

## Capitulo 5: Calidad nutricional de los alimentos preparados con sorgo y mijos

[Indice](#) - [◀ Precedente](#) - [Siguiente ▶](#)

Es lógico que cuando se elabora un grano se eliminen algunos nutrientes y también que la eliminación de cualquier parte de cualquier elemento del grano que no guarde las exactas proporciones influya en la calidad nutricional de lo que quede. En consecuencia, el efecto nutricional de la elaboración depende probablemente tanto de la cantidad del material que se elimina como del método empleado para ello. Es difícil, pues, comparar distintos resultados obtenidos con distintas técnicas de preparación. Reichert y Youngs (1977) señalaron que el sorgo y el mijo descortezados tradicionalmente tienen un mayor contenido de aceite y ceniza que el grano descortezado por abrasión, pero que el contenido proteínico era análogo y Pushpamma (1990) informó que el descortezamiento reduce la proteína y lisina totales en un 9 y un 21 por ciento respectivamente pero que mejoraba también la utilización de la proteína restante. La pérdida de minerales fue también mínima. El descortezamiento mejora la disponibilidad biológica de los nutrientes y la aceptabilidad por el consumidor.

El que la eliminación de nutrientes (y elementos antinutricionales) sea a la postre beneficiosa es una cuestión que habrá de analizarse siempre muy atentamente. Hay que considerar también los factores organolépticos. Lo que se hace realmente no es siempre nutricionalmente lo mejor y lo que es óptimo en un tipo de dieta no siempre lo es para otra.

La germinación da lugar a cambios notables en la calidad nutritiva de un cereal. Naturalmente habrá

cambios debidos a la pérdida de materia seca. pero otros rasgos más importantes como el aumento de la actividad enzimática y la transformación del almidón en azúcares, se deben al proