el pericarpio. Estas sustancias están compuestas por polímeros de unidades de catequina unidas por enlaces débiles C-C, y son capaces de unirse y precipitar proteínas en medio acuoso. Las variedades ricas en taninos (de color pardo) son cultivadas en zonas áridas por sus ventajas agronómicas: resistencia a la sequía, pájaros, insectos e infección por hongos. Todas las variedades de sorgo contienen ácidos fenólicos, y la mayoría flavonas, pero sólo los sorgos "marrones" contienen taninos condensados. Su principal efecto sobre el valor nutritivo es reducir la utilización digestiva de los aminoácidos **(Zimmer and Cordesse, 1996).**

Los taninos son parcialmente absorbidos en la pared intestinal y parecen requerir un suplemento de metionina para ser metabolizados y excretados en la orina. Por otra parte, la absorción de taninos se ha relacionado con alteraciones en la matriz orgánica de los huesos que dan lugar a problemas de fracturas. Las variedades de grano amarillo (sorgos blancos, <0,25% taninos) son las más utilizadas en alimentación animal, y a ellas corresponden los valores del cuadro adjunto. Su valor nutritivo es notablemente superior al de las variedades ricas en taninos, del orden de un 5-10% en valor energético y de un 10-15% en digestibilidad de la proteína. El valor nutritivo de los sorgos blancos procesados por calor es de un 93-95% tomando como referencia al grano de maíz. Sólo los sorgos con su cubierta seminal (la testa) pigmentada, poseen **taninos condensados** (catequinas, flavonoides y leucoantocianinas). Sólo allí, en la testa, estarán localizados estos compuestos **(Hahn et al., 1984).**

Los **taninos condensados**, son compuestos que afectan negativamente el valor nutritivo del sorgo, pues fijan las proteínas del grano reduciendo su disponibilidad

Belkis Isabel Ruiz Álvarez



y, asimismo, inhiben la acción de la amilasa (enzima importante durante el proceso de digestión de los granos), causando una disminución del 10 al 30% y más en la eficiencia alimentaria, en comparación con los sorgos que no poseen estos compuestos. En algunos granos, existe suficiente cantidad de taninos condensados como para precipitar, o fijar, más proteína de la existente en los mismos **(Zimmer and Cordesse, 1996)**.

El sorgo y los granos molinados pueden contener niveles sustanciales de un rango amplio de compuestos fenólicos los cuales le confieren en particular su actividad antioxidante y su uso como nutracéutico y como un alimento funcional **(Dykes and Rooney, 2006)**. Además de sus beneficios para la salud este cereal su resina, concentrada en la superficie del pericarpio en el grano, está compuesta por aldehídos (46%), ácidos grasos (7.5%), alcoholes grasos llamados policosanoles (41%), hidrocarburos (0.7%), esteroides (1.4%) y triglicéridos (1%) **(Hwang et al., 2002a, Hwang et al., 2002b)**.

El contenido de policosanoles y esteroides en el sorgo ha sido muy investigado en la última década, lo que se explica porque estos compuestos son fuentes promisorias para la prevención y terapia de las enfermedades cardiovasculares **(Varady et al., 2003, Carr et al., 2005)**; Se ha encontrado que los policosanoles están, aproximadamente, en una concentración de 2500 ppm, superando a otras fuentes como el arroz, el germen de arroz, arroz brando el germen de trigo **(Hwang et al., 2004, Sweta et al., 2004)**.

1.2.3. Destino y usos de la producción de *Sorgo*.

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es uno de los cereales que por sus características agronómicas y nutricionales puede aportar grandes beneficios en la alimentación, tanto humana como animal, a nivel mundial, tropical y nacional. Es el quinto cereal de mayor importancia en el mundo, después del trigo, el arroz, el maíz y la avena **(Pacheco, 1998)**. En África una parte importante se destina al consumo humano, mientras que en América y Oceanía la mayor parte del sorgo producido se emplea para el consumo animal; por ejemplo, en la alimentación del ganado **(Ostrowski, 1998, Oramas, 1998, Salerno, 1998)**, en aves de corral **(Caballero, 1998, Oramas, 1998, Gilbert, 1999)**, además de ser

Belkís Isabel Ruíz Álvarez



muy utilizado en otros países como materia prima en la almidonería y la industria alcoholera **(Vitale, 1998)**.

En Cuba, el desarrollo de altas producciones de sorgo constituye una alternativa viable para solucionar el gran obstáculo que frena el crecimiento de las producciones porcinas, avícolas y ganaderas: la base alimentaria. El sorgo puede ser procesado para incrementar el valor alimenticio de las raciones a través de diferentes técnicas. Los productos se ofrecen como alimento al ganado, a las gallinas ponedoras de huevo, otras aves, los cerdos y las ovejas, y también son utilizados en la alimentación de las mascotas. Su contenido de celulosa, lignina y otros carbohidratos complejos en la fibra bruta, lo convierten en una fuente energética y proteínica de alta calidad nutricional en la crianza y engorde de los animales. El exceso de energía se almacena en forma de grasa corporal, y este es el elemento más costoso en la producción porcina **(Pérez et al., 2010)**.

Las producciones porcinas se desarrollan con sistemas de explotación que utilizan tecnologías muy avanzadas, los cuales incluyen altos volúmenes de cereales y fuentes proteínicas, que por lo general no se producen en cantidades suficientes y rentables en el país. En ese sentido, **Acuero y col. (1983)** y **Saucedo col. (2008)** plantearon que la sustitución parcial o total del maíz por sorgo puede incrementar las ganancias de peso vivo **(Acuero, 1983, Saucedo, 2008)**; mientras que **Neumann y col. (2002)** y señalaron que cuando se utiliza *S. bicolor* en ensilajes mixtos, esto representa un menor costo de producción y podría ser una alternativa técnicamente recomendable para los sistemas de producción que presentan deficiencias de áreas de cultivo **(Saucedo, 2008)**.

A pesar de que el uso más frecuente referido a este cereal es la alimentación animal, ha sido empleado también como materia prima para fines industriales; no se limita a la alimentación animal, sino que desde hace varias décadas ha ampliado su consumo al sumarse como un cereal más en la alimentación humana. Se destaca en la producción de almidón, dextrosa, miel de dextrosa, aceites comestibles y bebidas; en la elaboración de cervezas, bebidas locales y materias colorantes, cosméticos, papel, productos farmacéuticos, confituras, mezcla en café y cárnicos, entre otras, además, las panículas se emplean para

Belkis Isabel Ruíz Álvarez



la confección de escobas o se queman para obtener cenizas ricas en potasio **(Saucedo, 2008)**.

Trabajos recientes muestran lo anterior y refieren la variedad de formas en que es consumido; Así se tiene que en África y Asia es consumido en diferentes formas como tortillas, papillas, cucús y godos al horno **(Anglani, 1998)**, Youssef y col. desde 1990 refirieron la preparación de productos extruidos que tienen vigencia hasta la actualidad **(Youssef et al., 1990)**, mientras que en Japón se expenden múltiples productos derivados del sorgo como aperitivos, galletas y alimentos étnicos que tienen una alta popularidad **(Awika and Rooney, 2004)** y el uso más relevante de este cereal en el ámbito alimenticio humano se lo ha dado su utilidad para la elaboración de alimentos destinados a pacientes celíacos, por su gran ventaja de no poseer gluten en su composición. Por la importancia que posee este uso para el presente trabajo se ofrecen detalles sobre esta aplicación del cereal.

1.2.4. Utilización del sorgo en el tratamiento de la enfermedad celíaca.

La Enfermedad Celíaca (EC), enteropatía por sensibilidad e intolerancia al gluten (ESG) se utiliza para describir la enfermedad celíaca, la cual es un trastorno digestivo crónico frecuente, consiste en la exclusión dietética del gluten.

La EC es una enteropatía inmune sufrida por la ingestión de gluten en individuos genéticamente susceptibles **(Brussone y Asp 1999; Wrigley y Bietz 1988)**. Quienes padecen la EC pueden sufrir una reacción autoinmune al ingerir incluso pequeñas cantidades de gluten. Es una enfermedad digestiva que daña la vellosidad del intestino delgado e interfiere en la absorción de nutrientes del alimento. Esta lesión disminuye la superficie disponible para la absorción de nutrientes incluyendo hierro, ácido fólico, calcio y vitaminas solubles en agua **(Catassi y Fasano, 2008)**, trayendo como consecuencia carencias nutricionales.

De acuerdo al **Reglamento No 41/2009** de la Comisión de las Comunidades Europeas sobre la composición y etiquetado de productos alimenticios apropiados para personas con intolerancia al gluten (con aplicación a partir del 1 de enero de 2012). En su artículo 2: Se entenderá por «gluten»: una fracción proteínica del trigo, el centeno, la cebada, la avena o sus variedades híbridas y

Belkís Isabel Ruíz Álvarez



derivados de los mismos, que algunas personas no toleran y que es insoluble en agua y en solución de cloruro sódico de 0,5 M.

Hasta nuestros días, la dieta estricta sin gluten ha constituido la esencia del tratamiento de esta entidad, pues además de ser segura y eficiente, restablece inequívocamente la indemnidad estructural al intestino dañado. Sin embargo, la práctica clínica nos ha demostrado que la adherencia terapéutica no solamente es complicada, sino que repercute negativamente desde el punto de vista psíquico y social, por lo difícil que resulta en nuestros hábitos alimentarios rechazar obligadamente el gluten, constituyente básico en una gran variedad de productos cotidianamente consumidos, como el pan, las galletas, las pastas alimenticias y la mayoría de las golosinas, entre otros. Estos aspectos en el contexto de la atención al niño y el adolescente celíacos son relevantes y deben ser tenidos en cuenta, pues esta problemática patentiza la evidente necesidad de alternativas terapéuticas. En este sentido, y basado en los aportes realizados en el campo de la inmunopatogenia de la enfermedad, se ha pretendido modificar genéticamente el trigo para eliminar los péptidos tóxicos, pero es un proceso muy caro y complejo desde el punto de vista genético **(Qiao et al., 2004)**.

En los últimos años el uso del sorgo se ha extendido en nuestro medio para la elaboración de alimentos para pacientes celíacos por las grandes ventajas que posee: Carece de gluten, sus granos son ricos en antioxidantes, tienen un aceptable valor proteico (similar al arroz y a la harina de trigo) y son altamente asimilables por el organismo humano al alcanzar hasta un 90 % de digestibilidad **(Valdés and Saucedo, 2006)**.

Este cereal es considerado un alimento seguro para estos pacientes porque es más está más estrechamente relacionada con el maíz que con el trigo, el centeno y la cebada **(Kasarda, 2001)**. El sorgo podría por tanto proveer una buena base para la elaboración de panes libres de gluten y otros productos tales como pastas, galletas y aperitivos aunque las pruebas realizadas en estos no han sido dirigidas a la seguridad de los pacientes celíacos. Significativas Investigaciones han sido dirigidas a obtener alimentos compuestos de harina de sorgo donde el sorgo es adicionado a harina de trigo para producir aceptables panes y otros alimentos **(Hulse et al., 1980 ; Dendy, 1992 y Munck, 1995)**.

Belkis Isabel Ruiz Álvarez



Sin embargo, tales alimentos no podrían ser consumidos por personas con la enfermedad celíaca. Varios tipos de productos alimenticios libres de harina han sido elaborados del sorgo incluyendo: panes (**Cauvain, 1998; Satin, 1988, Schober et al., 2005**), sorgo sancochado (**Young R et al., 1990**) tortillas de sorgo, (**Choto CE et al., 1985**) aperitivos (**Serna-Saldivar SO et al., 1988; Suhendro EL et al., 2000**), galletas (**Badi SM and RC, 1976; Morad MM et al., 1984b; Morad MM et al., 1984a**) y panes tostados (**Morad MM et al., 1984b; Lindell MJ and CE., 1984**). Estos estudios han demostrado que el sorgo puede ser usado para producir alimentos humanos de alta calidad (**Hwang et al., 2004**).

1.3. Normativas internacionales para la evaluación de los cereales

El comercio internacional de alimentos existe desde hace miles de años pero, hasta no hace mucho, los alimentos se producían, vendían y consumían en el ámbito local. Durante el último siglo, la cantidad de alimentos comercializados a nivel internacional ha crecido exponencialmente y, hoy en día, una cantidad y variedad de alimentos antes nunca imaginada circula por todo el planeta. Entre estos los cereales ocupan un lugar especial.

Múltiples normativas existen en el mundo para evaluar los cereales, dependiendo del uso y destino de estos, así como de las vías a ser propuestas para su comercialización, estas normativas pueden ser, además, tanto de carácter nacional como internacional. Entre estas últimas se encuentra **el Codex Alimentarius**, aplicada en el presente trabajo por su reconocido prestigio en la evaluación de los cereales para uso humano. Las normas del Codex se basan en la mejor información científica disponible, respaldada por órganos internacionales independientes de evaluación de riesgos o consultas especiales organizadas por la FAO y la OMS. Aunque se trata de recomendaciones cuya aplicación por los miembros es facultativa, las normas del Codex sirven en muchas ocasiones de base para la legislación nacional. (<http://www.codexalimentarius.org/about-codex/es/>)

El *Codex Alimentarius* (en latín, ley o código de alimentos) es el resultado del trabajo de la Comisión: un compendio de normas alimentarias, directrices y códigos de prácticas aceptadas internacionalmente. La Comisión del *Codex Alimentarius*, es un órgano intergubernamental con más de 170 miembros en el

Belkis Isabel Ruíz Álvarez



marco del Programa Conjunto sobre Normas Alimentarias establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), que tiene por objeto proteger la salud de los consumidores y asegurar prácticas equitativas en el comercio de alimentos. La primera edición, usada en el presente trabajo, incluye los textos adoptados por la Comisión del *Codex Alimentarius* hasta el 2007. La Comisión también promueve la coordinación de todos los trabajos sobre normas alimentarias emprendidos por las organizaciones internacionales gubernamentales y no gubernamentales. (<http://www.codexalimentarius.net>)

El *Codex Alimentarius* contiene normas para los alimentos principales, ya sean elaborados, semielaborados o crudos, para su distribución al consumidor. Se incluyen los materiales que se utilizan en la elaboración de los alimentos, disposiciones relativas a la higiene y la calidad nutricional de los alimentos, los aditivos alimentarios, los residuos de plaguicidas, los contaminantes, el etiquetado y presentación, y los métodos de análisis y muestreo. Las normas Codex establecen los requisitos que han de satisfacer los alimentos para garantizar al consumidor productos alimenticios sanos e inoctrinos, que no hayan sido adulterados y estén debidamente etiquetados y presentados para garantizar niveles de vida aceptables y el derecho de disfrutar de un nivel de vida suficiente para la salud y bienestar del individuo y de su familia. La Comisión también promueve la coordinación de todos los trabajos sobre normas alimentarias emprendidos por las organizaciones internacionales gubernamentales y no gubernamentales (<http://www.iwga.net>.)

De acuerdo al **Reglamento (CE) No 41/2009** de la Comisión de las Comunidades Europeas y a la Norma Codex relativa a los alimentos para regímenes especiales destinados a personas intolerantes al gluten (adoptada por la Comisión del *Codex Alimentarius* en su 31ª sesión de julio de 2008), se definen los productos libres de gluten señalando los límites permitidos en la cantidad de gluten, y los cereales que lo contienen. La norma Codex relativa (CODEX STAN 118 – 1979): a los alimentos para regímenes especiales destinados a personas intolerantes al gluten, adoptada por la Comisión del



Codex Alimentarius en su 31^a sesión de julio de 2008, indica que los alimentos libres de gluten son alimentos dietéticos.

Tanto el REGLAMENTO (CE) citado como en la norma adoptada por el *Codex Alimentarius* establecen los límites de presencia de gluten entre 20 mg/kg y 100 mg/kg. Sin embargo, en el reglamento se establece que el etiquetado, la publicidad y la presentación de estos productos llevará la mención «exento de gluten» si el contenido de gluten no sobrepasa los 20 mg/kg y la mención «contenido muy reducido de gluten» si el contenido de gluten no sobrepasa los 100 mg/kg en total, medido en los alimentos tal como se venden al consumidor final. Es importante destacar que las normas ISO aparecen referenciadas en muchos acápites de la Norma Codex y constituyen la base de las normas cubanas aplicadas en el ensayo de contaminantes del presente trabajo (**Diario Oficial de la Unión E, 2009**).



MATERIALES Y MÉTODOS



CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Material vegetal, equipos, instrumentos de medición y reactivos.

Material vegetal:

En el presente trabajo fueron evaluadas ocho variedades de sorgo cultivadas en la estación experimental perteneciente al Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Dichas variedades pertenecen al banco de semillas del Grupo de Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Granos y Cultivos Industriales de este lugar. Las variedades evaluadas son: **CIAP SD 23-1, CIAP 15OR, VOVAC 49, UDG-110, VOVAC 44, CIAP 40, CIAP 29F y CIAP 15(PA).**

Equipos e instrumentos de medición:

- Balanza digital (BOECO). Alemania.
- Baño ultrasónico (BRANSON 1510). México.
- Baño de agua (BWS-17, SEIWA RIKO CO, LTD). Alemania.
- Manta de calentamiento (J.P. SELECTA, SA, CE). Alemania.
- Estufa termostataada (MEMMERT). Alemania.
- Horno Mufla (SELECTA-HORN). España.
- Vibrador de tamices (TSUTSUI VSS-50). Alemania.
- Molino de Cuchillas (Retsh GMBH). Alemania.
- Espectrofotómetro (GENESYS 10 UV). Alemania.
- Espectrofotómetro de absorción atómica (PYE UNICAM), Alemania.
- Encubadora Memmert

Reactivos y disolventes utilizados:

- Ácido fórmico, p. a. REACHIM.
- Ácido sulfúrico, p.a., PANREAC.
- Carbonato de calcio, p.a. UNI-CHEM.
- Folin-Ciocalteu, MERCK.
- Acido Gálico, p.a. SHARLAU.
- Éter de petróleo 40:60, p.a. UNI-CHEM.
- NaOH, UNI-CHEM.
- Catalizador Kjeldahl, PANREAC

Belkis Isabel Ruiz Álvarez



- Ácido bórico, REACHIM.
- Ácido Clorhídrico, PANREAC.
- Agar – Maltosa –Sabouroud

2.2. Evaluación de ocho variedades de sorgo en granos, cultivadas en la Estación experimental de la UCLV, aplicando el *Codex Alimentarius* (CODEX STAN 172-1989 (Rev. 1-1995)).

Los índices de calidad aplicados para la evaluación del grano de las ocho variedades de sorgo aparecen descritos en el *Codex Alimentarius* para el sorgo en grano (CODEX STAN 172-1989 (Rev. 1-1995), actualizada por la Organización Mundial de La Salud y la Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación en Roma, 2007. Esta Norma se aplica al sorgo en grano, según se define en su sección 2, destinado al consumo humano; es decir, listo para ser utilizado como alimento humano, envasado o vendido suelto directamente del saco al consumidor. No se aplica a otros productos derivados de los granos de sorgo.

La norma incluye como ensayos fundamentales la descripción visual de los granos y la composición esencial y factores de calidad generales y específicos; entre estos últimos se encuentran una lista de métodos tales como: contenido de humedad y cenizas, contenido de taninos, proteínas grasa y defectos. Además, se incluye en esta norma la presencia de contaminantes entre los cuales la determinación más importante resulta ser la determinación de metales pesados y micotoxinas. A continuación se exponen los procedimientos descritos en dicha norma, para cada ensayo aplicado, con vistas a su utilización para la evaluación de las ocho variedades de sorgo en grano objeto de estudio del trabajo. La organización de los ensayos se corresponde a la descrita por la Norma citada.

2.2.1. DESCRIPCIÓN:

2.2.1.1 Definición del producto:

Los granos de sorgo fueron evaluados por un especialista que precisó la calidad de los mismos en cada variedad.



Criterio: Color Normal (Blanco, rosado, rojo, marrón, anaranjado, amarillo o una mezcla de estos colores) y Color anormal (Granos cuyo color natural ha sido modificado por condiciones meteorológicas desfavorables, contacto con el suelo, calor o transpiración excesiva, estos granos pueden tener un aspecto opaco, marchito, hinchado, inflado o crecido).

2.2.2. COMPOSICIÓN ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD

2.2.2.1. Factores de calidad – generales:

Se precisó que los granos de sorgo fueran inocuos y apropiados para el consumo humano, que estuvieran exentos de sabores, olores extraños, de insectos vivos y de suciedades.

2.2.2.2. Factores de calidad – específicos:

Estos factores incluyeron varios ensayos entre los cuales se encontraron el contenido de humedad, cenizas, definición de defectos, materias extrañas, suciedad, semillas tóxicas o nocivas y contenido de taninos, proteínas y grasa.

2.2.2.2.1. Contenido de humedad: Para determinar el contenido de humedad se aplicó la norma **(NC ISO 712: 2002)**, que describe el siguiente procedimiento:

Procedimiento: Se Pesó 1 g de cada muestra de ensayo, con un error máximo de 0,5 mg, se transfirió a un pesafiltro, previamente tarado y se desecó a 105°C durante dos horas. Se colocó el pesafiltro en una desecadora, se dejó enfriar hasta la temperatura ambiente y se pesó; se colocó nuevamente en la estufa durante dos horas. Esta operación fue repetida hasta obtener una masa constante. El ensayo se realizó por triplicado y se calculó la pérdida por desecación a través de la siguiente ecuación:

$$\%H = \frac{M2 - M1}{M} \times 100$$

Donde:

M2: masa del pesafiltro con la muestra (g).

M1: masa del pesafiltro con la muestra desecada (g).

M: masa de ensayo.

100: factor matemático para los cálculos.

Criterio: 14,5% m/m máximo.

2.2.2.2.2. Definición de Defectos (Materias Extrañas y suciedades)

Belkis Isabel Ruíz Álvarez



Se realizó una valoración visual de 1 g de cada variedad, separando los granos que tuvieran las características: Materias extrañas (materias orgánicas o inorgánicas que no sean sorgo, granos quebrados, otros granos y suciedad); Suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos) y Semillas tóxicas o nocivas (exentos de las siguientes semillas tóxicas o nocivas, en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana tales como la crotalaria (*Crotalaria spp.*), la neguilla (*Agrostemma githago L.*), el ricino (*Ricinus communis L.*), el estramonio (*Datura spp.*) y otras semillas son reconocidas como nocivas para la salud)

Criterio: El producto no deberá contener en total más de unos 8,0% de defectos, incluidas materias extrañas, materias inorgánicas y suciedad contenidas en las normas y granos deteriorados, granos enfermos, granos quebrados y otros granos.

2.2.2.2.3. Semillas Tóxicas y Nocivas

Se realizó una valoración visual de las variedades separando de los granos las semillas tóxicas o nocivas, (estarán exentos de las siguientes semillas tóxicas o nocivas, en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana tales como la crotalaria (*Crotalaria spp.*), la neguilla (*Agrostemma githago L.*), el ricino (*Ricinus communis L.*), el estramonio (*Datura spp.*) y otras semillas son reconocidas como nocivas para la salud).

2.2.2.2.4. Contenido de Taninos

Se realizó la determinación del contenido de taninos totales en todas las variedades, aplicando la Norma ISO 9648: 1988, que incluye el siguiente procedimiento:

Preparación de la muestra: Se Introdujo 2 g de droga pulverizada en un frasco de fondo redondo de 250 mL y se añadió 20 mL de agua destilada. Se calentó en un baño de agua a 40°C durante 30 min. Se enfrió en agua corriente y se transfirió cuantitativamente a un matraz aforado de 100 mL. Se Lavó el frasco de fondo redondo y se reunieron los líquidos de lavado en el matraz aforado, luego se diluyó hasta 100 mL con agua destilada. Se decantaron los sólidos y se filtró el líquido a través de un filtro de papel de 125 mm de diámetro. Se desecharon



los primeros 50 mL del filtrado. Se realizaron todas las operaciones de extracción y dilución protegidas de la luz.

Determinación de polifenoles totales: Se diluyó 1 mL del filtrado hasta 5 mL con agua destilada. Se mezcló 20 μ L de esta disolución con 50 μ L de reactivo *Folin-Ciocalteu* y 2 mL de agua destilada y se diluyó hasta 5 mL con una disolución de 290 g/L de carbonato de sodio. Se dejó transcurrir 30 min. y se midió la absorbancia a 650 nm (A_1), utilizando agua destilada como líquido de compensación.

Determinación de polifenoles no adsorbidos sobre polvo de piel: A 10 mL del filtrado se añadió 0,50 g de polvo de piel y se agitó en baño ultrasónico durante 60 min. Se Filtró y se diluyó 2 mL del filtrado hasta 25 mL con agua destilada. Se mezcló 40 μ L de esta disolución con 100 μ L del reactivo *Folin-Ciocalteu* y 4 mL de agua y se diluyó hasta 10 mL con una disolución de 290 g/L de carbonato de sodio. Se dejaron transcurrir 30 min y se medió la absorbancia a 650 nm (A_2), utilizando agua como líquido de compensación.

Referencia: Se disolvió inmediatamente antes del uso 4 mg de Ácido Gálico en agua y se diluyó hasta 2 mL con el mismo disolvente. Se diluyó 0.4 mL de la disolución hasta 2 mL con agua. Se mezcló 80 μ L de esta disolución con 50 μ L reactivo *Folin-Ciocalteu* y 2 mL de agua y se diluyó hasta 5 mL con una disolución de 290 g/L de carbonato de sodio. Se dejó transcurrir 30 min y se medió la absorbancia a 650 nm (A_3), utilizando agua como líquido de compensación.

Se calculó el contenido en porcentaje de taninos expresado como Ácido Gálico utilizando la expresión:

$$\frac{62.5(A_1 - A_2)m_2}{A_3 \times m_1}$$

Donde:

m_1 = masa de la muestra a examinar, en gramos,

m_2 = masa de Ácido Gálico, en gramos.

Belkis Isabel Ruiz Álvarez



Criterio:

- a) Para los granos de sorgo enteros, el contenido de tanino no debe superar el 0,5% referido al producto seco.
- b) Para los granos de sorgo decorticados, el contenido de tanino no debe superar el 0,3% referido al producto seco.

2.2.3. HIGIENE

Procedimiento: El producto se preparó y se manipuló de conformidad con las secciones apropiadas del Código Internacional de Prácticas Recomendado – Principios generales de Higiene de los Alimentos (CAC RCP 1-1969) y otras prácticas recomendadas por la comisión del *Codex Alimentarius*. Fueron evaluadas tres muestras de cada variedad por especialistas del Grupo de Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Granos y Cultivos Industriales, perteneciente al CIAP.

Criterios:

2.2.3.1. El cereal deberá estar exento de materias objetables de acuerdo a las buenas prácticas de fabricación.

2.2.3.2. No debe contener microorganismos, parásitos y sustancias procedentes de microorganismos en cantidades no permisibles para la salud.

2.2.4. ENVASADO Y ETIQUETADO.

El *Codex Alimentarius*, 2007, prescribe normativas para realizar el envasado y etiquetado del cereal. En el presente trabajo se constató, por evaluación visual el cumplimiento de dichas normas para las variedades evaluadas.

Criterio: Los recipientes, incluido el material de envasado, deberán estar fabricados con sustancias que sean inocuas y adecuadas para el uso al que se destinan. No deberán transmitir al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores desagradables. Cuando el producto se envase en sacos, estos deberán estar limpios, ser resistentes, y estar bien cosidos o sellados.

Para el etiquetado deberán estar bien descritos el nombre del producto, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador deberán aparecer en el envase, aunque pueden ser sustituidos por una marca

Belkis Isabel Ruiz Álvarez



de identificación, siempre que tal marca sea claramente identificable con los documentos que acompañen al envase.

2.2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO

2.2.5.1. Color

Se realizó un examen visual para determinar el color de los granos considerando como colores normales el blanco, rosado, marrón, anaranjado amarillo o una mezcla de estos colores. Los granos cuyo color natural ha sido modificado por condiciones meteorológicas desfavorables, contacto con el suelo, calor excesivo, se consideran que tienen un color anormal. Estos granos pueden tener un aspecto opaco, marchito, hinchado, inflado o crecido.

Criterio: A gusto del comprobador.

2.2.5.2. Contenido de Cenizas:

Una vez determinado el contenido de humedad en las semillas se procedió a determinar el contenido de Cenizas a través de la norma **(NC ISO 2172: 2002)** siguiendo el procedimiento siguiente:

Procedimiento: Se calentó al rojo un crisol de sílice o de platino durante 30 min. Antes de pesarlo, se dejó que se enfríe en un desecador. Se Introdujo en el crisol 2 g de la droga pulverizada. Se distribuyó uniformemente la muestra del ensayo en el interior del crisol. Se desecó durante 1 h a 105°C y después se calcinó en un horno mufla, a una temperatura de 600 ± 25°C. La muestra no debe incendiarse en ningún momento de la operación. Después de cada calcinación, se dejó enfriar el crisol en el desecador. (Si tras una calcinación prolongada las cenizas contienen aún partículas negras, se suspenden las cenizas con agua caliente y se filtran por un filtro sin cenizas. Se calcinó de nuevo el residuo con el filtro. Se reunió el filtrado y las cenizas, se evaporó a sequedad y se calcinó hasta masa constante. Se realizó el cálculo mediante la siguiente ecuación:

$$C1 = \frac{M2 - M}{M1 - M} \times 100 \quad C_t = \frac{C1 \times 100}{100 - \%H}$$

Dónde:

C1: cenizas totales en base hidratadas.

Belkis Isabel Ruiz Álvarez



M: masa del crisol vacío (g).

M1: masa del crisol con la muestra de ensayo (g).

M2: masa del crisol con la ceniza (g).

100: factor matemático para los cálculos.

%H: por ciento de humedad.

Criterio: Max.: 1,5% referido al producto seco

2.2.5.3. Contenido de Proteínas: Se realizó a través del método de Kjeldahl automatizado (**Norma ISO 20483: 2006**), que incluye las siguientes etapas:

Digestión: Se pesó alrededor de 1 gramo de muestra perfectamente molida y homogeneizada en un papel exento de nitrógeno, se introdujo en un tubo de digestión y se añadió 10 g de catalizador *Kjeldahl*, 25 mL de ácido sulfúrico al 96% (d=1.84), y algunos gránulos de piedra pómez tratada. Se colocaron los tubos de digestión con las muestras en el Bloque - Digestor con el colector de humos funcionando. (Temperatura entre 350- 420°C durante 2h).

Destilación: Se añadieron unas gotas de indicador mixto, se colocó el Erlenmeyer en el equipo *kjeldahl*, se dosificaron 50 mL de NaOH y se realizó la destilación durante 10 minutos.

Valoración: Se valoró el destilado obtenido con ácido Sulfúrico 1N, hasta que la solución gira de verde a violeta.

Se calculó el contenido en porcentaje de proteínas utilizando la expresión:

$$\% \text{ Nitrógeno} = 1.4 \times (V1 - V0) \times N / P$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} \times F$$

Siendo:

P = Peso en g de la muestra.

V1 = Volumen de H₂SO₄ consumido en la valoración (mL)

N = Normalidad del H₂SO₄

V0 = Volumen de H₂SO₄ consumido en la valoración del blanco (mL)

F = Factor de conversión para pasar de contenido en nitrógeno a contenido en proteínas. Para la proteína bruta acostumbra a usarse un valor de 6.25. Para mayor exactitud, distinguiendo la calidad de la proteína según la naturaleza de la muestra, pueden emplearse otros factores de conversión.

Criterio: Min: 7,0% referido al producto seco

Belkis Isabel Ruiz Álvarez



2.2.5.4. Contenido de Grasa:

Para determinar el contenido de grasa se aplicó la **Norma métodos oficiales de análisis** (A.O.A.C., Siglas en Inglés) **15th Edition, U.S.A. (1990)** que tiene el siguiente procedimiento:

Se pesaron 2 g de la muestra de ensayo con error máximo de $\pm 0,1$ mg en un papel de filtro y se transfirieron al dedal de extracción. Posteriormente el dedal de extracción con la porción de ensayo, se colocó en un extractor *Soxhlet*, el cual al se conectó a un balón seco y previamente tarado que contiene el solvente orgánico (Éter de petróleo 40:60) en una cantidad que representó 1,5 el volumen del extractor.

Se unió el balón y el extractor al condensador y se hace circular el agua. Se colocó el equipo *Soxhlet* sobre la plancha eléctrica, practicando la extracción o reflujo durante 4 h. Antes de dar por terminada la extracción, se verificó si aún quedaba residuo etéreo en le extractor, vertiendo en un papel de filtro unas gotas de solvente. Si aparecen manchas de grasa se continúa la extracción. Una vez concluida la extracción se retiró el dedal y se procedió a destilar el solvente orgánico hasta que queden aproximadamente 2 mL del mismo.

A continuación se procedió a retirar el balón evaporando el solvente en el baño de agua, posteriormente se coloca en la estufa durante una hora a una temperatura de $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$. Transcurrido ese tiempo se dejó enfriar hasta la temperatura ambiente en la desecadora y se pesó.

Las operaciones anteriormente escritas se repitieron hasta que el resultado de dos pesadas sucesivas y no diferían en más del 0,1% de la masa de la porción de ensayo.

$$G = \frac{M2 - M1}{M} \cdot 100\%$$

Dónde:

M2: masa del balón con grasa, (g).

M1: masa del balón vacío, (g).

M: masa de la posición de ensayo, (g).

Criterio: Máx.: 4,0% referido al producto seco.

Belkis Isabel Ruiz Álvarez



2.2.5.4. Defectos

Este aspecto aparece descrito en el Acápite 2.2.2.2.2.

2.3. Determinación de minerales presentes en las ocho variedades de sorgo evaluadas.

- Tratamiento de muestra

Las muestras fueron sometidas a un tratamiento previo aplicando el método Vía seca o calcinación que incluyó el siguiente procedimiento: Se pesó 2 gr de muestra, se introdujo en un crisol y se sometió a 450⁰C durante 6 horas para obtener las cenizas correspondientes. Se disolvió con HCL_{dil}(1:1), se filtró y se completó a 100mL con agua.

- Determinación

Para la determinación de los minerales presentes en los granos de sorgo se empleó el método de Absorción atómica en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica sp9 PYE UNICAM, siguiendo el procedimiento descrito en la norma AOAC, 2005 (**AOAC, 2005**). Los minerales determinados fueron Calcio (Ca), Cobre (Cu), Sodio (Na), Zinc (Zn), Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn).

2.4. Obtención de las harinas a partir de las variedades seleccionadas

Las variedades seleccionadas fueron: **CIAP SD 23-1, VOVAC 49, UDG-110 y CIAP 29F**. Las mismas fueron sometidas a un proceso de limpieza, molinado y tamizado.

Limpieza y secado del grano. El sorgo al recibirse de la cosecha manual y trilla mecanizada realizada en el campo, se lavó manualmente con agua para dejarlo libre de impurezas, decantándose el material sobrante, realizándose su secado al sol (plato de secado).

Molinado: La molienda se realizó en el molino de Cuchillas (Retsh GMBH). Alemania. Se recomienda suministrar el grano poco a poco y que esté bien seco, para evitar que se pegue entre los discos y dificulte la molienda.

Tamizado. Se realizó mediante el método de tamización, a partir de 100 g de las harinas. Se utilizaron los tamices con abertura de malla de 850, 500, 420, 360, 250, 180 μ m y el colector (Puesto como 1000 μ m). El vibrador de tamices se

Belkis Isabel Ruíz Álvarez



colocó en posición siete durante 10 min. Se realizaron cinco réplicas. Se determinó el porcentaje de muestra retenida en cada tamiz y el diámetro medio aritmético de las partículas.

2.5. Evaluación de la harina de sorgo obtenida de cuatro variedades seleccionadas de este cereal, cultivadas en la Estación experimental de la UCLV, aplicando el *Codex Alimentarius* (CODEX STAN 173-1989 (Rev. 1-1995))

Los índices de calidad de la harina de sorgo fueron seleccionados teniendo en cuenta los recomendados por el *Codex Alimentarius* para la harina sorgo (CODEX STAN 173-1989 (Rev. 1-1995)), actualizada por la Organización Mundial de La Salud y la Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación en Roma, 2007. La organización de los ensayos se corresponde con la descrita en la citada Norma.

2.5.1. DESCRIPCIÓN

La harina de sorgo es el producto que se obtiene de granos de *Sorghum bicolor* (L.) Moench mediante un proceso de molienda industrial en el curso del cual se elimina el tegumento y gran parte del germen y se tritura el endospermo hasta alcanzar un grado de finura apropiado.

2.5.2. COMPOSICIÓN ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD

2.5.2.1. Factores de calidad – generales:

La harina de sorgo deberá ser inocua y apropiada para el consumo humano, deberá estar exenta de sabores y olores extraños y de insectos vivos. La harina de sorgo deberá estar exenta de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos) en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

2.5.2.2. Factores de calidad – específicos:

2.5.2.2.1. Contenido de humedad:

Este ensayo se realizó según la metodología descrita en el acápite 2.5.2.2.1. y el criterio establecido por la norma es: 15,0 % m/m máximo.

Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos. Se pide a

Belkis Isabel Ruiz Álvarez



los gobiernos que acepten esta Norma que indiquen y justifiquen los requisitos vigentes en su país.

2.5.2.2.2. Contenido de tanino.

Este ensayo se realizó según la metodología descrita en el acápite 2.5.2.2.2. y el criterio establecido por la norma es: El contenido de tanino de la harina de sorgo no deberá exceder del 0,3 % respecto a la materia seca.

2.5.3. CONTAMINANTES:

2.5.3.1. Micotoxinas.

Preparación de la muestra: Se pesaron 10 g de las cuatro variedades de la harina y se añadieron 100 mL de agua destilada estéril y se agitó hasta homogenizar (Disolución madre). A partir de la disolución madre se pipetearon 10 mL y se diluyó a un volumen de 100 mL de agua destilada estéril obteniendo una concentración de 10^{-1} g/mL. A partir de la anterior disolución se prepararon diluciones seriadas de concentraciones de 10^{-2} y 10^{-3} g/mL.

Procedimiento: Se añadió en placas petri medio de cultivo Agar-Maltosa-Sabouroud a una concentración de 65 g/L y se adicionó un volumen de 0.5 mL de cada dilución en cada placa, distribuyendo con una espátula de cristal. Fueron preparadas tres réplicas de cada concentración para cada variedad y tres placas testigos con agua destilada estéril. Se colocaron en la incubadora a una temperatura de 28°C, realizando la observación del crecimiento de los hongos a las 24, 48, 72 y 96 horas.

Criterio: La harina de sorgo deberá ajustarse a lo señalado por la Comisión del *Codex Alimentarius* para este producto, la cual prescribe que deberá estar exento de micotoxinas.

2.5.4. HIGIENE

Procedimiento: El producto se prepara y manipula de conformidad con las secciones apropiadas del Código Internacional de Prácticas Recomendado – Principios generales de Higiene de los Alimentos (CAC RCP 1-1969) y otras prácticas recomendadas por la comisión del *Codex Alimentarius*.

Criterios:

Belkis Isabel Ruíz Álvarez



2.5.4.1. La harina estará exento de materias objetables de acuerdo a las buenas prácticas de fabricación.

2.5.4.2. El producto estará exento de microorganismos, parásitos y sustancias procedentes de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

2.5.5. ENVASADO

Deberá envasarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto.

Los recipientes, incluido el material de envasado, deberán estar fabricados con sustancias que sean inocuas y adecuadas para el uso al que se destinan. No deberán transmitir al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores desagradables.

Cuando el producto se envase en sacos, éstos deberán estar limpios, ser resistentes, y estar bien cosidos o sellados.

2.5.6. ETIQUETADO

Además de los requisitos de la *Norma General del Codex para el Etiquetado de Alimentos Preenvasados* (CODEX STAN 1-1985) deberán aplicarse las siguientes disposiciones específicas:

Nombre del producto: El nombre del producto que deberá aparecer en la etiqueta será “harina de sorgo”.

Etiquetado de envases no destinados a la venta al por menor: La información relativa a los envases no destinados a la venta al por menor deberá figurar en el envase o en los documentos que lo acompañen, salvo que el nombre del producto, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador deberán aparecer en el envase. No obstante, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador podrán ser sustituidos por una marca de identificación, siempre que tal marca sea claramente identificable con los documentos que acompañen al envase.

2.5.7. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO

Belkis Isabel Ruíz Álvarez



2.5.7.1. Contenido de Cenizas: El ensayo se realizó siguiendo la metodología descrita en el acápite 2.2.5.2. El contenido de cenizas de la harina de sorgo no debe exceder el 1,5% referido al producto seco.

2.5.7.2. Contenido de Proteínas: Se realizó a través del método de Kjeldahl automatizado. El ensayo se realizó según la metodología descrita en el acápite 2.2.5.3. y el criterio establecido por la norma es: El contenido de proteínas de la harina de sorgo no deberá exceder el 7.0% respecto a la materia seca.

2.5.7.3. Contenido de Grasa: El ensayo se realizó según la metodología que se describe en el acápite 2.2.5.4. y el criterio establecido por la norma es: 4.0% referido al producto seco.

2.5.7.4. Tamaño de partículas

Procedimiento: Se comprobó que el tamaño de partícula de la totalidad de la harina evaluada era inferior a 0.5mm al pasar por el tamiz 0.5mm de diámetro.

Criterio: El 100 % de la harina deberá pasar a través de un tamiz en el cual la dimensión de los orificios de la malla sea de 0,5 mm de diámetro para la harina “fina” y de 1 mm para la harina “media”.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN



CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La selección de las ocho variedades de sorgo evaluadas en el presente trabajo fue realizada por especialistas del Grupo de Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Granos y Cultivos Industriales del CIAP, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, quienes optaron por las variedades que estando disponibles en el banco de semillas, aportaban los mayores rendimientos y eran consideradas de mayor calidad agrícola.

Por su parte la norma CODEX STAN 172-1989 (Rev. 1-1995), actualizada por la FAO y la OMS, 2007, fue usada para la evaluación de las variedades seleccionadas ya que la misma refiere ser aplicada al sorgo en grano, según se define en la sección 2, destinado al consumo humano; envasado o vendido suelto directamente del saco al consumidor. Según esta norma por sorgo en grano se entiende los granos enteros o decorticados, obtenidos de las especies de *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Los granos fueron secados adecuadamente.

3.1. Resultados de los Índices de calidad para realizar el control de calidad de las variedades de sorgo evaluadas, aplicando el Codex Alimentarius 172-1989.

3.1.1. DESCRIPCIÓN

Después de haber realizado una valoración visual de las ocho variedades de sorgo se pudo constatar la característica organoléptica de mayor importancia para los cereales, el color, de cada una (**Tabla 3.1**)

Tabla 3.1. Características organolépticas de mayor importancia para los cereales, el color, de cada una.

Variedad/ Característica	CIAP SD 23-1	CIAP 15OR	VOVAC 49	UDG- 110	VOVAC 44	CIAP 40	CIAP 29F	CIAP 15(PA)
Color	marrón	Blanco con porciones rojas y naranjas	Blanco con porciones rojas y naranjas	Blanco	Blanco con porcione s rojas y naranjas	Blanco con porcione s rojas y naranjas	Rojo	Blanco con porciones rojas y naranjas

El color para este cereal resulta una característica importante en su evaluación si se considera que este aspecto tiene una relación directa con el contenido de

Belkís Isabel Ruíz Álvarez



taninos en el mismo. En los **sorgos** de alto tenor de **taninos**, la testa (porción externa del tegumento exterior), se presenta prominente y coloreada, violácea a marrón-rojiza, por la presencia de estas sustancias, constituyendo un rasgo diferencial respecto de aquellos que no presentan tanino (testa incolora). Como se observa en la **tabla 3.1** las ocho variedades de sorgo cuatro poseen mezclas de colores, una es de color blanco y las otras dos posee color rojo-marrón, lo que nos hace suponer mayor concentración de taninos en las variedades CIAP SD 23-1 y CIAP 29F.

3.1.2. COMPOSICIÓN ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD.

3.1.2.1. Factores de calidad – generales.

Durante el desarrollo del trabajo se pudo comprobar, por observación visual, que las muestras evaluadas eran inocuos y apropiados para el consumo humano, estaban exentas de sabores, olores extraños y de insectos vivos. Además, todas las variedades estaban libres de suciedades (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos).

3.1.2.1. Factores de calidad – específicos:

3.1.2.1.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad, determinado por el método gravimétrico, aportó valores similares para las ocho variedades (**Figura 3.1**), las cuales se encuentran todas por debajo del valor máximo establecido (14,5%), con lo cual cumplen con lo establecido en la norma. Este parámetro resulta de gran importancia en la conservación del cereal si se tienen en cuenta que las principales **alteraciones** de estos productos ocurren durante el almacenamiento; siendo mínimas en los procesos de faenado y manipulación, y casi nulas en el transporte y distribución (**Larrañaga et al., 2001**). La principal fuente de pérdidas de calidad y cantidad de los granos durante el almacenamiento son los hongos, insectos y roedores (**FAO, 2013a**). El principal riesgo para la salud de los consumidores estriba en la capacidad de algunos hongos filamentosos (mohos) de producir toxinas (micotoxinas) (**Larrañaga et al., 2001**). Estas pueden tener efectos considerables sobre la salud de las personas que van desde leves gastroenteritis hasta cáncer de hígado (**FAO, 2013a**).

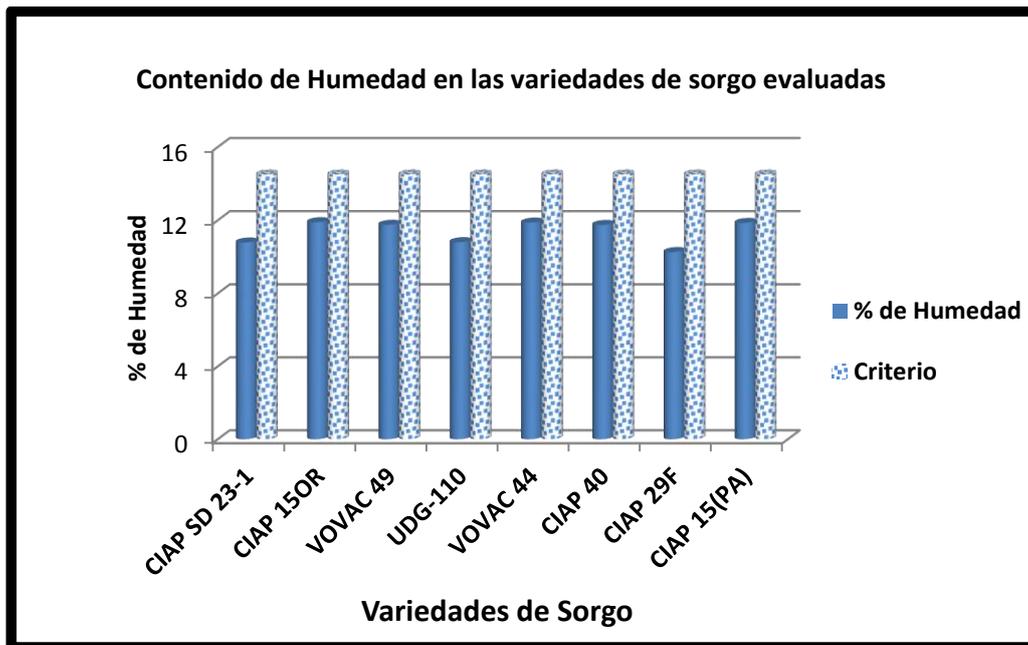


Figura 3.1. Comportamiento del contenido de Humedad en las variedades de sorgo evaluadas (Promedio de tres determinaciones)

3.1.2.1.2. Contenido de Taninos

Los compuestos fenólicos en el sorgo han sido divididos en tres categorías mayores, los ácidos fenólicos, los flavonoides y los taninos (Hahn et al., 1984). La presencia de taninos en los cereales, si bien implica una ventaja agronómica (menor ataque de pájaros y mejor conservación en planta de insectos, abejas etc., así como durante el almacenamiento). Los **taninos**, son compuestos que afectan negativamente el valor nutritivo del sorgo, pues fijan las proteínas del grano reduciendo su disponibilidad y, asimismo, inhiben la acción de la amilasa (enzima importante durante el proceso de digestión de los granos), causando una disminución del 10 al 30% y más en la eficiencia alimentaria, en comparación con los sorgos que no poseen estos compuestos. Duodu y col. (2003) recopilaron un gran número de estudios que han demostrado el efecto antinutricional de los taninos en el sorgo crudo y cocinado ya que es capaz de precipitar una cantidad de proteínas que representa aproximadamente 12 veces de su propia cantidad de proteínas. Lo anterior justifica la inclusión de este ensayo en la norma de control de calidad de los cereales (Duodua et al., 2003, Ezeogu et al., 2008, Emmambux and Taylor, 2009).

Belkís Isabel Ruíz Álvarez

La Figura 3.3 muestra los resultados obtenidos para el contenido de taninos de cada variedad. Como se muestra todas las variedades cumplen con el criterio de tanino aceptable para los cereales ($\leq 0,3\%$), aunque es importante señalar que las variedades CIAP SD 23-1 y CIAP 29F poseen los valores más altos, en correspondencia con el color rojizo observado en ambas; estos resultados avalan el uso de todas las variedades evaluadas en la alimentación humana, teniendo en cuenta este parámetro.

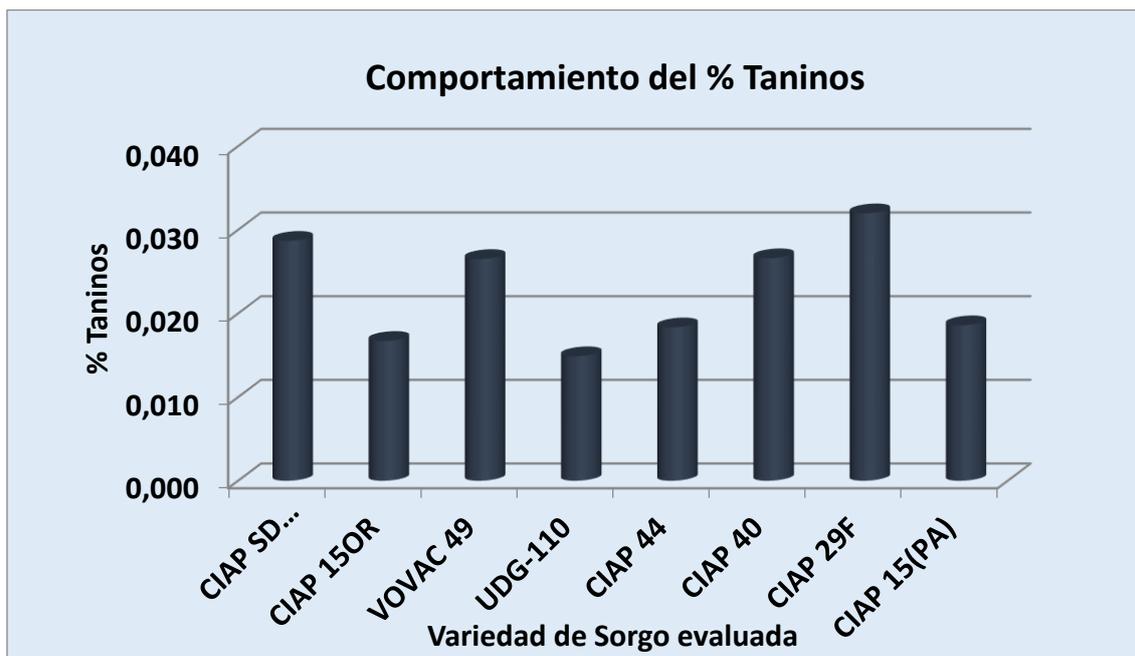


Figura 3.3. Comportamiento del porcentaje de taninos obtenido para las variedades de sorgo evaluadas (Promedio de tres determinaciones).

3.1.3. ENVASADO Y ETIQUETADO.

Para verificar el cumplimiento de este parámetro de la norma se realizó una inspección a los locales donde se almacenaban las variedades de sorgo en el banco de millas de la UCLV y se pudo constatar que los recipientes, incluido el material de envase, estaban fabricados con sustancias inocuas y adecuadas para el uso al que se destinan, que no transmitían al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores desagradables, los sacos, estaban limpios, bien cosidos o sellados. Todas las variedades cumplían con las normas de etiquetado estando bien descritos el nombre del producto, la identificación del lote y tenían una marca de identificación.

Belkis Isabel Ruiz Álvarez

3.1.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO

3.1.4.1. Contenido de Cenizas

Resultan significativos los valores de cenizas obtenidos para la mayoría de las variedades evaluadas (**Figura 3.2**), ya que solo las variedades UDG-110 y CIAP 15(PA) cumplen con el criterio establecido (Máx. 1,5%), aunque los valores están cercanos al mismo. Este resultado puede ser atribuido a la falta de experiencia en el decortinado de la semilla, que provoca restos de la testa donde se acumulan la mayor cantidad de compuestos inorgánicos.

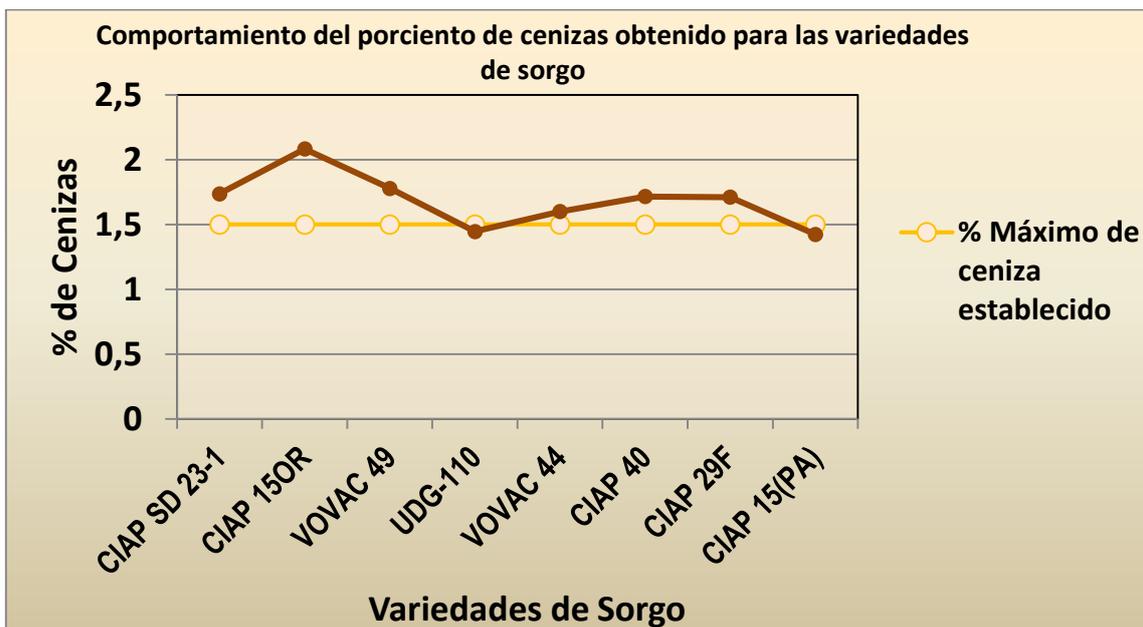


Figura 3.2. Comportamiento del porcentaje de cenizas obtenido para las variedades de sorgo evaluadas (Promedio de tres determinaciones).

3.1.4.2. Contenido de Proteínas:

Los granos de sorgo tienen un aceptable valor proteico (similar al arroz y a la harina de trigo). La aceptabilidad de este cereal y sus proteínas como ingrediente alimentarios no solo depende de sus características nutricionales, sino también de sus propiedades tecnológicas y sensoriales. La caracterización de las proteínas del sorgo aparece reflejado en una amplia bibliografía tratada por Belton y col. (2006). Según Lasztity (1996) este grano tiene un contenido de proteínas que varían desde el 6% a 18%, con un promedio de 11% (**Lasztity, 1996**). Estas proteínas pueden ser clasificadas en proteínas prolaminas y no



prolaminas, siendo la Kafirina (prolamina) la que se encuentra en mayor proporción (77% a 82%), mientras que las no prolaminas, llamadas albuminas, globulinas y glutelinas, pueden llegar a estar hasta en un 30% **(Belton et al., 2006)**.

La valoración de estos compuestos en el cereal es hoy en día muy controversial por los siguientes postulados: actualmente existe un *huge gap* entre las características funcionales y nutricionales del sorgo y sus proteínas limitando su uso en alimentos; las proteínas del sorgo tienen baja digestibilidad, lo cual es reducido durante el cocinado con alta humedad, y las proteínas del sorgo no son altamente funcionales y al parecer este comportamiento es multifactorial **(Duodua et al., 2003)**. Según Jhoe de Mesa y col. (2010) la concentración y modificación de las proteínas del sorgo podrían ser un camino para direccionar retos en las investigaciones de este cereal **(Jhoe de Mesa-Stonestreet et al., 2010)**. Aunque, en los últimos años se han realizado investigaciones focalizadas a la extracción de la proteína mayoritaria del sorgo, llamada Kafirina, con alta demanda en la elaboración de panes, pastas, etc. **(Belton et al., 2006)**.

La figura 3.4 muestra los porcentajes de proteínas obtenidos para cada variedad evaluada. Como se observa solo las variedades (CIAP 15(PA), CIAP 15OR y CIAP 40) no cumplen con el criterio establecido por la norma CODEX (min 7%), y los valores alcanzados por estas son cercanos a este criterio, lo que avala el uso de las restantes variedades para su uso alimenticio, teniendo en cuenta este parámetro.

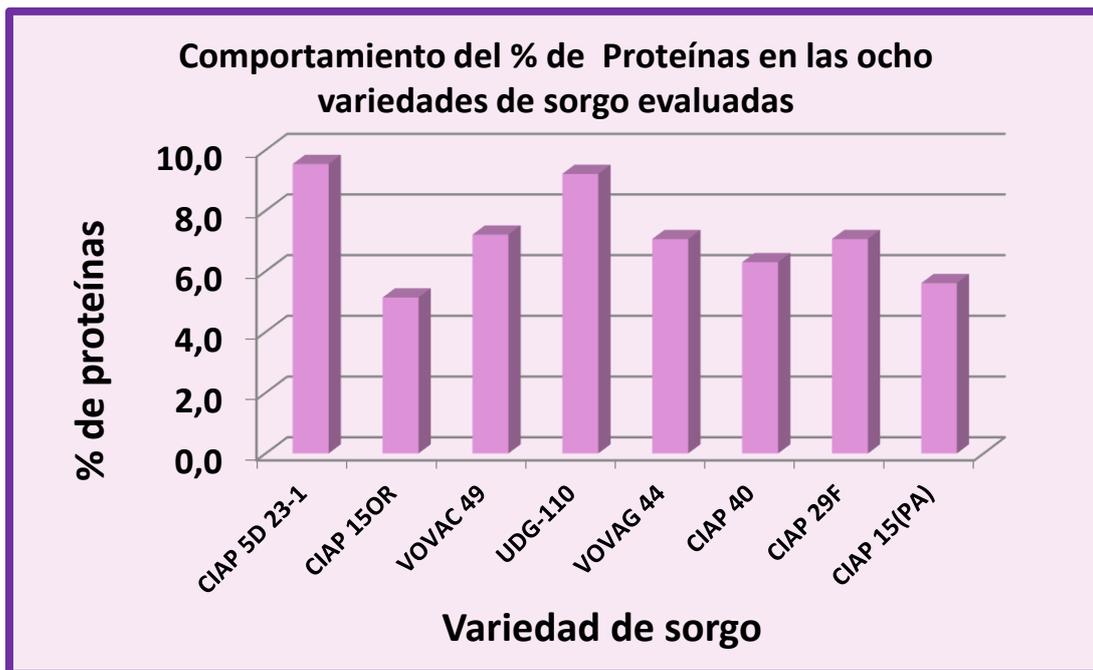


Figura 3.4. Comportamiento del % de Proteínas en las ocho variedades de sorgo evaluadas (Promedio de tres determinaciones).

3.1.4.3. Contenido de Grasa

Los cereales, por sus características nutritivas constituyen un producto básico en la alimentación de la población y son generalmente el primer alimento sólido que se incorpora en la dieta de los niños. Los cereales suministran nutrientes esenciales, especialmente hidratos de carbono, proteínas, minerales, vitaminas (particularmente tiamina) y grasas, las cuales revisten gran importancia en el cereal ya que proporcionan ácidos grasos esenciales, vitaminas liposolubles, y son una importante fuente de energía (Febles et al., 2001). A su vez, conseguir energía a partir de los alimentos vegetales, tiene una gran ventaja respecto a conseguir energía de los alimentos de origen animal, ya que los cereales no contienen colesterol, por lo que no favorecen la aparición de muchas enfermedades circulatorias; los cereales carecen de ácido úrico, responsable de atacar las articulaciones y ocasionar muchos dolores a los enfermos de gota o artritis. Los riñones y el hígado de las personas que consumen alimentos vegetales deben trabajar menos para depurar las toxinas superiores que contienen la carne. Además, las grasas que contienen los cereales, presentes en el germen, son poliinsaturadas por lo que resultan más beneficiosas que

Belkis Isabel Ruiz Álvarez

muchas grasas animales, que en muchos casos son saturadas (www.Botanical.com/propiedadesdeloscereales, 2013).

Comparado con el contenido de almidón y proteínas, el contenido de grasa en la mayoría de los cereales es relativamente bajo (alrededor del 3%). Su contribución hacia el valor nutricional así como la estabilidad en el almacenamiento del alimento basado en cereales es importante. Por tanto varios estudios se han realizado para conocer la composición de ácidos grasos en el contenido lipídico de los granos enteros (Osman et al., 2000, Mehmood et al., 2008) y en varias partes de los granos (Banas et al., 2007) de diferentes especies y variedades. Sin embargo, los estudios para determinar el contenido de lípidos a través de la semilla de los cereales (Liu and Moreau, 2008) y dentro de esta, en su almendra, ha estado bien limitado (Liu, 2011).

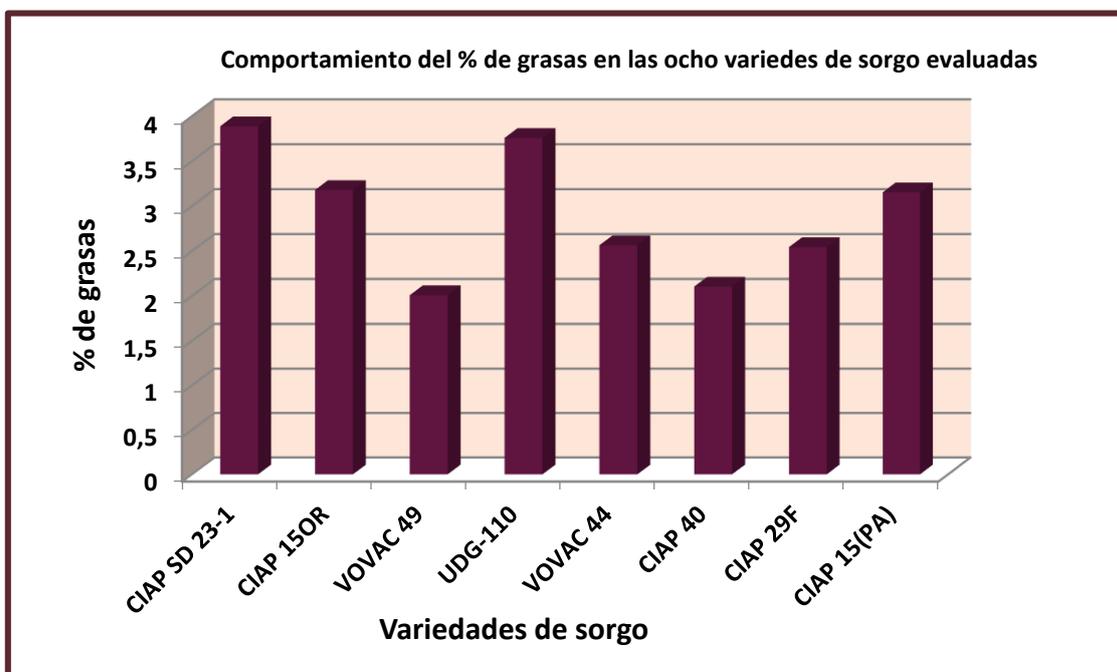


Figura 3.5. Comportamiento del % de grasas en las ocho variedades de sorgo evaluadas

A pesar de todo lo anteriormente descrito, el contenido de grasa permisible en los cereales está regulado, la Norma Codex ha fijado un máximo 4%, teniendo en cuenta que a pesar de los beneficios que tiene la grasa vegetal, con respecto a la animal, mantienen efectos perjudiciales en cantidades no adecuadas. La figura 3.5 muestra los porcentos de grasa obtenido para cada variedad

Belkis Isabel Ruíz Álvarez

evaluada. Como se observa todas las variedades cumplen con el criterio establecido por la norma CODEX (máx 4%), aunque se pueden destacar las variedades CIAP SD 23-1, UDG-110 y CIAP 15(PA) que poseen la mayor concentración de grasa, mientras que las variedades VOVAC 49 y CIAP 40 resultaron ser la de menor concentración. Estos resultados testifican que las ocho variedades de sorgo evaluadas pueden ser utilizadas en la alimentación humana si solo se considerara la concentración de grasa que poseen sus semillas.

3.1.4.4. Definición de defectos.

En el análisis visual de los posibles defectos presentes en cada variedad incluidas, materias extrañas, materias inorgánicas, suciedad y granos deteriorados, granos enfermos y granos quebrados, se pudo constatar que todas las variedades estaban con buen estado fitosanitario y la suma de los porcentos determinados para cada uno de los defectos no alcanza el máximo valor permisible (8,0 %) (**Figura 3.6**). Lo anterior da garantía de la calidad de los granos evaluados en todas las variedades.

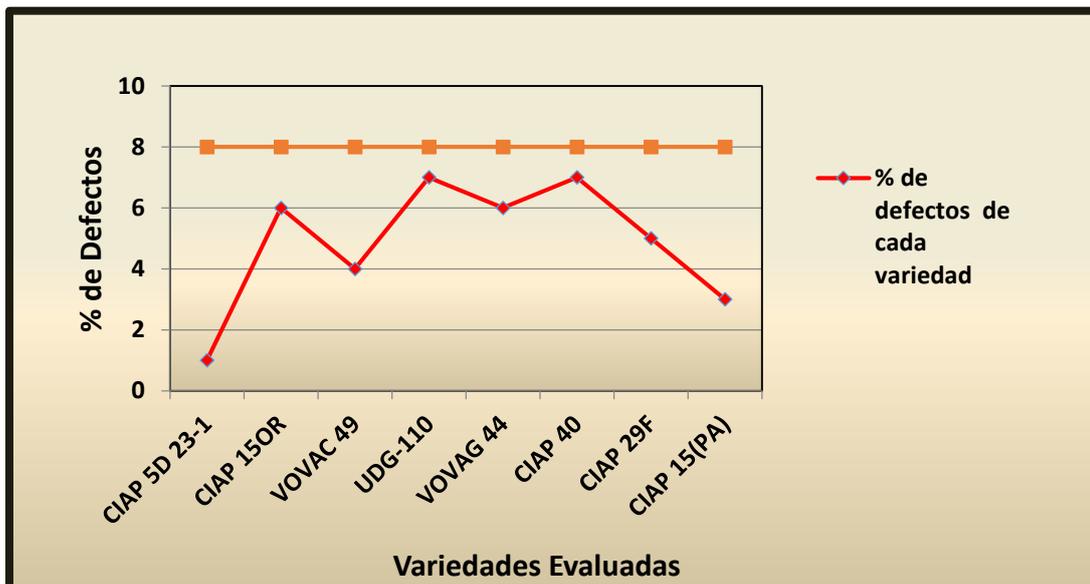


Figura 3.6. Comportamiento del porcentaje de defectos obtenido para cada variedad de sorgo evaluada.



3.2. Determinación de minerales en las ocho variedades de sorgo evaluadas.

Los cereales tienen entre sus propiedades beneficiosas su composición en minerales, en caso de no estar refinados, por lo que, para poder disfrutarlos, se recomienda tomarlos integrales. Los minerales aparecen en las capas exteriores del grano o tegumento. Los principales minerales son el hierro, el magnesio y el calcio. Los cereales ricos en hierro son muy útiles para prevenir la anemia, mientras que el consumo de cereales que poseen calcio ayuda a la formación de los huesos y dientes, a prevenir la Osteoporosis y a mantener el ritmo del corazón y el correcto funcionamiento de los músculos. Por su parte el magnesio interviene en la salud de los huesos y del aparato circulatorio, su deficiencia, puede originar por ejemplo hipertensión, arritmias, problemas renales, diarreas o caída del cabello (Paz De Peña, 2003).

Además de estos minerales los cereales contienen otros minerales muy interesantes para la salud. Entre ellos tenemos el potasio, muy adecuado para la retención de líquidos, así como el control de la hipertensión, el fósforo, el cobre, el sodio, el cinc, y el manganeso. Teniendo en cuenta lo anterior y el posible destino de las variedades de sorgo para la alimentación de los pacientes celíacos en el presente trabajo se decidió colateralmente determinar el contenido de minerales en las ocho variedades, aspecto que no se incluye en el *Codex Alimentarius*, determinándose la presencia de seis minerales de los ocho citados anteriormente, para los restantes no se tuvo disponibilidad de patrones.

Como se observa en la figura 3.7 en las ocho variedades de sorgo los minerales que se encuentran en mayor concentración son el calcio, el sodio y el hierro, en ese orden. Los niveles de calcio son mayores en las variedades CIAP 15(PA), CIAP 29F, UDG-110, CIAP 40, y la CIAP 23-1, las cuales poseen concentraciones altas de este mineral. Por su parte en el sodio las variedades VOVAC 49 y VOVAC 44 y UDG-110 tienen las mayores concentraciones, mientras que en el Hierro las variedades UDG-110 y VOVAC 49, son las más enriquecidas con este mineral. Es importante destacar que aunque en menores concentraciones todas las variedades contienen cinc, cobre y manganeso, lo que

garantiza una completa composición de minerales, quedando solo pendiente la determinación de fósforo y magnesio.

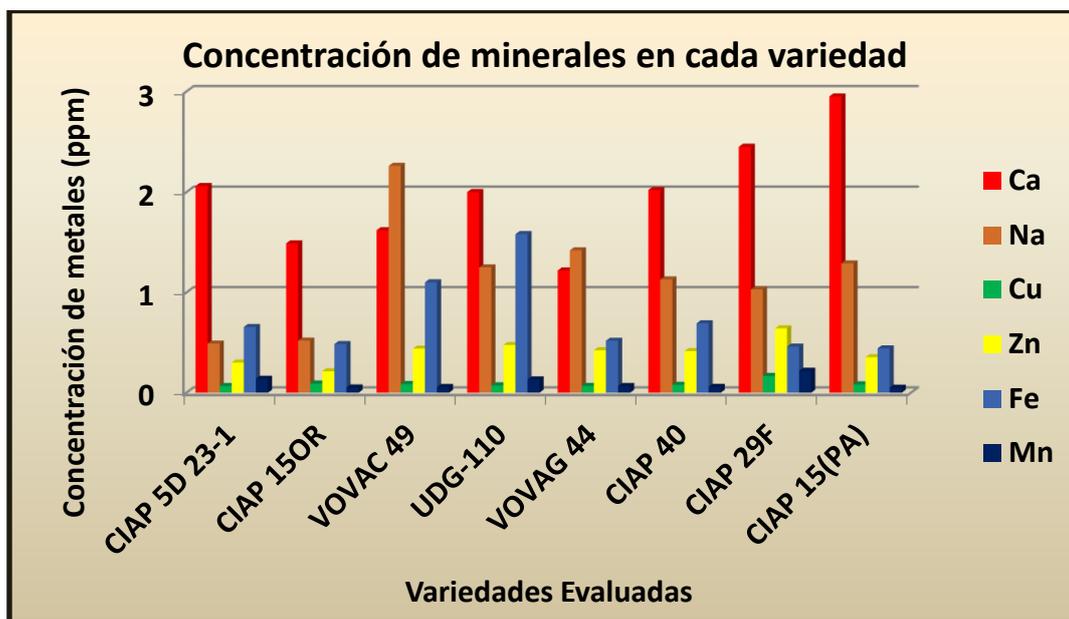


Figura 3.7. Comportamiento del porcentaje de minerales obtenido para cada variedad de sorgo evaluada.

3.3. Obtención de las harinas

Una vez evaluadas las ocho variedades de sorgo en granos, cultivadas en la estación experimental de la UCLV, aplicando el *Codex alimentarius* 173-1989, el grupo de trabajo teniendo en cuenta los ensayos que marcaron diferencias entre las variedades (Proteínas, grasas y minerales), así como la disponibilidad de granos en cada variedad decidió seleccionar cuatro variedades para la obtención de las harinas que serían evaluadas con mayores posibilidades para su uso en la elaboración de alimentos destinados a niños celíacos, según la norma Codex para la harina de este cereal. Las variedades seleccionadas fueron **CIAP SD 23-1**, **VOVAC 49**, **UDG-110** y **CIAP 29F** y para esta selección se tuvo como criterios fundamentales que estas variedades son las que poseen mayor potencial de rendimiento agrícola, superiores a 2 t/ha en su primer corte y resistencia al interperismo (manchado del grano) lo cual limita en gran medida la elaboración de harina destinada a la alimentación humana, además, estas variedades se corresponde con las de mayor contenido de proteínas y en el caso de las variedades CIAP SD 23-1 y UDG-110 poseen el mayor contenido de grasa en sus granos, aspectos positivos al evaluar un cereal.

Belkis Isabel Ruíz Álvarez

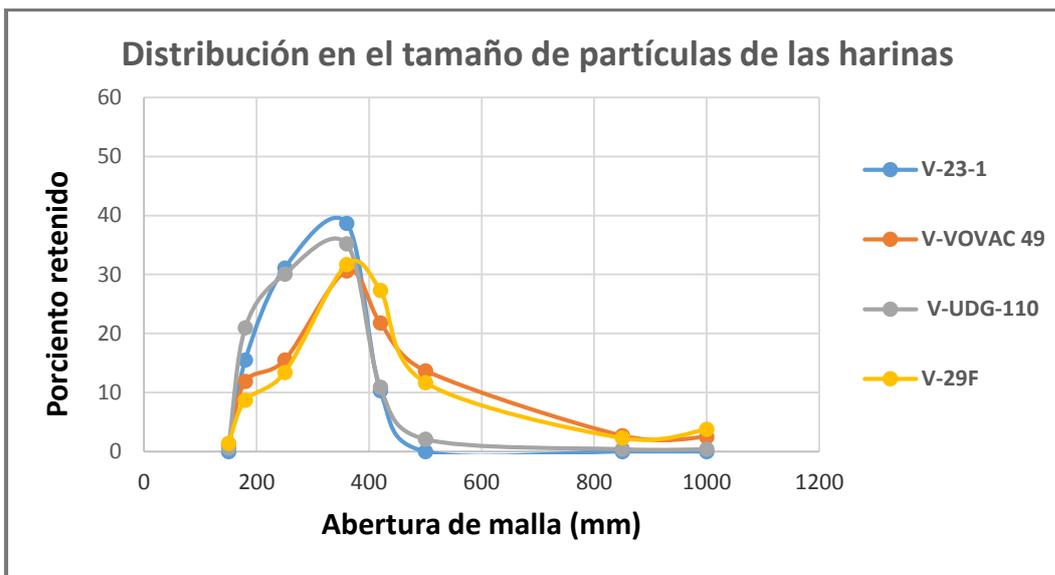


Figura 3.8. Distribución del tamaño de partículas obtenido en cada variedad seleccionada para la elaboración de la harina.

Como se observa en la Figura 3.8 se obtuvo un comportamiento en la distribución de tamaños de partículas donde el mayor porcentaje (Por encima de 80%, para cada variedad) se obtiene en los tamices por debajo de 0.5mm, lo que se corresponde con lo establecido por el *Codex alimentarius 173-1989*, descrita para la harina del sorgo. Lo anterior justifica un alto aprovechamiento del grano en la obtención de la harina.

3.4. Aplicación del *Codex Alimentarius* para la evaluación de la harina de sorgo (CODEX STAN 173-1989 (Rev. 1-1995) obtenida de cuatro variedades seleccionadas de este cereal, cultivado en la Estación experimental de la UCLV.

La evaluación de harina obtenida de estas cuatro variedades conforma la segunda parte del presente trabajo y para ello se aplicaron los índices de calidad de la harina de sorgo descritos en la Norma *Codex Alimentarius* (CODEX STAN 173-1989 (Rev. 1-1995), actualizada por la Organización Mundial de La Salud y la Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación en Roma, 2007, cuyos resultados se describen a continuación.



3.4.1. DESCRIPCIÓN

En este acápite se garantizó lo descrito en la norma que precisa que: La harina de sorgo es el producto que se obtiene de granos de *Sorghum bicolor* (L.) Moench mediante un proceso de molienda industrial en el curso del cual se elimina el tegumento y gran parte del germen y se tritura el endospermo hasta alcanzar un grado de finura apropiado. Estas harinas tienen tamaños de partículas por debajo de 0,5mm, las mismas fueron evaluadas por un especialista del Grupo de Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Granos y Cultivos Industriales, perteneciente al CIAP, que precisó la calidad de las mismas.

3.4.2. COMPOSICIÓN ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD

3.4.2.1. Factores de calidad – generales:

El equipo de trabajo constató que la harina de sorgo estaba apropiada para el consumo humano, exenta de sabores y olores extraños y de insectos vivos; así como que estaba libre de suciedades (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos) que puedan representar un peligro para la salud humana.

3.4.2.2. Factores de calidad – específicos:

3.4.2.2.1. Contenido de humedad: Las harinas evaluadas tienen un porcentaje de humedad muy inferior al límite permisible para este parámetro (15%). Como se observa en la figura 3.9. Estos resultados son muy positivos para el destino por el cual están siendo evaluadas, ya que en la elaboración de alimentos en nuestro país es importante tener un bajo contenido de humedad, por razones de clima, teniendo en cuenta la elevada humedad ambiental que nos caracteriza y que influye de forma directa en todos los productos, desde su elaboración hasta su almacenamiento.

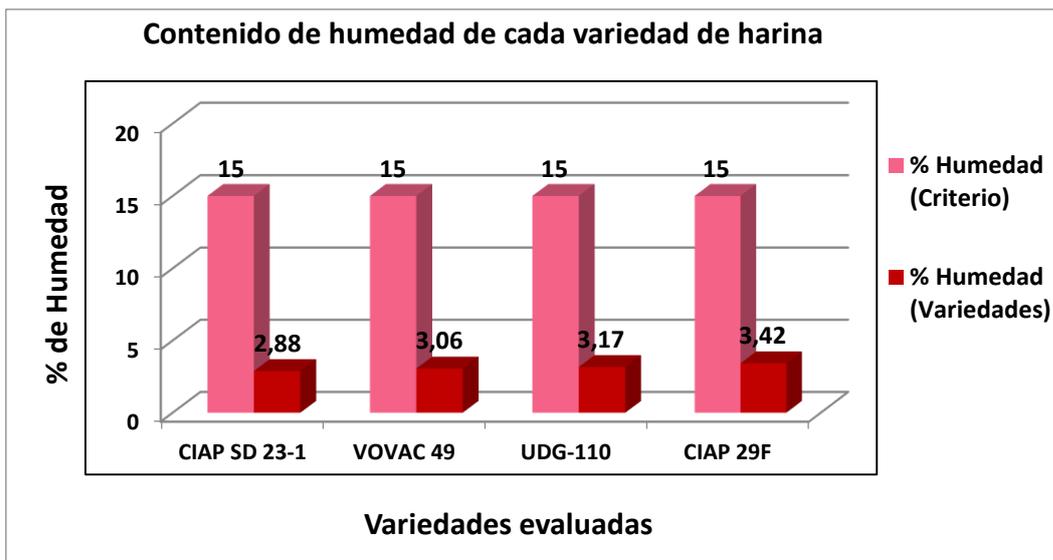


Figura 3.9. Comportamiento del contenido de humedad en las harinas evaluadas (Promedio de tres determinaciones)

3.4.2.1.2. Contenido de Taninos

Teniendo en cuenta que los **taninos**, son compuestos que afectan negativamente el valor nutritivo del sorgo, pues fijan las proteínas del grano reduciendo su disponibilidad y causando una disminución del 10 al 30% (Duodu y col. (2003), se pudo constatar en este ensayo que la composición de taninos en las cuatro variedades evaluadas es prácticamente despreciable (Figura 3.10), lo que avala positivamente una posible selección de cualquiera de estas para la elaboración de alimentos para niños celíacos.

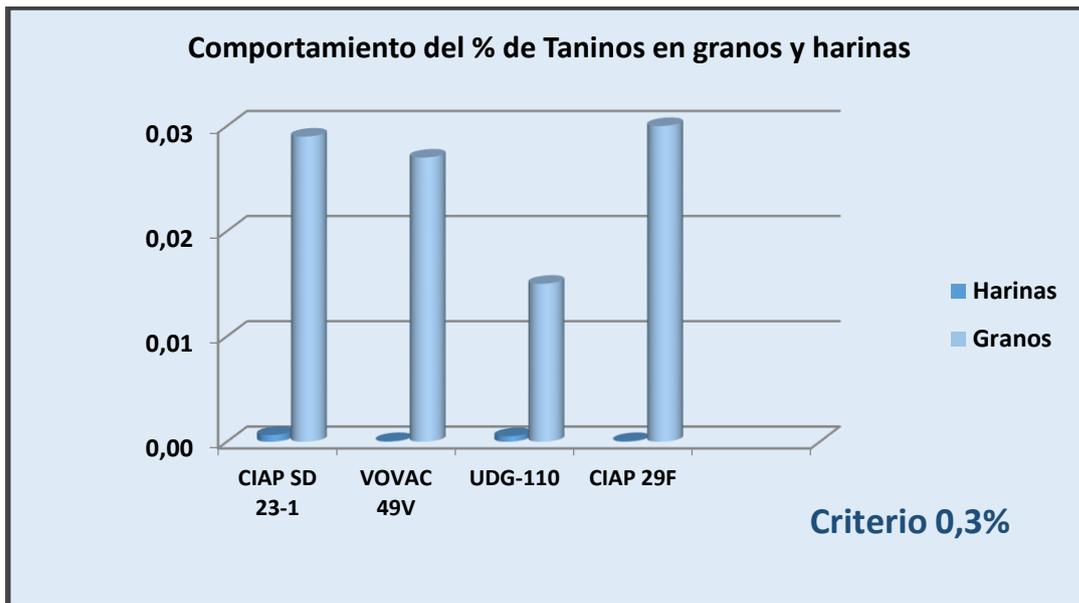


Figura 3.10. Comportamiento del porcentaje de taninos obtenido para las variedades de sorgo evaluadas (Promedio de tres determinaciones).

3.4.3. CONTAMINANTES

3.4.3.1. Micotoxinas

Las micotoxinas son sustancias producidas por determinados hongos filamentosos como producto de su metabolismo secundario, pueden contaminar los alimentos y las materias primas para su elaboración originando un grupo de enfermedades o trastornos llamados micotoxicosis y que resultan tóxicas para el hombre y los animales

Los resultados obtenidos para cada variedad aparecen descritos en las tablas 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5. Las variedades CIAP 23-1 y la CIAP 29F fueron contaminadas de forma similar, solo por las micotoxinas del hongo *aspergillus* y la solución madre de la variedad 23-1 fue también afectada por las del hongo *penicillium*. Por su parte la variedad VOVAC 49 V arrojó los peores resultados siendo afectada por las micotoxinas de los hongos *aspergillus* y *penicillium*; mientras que la variedad UDG 110 resultó ser la de menor contaminación, solo presentándose esta en la solución de mayores concentraciones para el hongo *aspergillus*, en las cuales se observaron pequeñas colonias. En las cuatro variedades de harina durante las 96 horas del estudio, no se observó crecimiento de las micotoxinas del hongo *fusarium*, lo que resulta de gran

Belkís Isabel Ruíz Álvarez



importancia porque este hongo genera las micotoxinas más perjudiciales para la salud.

Teniendo en cuenta que la norma prescribe que la harina de sorgo deberá ajustarse a los límites establecidos por la Comisión del *Codex Alimentarius* 173-1989 para este producto, la cual prescribe que este producto deberá tener límites bajos de micotoxinas, y considerando lo que se explicó anteriormente que en el ensayo realizado en el presente trabajo se detectó la presencia de micotoxinas en las cuatro diluciones, quedaría pendiente determinar la concentración de estas en futuras investigaciones para determinar si estas se encuentran en los límites permisibles..

Tabla 3.2. Resultados obtenidos en la detección de micotoxinas en la Variedad CIAP 23-1.

	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Fusarium</i>
Solución Madre	x	x	-
Concentración 10⁻¹	x	-	-
Concentración 10⁻²	x	-	-
Concentración 10⁻³	x	-	-

Tabla 3.3. Resultados obtenidos en la detección de micotoxinas en la Variedad CIAP 29 F.

	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Fusarium</i>
Solución Madre	X	-	-
Concentración 10⁻¹	X	-	-
Concentración 10⁻²	X	-	-
Concentración 10⁻³	x	-	-

Belkis Isabel Ruiz Álvarez



Tabla 3.4. Resultados obtenidos en la detección de micotoxinas en la Variedad **VOVAC 49.**

	Aspergillus	Penicillium	Fusarium
Solución Madre	X	X	-
Concentración 10⁻¹ 1	X	X	-
Concentración 10⁻² 2	X	X	-
Concentración 10⁻³ 3	X	-	-

Tabla 3.5. Resultados obtenidos en la detección de micotoxinas en la Variedad **UDG 110**

	Aspergillus	Penicillium	Fusarium
Solución Madre	X	-	-
Concentración 10⁻¹ 1	x	-	-
Concentración 10⁻² 2	-	-	-
Concentración 10⁻³ 3	-	-	-

3.4.4. HIGIENE

En la manipulación de las harinas el equipo comprobó que el producto estaba exento de microorganismos, parásitos ni sustancia procedente de microorganismos, en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

3.4.5. ENVASADO Y ETIQUETADO

El equipo de trabajo constató que la harina de sorgo se envasó en recipientes que salvaguardan las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto. Los recipientes, incluido el material de envase, deberán estar fabricados con sustancias que son inocuas y adecuadas para el

Belkis Isabel Ruiz Álvarez

uso al que se destinan y se garantiza que no se trasmite al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores desagradables.

El producto fue entregado con la etiqueta “harina de sorgo” en el envase.

3.4.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO

3.4.6.1. Cenizas

Los valores de cenizas obtenidos para tres de las harinas evaluadas (**Figura 3.11**) se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma (Variedades CIAP 23-1, CIAP 29F y UDG-110), no así para la variedad VOVAP 49, aunque en esta variedad el valor de cenizas obtenido se encuentra muy cerca del límite. Estos resultados confirman lo obtenido para este parámetro en los granos, donde la falta de experiencia en el decorticado de la semilla elevó los valores de cenizas ya que en la testa es donde se acumulan la mayor cantidad de compuestos inorgánicos.

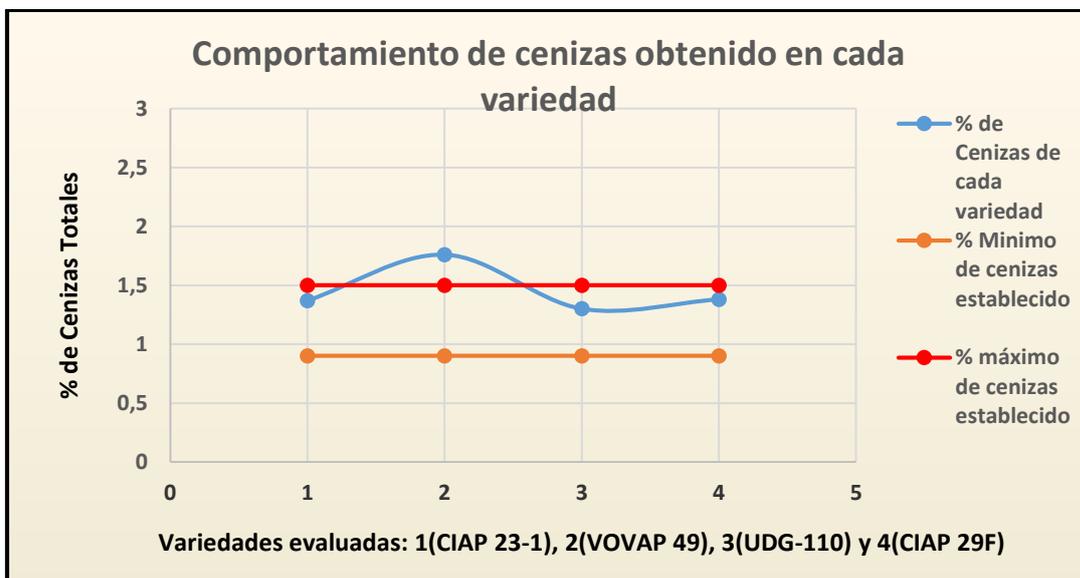


Figura 3.11. Comportamiento del porcentaje de cenizas obtenido para las harinas evaluadas (Promedio de tres determinaciones).

3.4.6.2. Proteínas

Según Lasztity (1996) este grano tiene un contenido de proteínas que varían desde el 6% a 18%, con un promedio de 11% (Lasztity, 1996); mientras que la

Belkis Isabel Ruiz Álvarez

norma aplicada en la evaluación fija como criterio que la harina de este cereal deberá superar el 7% de proteínas. Según muestra la **Figura 3.12** solo la variedad VOVAC 49 no cumple con este parámetro.

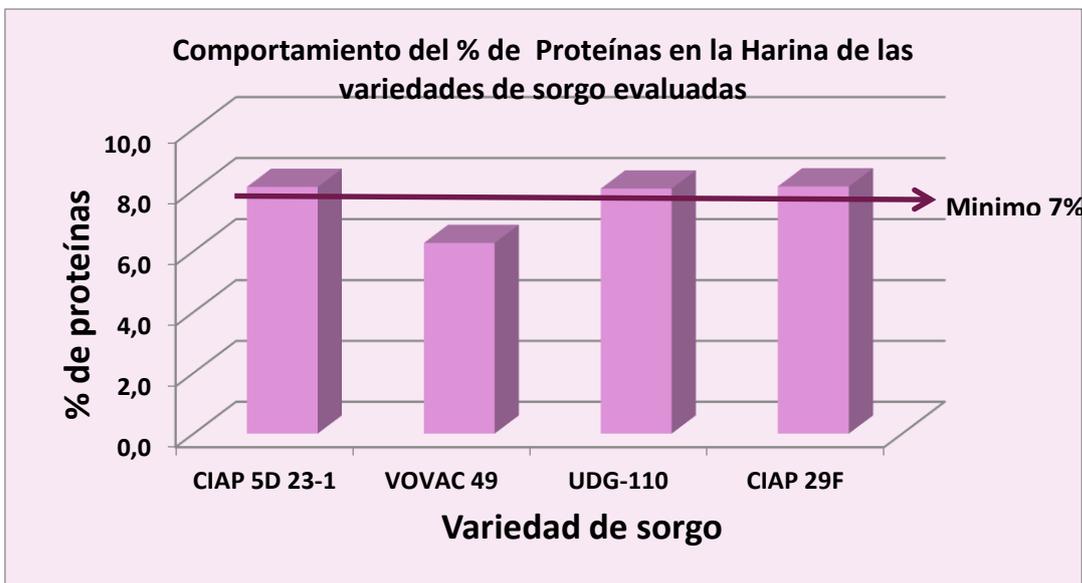


Figura 3.12. Comportamiento del % de Proteínas en las harinas de las cuatro variedades de sorgo evaluadas (Promedio de tres determinaciones).

3.4.6.2. Contenido de Grasa

Como se observa en la **Figura 3.13**, teniendo en cuenta los límites establecidos por la norma **173-1989**, solo la variedad VOVAC 49 no se encuentra en el rango establecido. Este resultado las restantes variedades para su uso en la alimentación humana ya que la presencia de grasa contribuye en buena medida en el valor nutricional así como la estabilidad en el almacenamiento del alimento elaborado con el cereal.

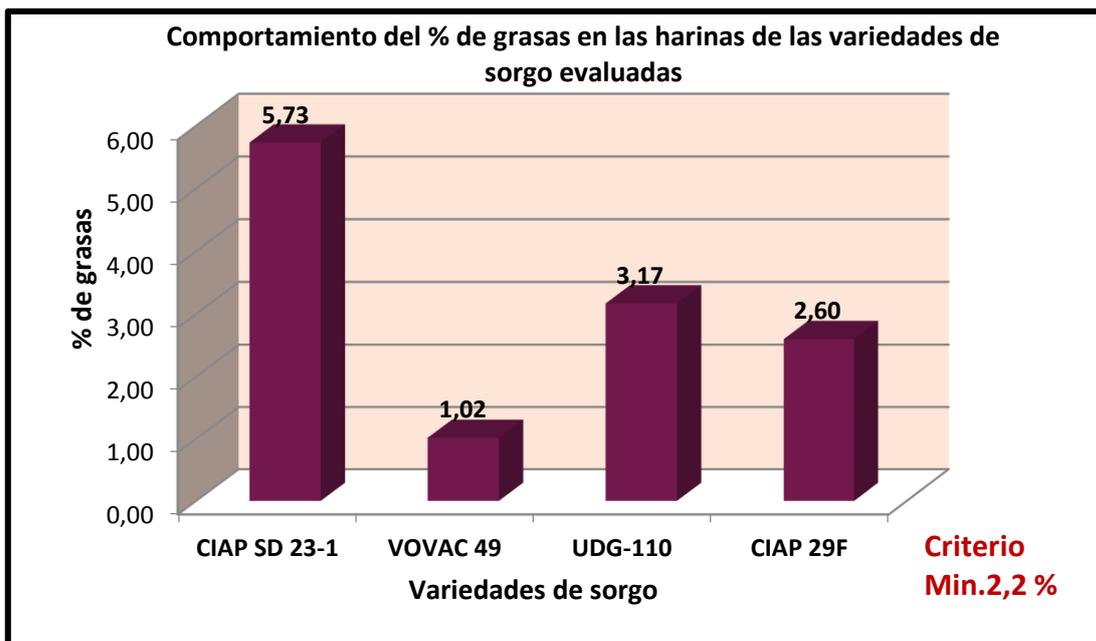


Figura 3.13. Comportamiento del % de grasas en las harinas de las cuatro variedades de sorgo evaluadas

3.4.6.3. Tamaño de Partículas

Se constató que el 100 % de las harinas evaluadas pasaron a través de un tamiz en el cual la dimensión de los orificios de la malla sea de 0,5 mm de diámetro (harina “fina”).

Consideraciones finales

Debido a la importancia de los cereales en la cadena alimentaria humana, el procesamiento de los cereales ha evolucionado dramáticamente desde sus humildes comienzos como una de las industrias más antiguas del mundo, hasta la industria sofisticada que actualmente conocemos (Oramas, 1998). En el mercado es posible encontrar una amplia gama de productos a base de cereales y pseudocereales, los cuales se consumen bajo diferentes formas (Caballero, 1998).

Después de haber realizado la evaluación de las ocho variedades propuesta del banco de germoplasma del CIAP, por el Grupo de Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Granos y Cultivos Industriales de ese centro de investigaciones y haciendo un análisis integral de los resultados se considera que: la variedad UDG-110 cumple integralmente con todos los parámetros

Belkís Isabel Ruíz Álvarez



evaluados, destacándose los mejores resultados obtenidos en el contenido de cenizas, taninos y proteínas. Además, en esta variedad se destaca el contenido de minerales tales como hierro, calcio y sodio. Por su parte al aplicar la norma 173-1989 en la evaluación de las harinas de las cuatro variedades seleccionadas se ratificaron los resultados satisfactorios obtenidos para la variedad UDG-110, por ser en la que se cumple con los parámetros cenizas, proteínas y grasa con mejores resultados que las demás, mientras que en los demás parámetros se iguala al resto de las harinas.

Teniendo en cuenta lo anterior, la disponibilidad de este cereal en nuestra área geográfica y la necesidad de encontrar soluciones para la alimentación de los pacientes celíacos los resultados del presente trabajo poseen una aplicación inmediata, aunque se precisan realizar algunos ensayos para completar la evaluación (determinación de contaminantes).



CONCLUSIONES



CONCLUSIONES.

1. La aplicación de los ensayos que incluye el *Codex Alimentarius* 172-1989 a las ocho variedades de sorgo en grano permitió comprobar el cumplimiento en todas las variedades de las características organolépticas, de las normas de envasado y etiquetado y los límites establecidos para el contenido de humedad, taninos y grasa; mientras que el contenido de cenizas sólo fue cumplido por las variedades UDG-110 y CIAP-15 (PA) y el de proteínas por las variedades VOVAC 44, CIAP 29F, VOVAC 49, CIAP 23-1 y UDG-110.
2. Al aplicar los ensayos que incluye el *Codex Alimentarius* 173-1989 a las cuatro variedades de harina, se comprobó el cumplimiento de todos los ensayos de la norma para la CIAP 23-1, CIAP 29F y UDG-110, mientras que la VOVAC 49 no cumple con los métodos de análisis y muestreo.
3. La determinación de minerales en los granos de las ocho variedades, utilizando la técnica de absorción atómica, confirmó que la UDG-110 posee el mayor contenido de hierro y cinc, además de un alto porcentaje de calcio, lo que le pudiera conferir la característica de variedad biofortificada.
4. Los resultados obtenidos avalan la variedad UDG-110, seguida por las variedades CIAP 23-1 y CIAP 29F, para consumo humano, al obtenerse para ellas los mejores resultados en la aplicación del *CODEX Alimentarius* para granos y harinas.



RECOMENDACIONES



RECOMENDACIONES

1. Realizar la determinación de contaminantes (metales pesados) en las variedades de sorgo en grano y las harinas obtenidas de este, aplicando lo descrito en el *Codex Alimentarius* correspondiente.
2. Realizar el ensayo de color incluido en los métodos de análisis y muestreo de las harinas.



*REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS*



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUERO, R. 1983. Utilización del grano de sorgo como fuente energética en raciones para cerdos en crecimiento y engorde. *Zootecnia Tropical*, 1:54.
- AGUIRRE - ARENAS, J., ESCOBAR - PÉREZ, M. & CHÁVEZ - VILLASANA, A. 1998. *Evaluación de los patrones alimentarios y la nutrición en cuatro comunidades rurales* [Online]. Available: <http://www.insp.mx/salud/40/405-3.html> [Accessed].
- ANGLANI, C. 1998. Sorghum for human food – A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 52 (1), 85–95.
- AOAC, O. M. 2005. AOAC Official Methods of Análisis
- AWIKA, J. M. & ROONEY, L. W. 2004. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*, 65 (9), 1199–1221.
- BADI SM & RC, H. 1976. Use of sorghum and pearl millet flours in cookies. *Cereal Chem*, 53, 733–8.
- BANAS, A., DEBSKI, H., BANAS, W., HENEEN, W. K., DAHLQVIST, A., BAFOR, M., GUMMESON, P. O., MARTTILA, S., EKMAN, A., CARLSSON, A. & STYMNE, S. 2007. Lipids in grain tissues of oat (*Avena sativa*): differences in content, time of deposition, and fatty acid composition. *J Exp Bot*, 58, 2463-70.
- BELTON, P. S., DELGADILLO, I., HALFORD, N. G. & SHEWRY, P. R. 2006. Kafirin structure and functionality. *J Cereal Sci*, 44, 272-86.
- CABALLERO, C. 1998. Sorgo forrajero. *ABC Rural*, 3, 9.
- CANET, R., CHAVIANO, M., ALEMÁN, L. & CABELLO, R. 2003. Guía técnica para la producción del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). La Habana: Ministerio de la Agricultura.
- CARL - HOSENEY, R. 2011. *Principios de la ciencia y tecnología de los cereales*
- CARR, T. P., WELLER, C. L., SCHLEGEL, V. L., CUPPETT, S. L., GUDERIAN, J. & JOHNSON, K. R. 2005. Grain sorghum lipid extract reduces cholesterol absorption and plasma non-HDL cholesterol concentration in hamsters. *The Journal of Nutrition*, 135, 2236-2240.
- CAUVAIN, S. P. (ed.) 1998. *Other cereals in breadmaking*, London: Blackie Academic and Professional.
- CHOTO CE, MORAD MM & LW., R. 1985. The quality of tortillas containing whole sorghum and pearled sorghum alone and blended with yellow maize. *Cereal Chem*, 62, 51–5.
- CLAYTON, W. D., HARMAN, K. T. & WILLIAMSON 2010. Sorgos.
- DENDY, D. A. V. (ed.) 1992. *Composite flour-past, present, and future: a review with special emphasis on the place of composite flour in the semi-arid zones.*, India: ICRISAT.
- DUODUA, K. G., TAYLORA, J. R. N., BELTONB, P. S. & HAMAKER, B. R. 2003. Factors affecting sorghum protein digestibility. *Journal of Cereal Science*, 38, 117-131.
- DYKES, L. & ROONEY, L. W. 2006. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *Journal of Cereal Science*, 44, 236-251.



- EMMAMBUX, M. N. & TAYLOR, J. R. N. 2009. Properties of heat-treated sorghum and maize meal and their prolamin proteins. *J Agric Food Chem*, 57, 1045-50.
- EZEOGU, L. I., DUODU, K. G., EMMAMBUX, M. N. & TAYLOR, J. R. N. 2008. Influence of cooking conditions on the protein matrix of sorghum and maize endosperm flours. *Cereal Chem*, 85, 397-402.
- FAO 2005. El sorgo y el mijo en la nutrición humana.
- FAO 2013a.
- FAO. 2013b. *Perspectivas Alimentarias: Análisis de los Mercados mundiales* [Online]. Available: <http://www.fao.org/docrep/013/al969s/al969s00.pdf> [Accessed].
- FEBLES, C. I., ARIAS, A., HARDISSON, A., RODRIGUEZ - ALVAREZ, C. & SIERRA, A. 2001. Phytic acid level in infant flours. *Food Chemistry*, 74, 437-441.
- GIL - HERNANDEZ, A. 2010. Cereales y productos derivados. *Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los alimentos*.: Editorial Panamericana.
- GILBERT, P. M. 1999. Sorgo en nutrición animal. *ABC Rural*, 3.
- HAHN, D. H., ROONEY, L. W. & EARP, C. F. 1984. Tannins and Phenols of Sorghum *Cereals Food World* 29
- HERNÁNDEZ - RODRÍGUEZ, M. & SASTRE - GALLEGO, A. 1999. Tratado de Nutrición. *Jungermann Mohle*, 56, 401-415.
- HERNANDEZ. 2010. *Cereales y derivados, composición y propiedades* [Online]. Available: <http://edualimentaria.com/cereales-y-derivados-composicion-y-propiedades>.
- HULSE, J. H., LAING, E. M. & PEARSON, O. E. 1980 Grain processing. *Sorghum and millets: their composition, and nutritive value*. London: Academic Press.
- HWANG, K. T., CUPPETT, S. L., WELLER, C. L. & HANNA, M. A. 2002a. HPLC of grain sorghum wax classes highlighting separation of aldehydes from wax esters and steryl esters. *Journal of Separation Science*, 25, 619-623.
- HWANG, K. T., CUPPETT, S. L., WELLER, C. L. & HANNA, M. A. 2002b. Properties, composition and analysis of grain sorghum wax. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79, 521-527.
- HWANG, K. T., WELLER, C. L., CUPPETT, S. L. & HANNA, M. A. 2004. Policosanol contents and composition of grain sorghum kernels and dried distillers grains. *Cereal Chemistry*, 81, 345-349.
- INTERNATIONAL WHEAT GLUTEN ASSOCIATION (IWGA): Disponible en <http://www.iwga.net>. Consultada 12/12/12.
- JHOE DE MESA-STONESTREET, N., ALAVI, S. & BEAN, S. R. 2010. Sorghum Proteins: The Concentration, Isolation, Modification, and Food Applications of Kafirins. *Journal of Food Science*, 75.
- KASARDA, D. 2001. Grains in relation to celiac disease. *Cereal Foods World*, 46, 209-10.
- LARRAÑAGA, I., CARBALLO, J., RODRIGUEZ, M. & HERNANDEZ, J. (eds.) 2001. *Cereales y derivados*.



- LASZTITY, R. (ed.) 1996. *Sorghum proteins*: Boca Raton, Fla.: CRC Press.
- LATHAM - MICHAEL, C. 2002. Cereales, raíces feculentas y otros alimentos con alto contenido de carbohidratos. En: Nutrición humana en el mundo en desarrollo. *Colección FAO: Alimentación y nutrición*, 29.
- LINDELL MJ & CE., W. 1984. Soy enrichment of chapaties made from wheat and non-wheat flours. . *Cereal Chem* 61, 435–8.
- LIU, K. S. & MOREAU, R. A. 2008. Concentrations of functional lipids in abraded fractions of hullless barley and effect of storage. *J Food Sci* 73, 569 - 576.
- LIU, K. S. 2011. Comparison of Lipid Content and Fatty Acid Composition and Their Distribution within Seeds of 5 Small Grain Species. *Journal of Food Science*, 76.
- MEHMOOD, S., ORHAN, K., AHSAN, Z., ASLAN, S. & GULFRAZ, M. 2008. Fatty acid composition of seed oil of different Sorghum bicolor varieties. *Food Chemistry*, 109, 855-9.
- MORAD MM, DOHERTY CA & LW, R. 1984a. Quality characteristics of gluten free cookies prepared from different flour combinations. *Food Sci Technol*
- MORAD MM, DOHERTY CA & LW., R. 1984b. Effect of sorghum variety on baking properties of US conventional bread, Egyptian pita “Balady” bread and cookies. *J Cereal Sci*, 49, 1070–4.
- MUNCK, L. (ed.) 1995. *New milling technologies and products: whole plant utilization by milling and separation of the botanical and chemical components*: St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- NC ISO 2171: 2002. Cereales y productos de cereales molidos. Determinación de cenizas totales. (ISO 2171: 1993, IDT)
- NC ISO 712: 2002. Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad. Método de referencia de rutina. (ISO 712: 1998, IDT)
- NORMA CODEX STAN 118. 1979. Codex standard for foods for special dietary use for persons intolerant to gluten.– Pp1-3. Disponible en <http://www.codexalimentarius.net>. Consultada Octubre-2013.
- NORMA DEL CODEX PARA EL GRANO DE SORGO. 1989. CODEX STAN 172
- NORMA DEL CODEX PARA LA HARINA DE SORGO. 1989. CODEX STAN 173
- NORMA ISO 20483: 2006. Cereals and pulses- Determination of the nitrogen content and calculation of protein content- Kjeldahl method.
- NORMA MÉTODOS OFICIALES DE ANÁLISIS (A.O.A.C., Siglas en Inglés) 1990. 15th Edition, U.S.A.
- ORAMAS, G. 1998. Evaluación de variedades promisorias de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) de grano para consumo humano y animal. *Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”, La Habana*, 164.
- OSMAN, R. O., ABD - EL GELIL, F. M., EL-NOAMANY, H. M. & DAWOOD, M. G. 2000. Oil content and fatty acid composition of some varieties of barley and sorghum grains. *Grasas y Aceites*, 51, 157-212.
- OSTROWSKI, B. 1998. Sistemas intensivos en invierno. *Mundo Lácteo*, 4, (44):148.
- PACHECO, D. R. 1998. *Caracterización agronómica de dieciseis maicillos mejorados (Sorghum bicolor L. Moench) en diferentes localidades*. Pregrado.

Belkis Isabel Ruíz Álvarez



- PAZ DE PEÑA, F. (ed.) 2003. *Cereales y Derivados*, España: McGraw-Hill-Interamericana.
- PÉREZ, A., SAUCEDO, O., IGLESIAS, HIDA, B., WENCOMO, F., REYES, G., OQUENDO & IDOLKYS, M. 2010. Caracterización y potencialidades del grano de sorgo *Pastos y Forrajes*, 33.
- QIAO, S., BERGSENG, E., MOLBERG, O., XIA, J., FLECKENSTEIN, B. & KHOSLA, C. 2004. Antigen presentation to celiac lesion-derived T cells of a 33-mer gliadin peptide naturally formed by gastrointestinal digestion. *J. Immunol*, 173, 1757–62.
- SALERMO, J. C. 1998. Forrajeras en su máximo esplendor. *Mundo Lácteo*, 4, (40):46.
- SATIN, M. 1988. Bread without wheat. Novel ways of making bread from cassava and sorghum could reduce the Third World's dependence on imported wheat for white bread. *New Sci*, 56-9.
- SAUCEDO, O. M. 2008. Empleo del sorgo en la alimentación animal y humana. Universidad Central de Las Villas. Villa Clara, Cuba.
- SCHOBER, T. J., MESSERSCHMIDT, M. & BEAN, S. R. 2005. Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. *Cereal Chem* 82, 394-404.
- SEBASTIÁN, M. 2012. *Cereales* [Online]. Available: 1 http://wzar.unizar.es/curso/nutricion/d15_c.html.
- SERNA-SALDIVAR SO, TELLEZ-GIRON A & LW., R. 1988. Production of tortilla chips from sorghum and maize. *Cereal Sci*, 8, 275–84.
- SOLLID, L. M. & KHOSLA, C. 2005. Opción terapéutica en el futuro para la enfermedad celiaca. *Nature Clinical Practice Gastroenterology & Hepatology*, 2, 140-147.
- SUHENDRO EL, KUNETZ CF & CM, M. 2000. Cooking characteristics and quality of noodles from food sorghum. *Cereal Chem*, 77, 96–100.
- SWETA, R., AMARJEET, K. & BALJIT, S. 2004. Technical Program Abstracts. Nevada, USA. .
- VALDÉS, L. R. & SAUCEDO, C. O. 2006. El sorgo entre las perspectivas terapéuticas de la enfermedad celíaca. *Medicentro*, 10.
- VARADY, K. A., WANG, Y. & JONES, P. J. H. 2003. Role of policosanols in the prevention and treatment of cardiovascular disease. *Nutrition Reviews*, 61, 376 - 383.
- VITALE, J. D. 1998. Expected effects of devaluation on cereal production in the Sudanian region of Mali. *Agricultural Systems*, 57, (4):489.
- WATSON, L. & DALLWITZ, M. J. 2008. The grass genera of the world: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval; including synonyms, morphology, anatomy, physiology, phytochemistry, cytology, classification, pathogens, world and local distribution, and references. *The Grass Genera of the World*.
- WATSON, L. & DALLWITZ, M. J. 2010. Sorgos. WWW.BOTANICAL.COM/PROPIEDADESDELOSCEREALES. Consultado mayo, 2013.
- YOUNG R, HAIDARA M & ROONEY LW 1990. Parboiled sorghum: development of a novel decorticated product. *Cereal Sci* 11, 277–89.

Belkís Isabel Ruíz Álvarez



- YOUSSEF, M. M. A., MOHARRAM, Y. G., MOUSTAFA, H., BOLLING, H., EL-BAYA, A. & HARMUTH, A. E. 1990. New Extruded Products from Sorghum. *Food Chemistry*, 37 (3), 189–199.
- ZIMMER, N. & CORDESSE, R. 1996. *INRA Prod Anim*, 9, 167-179.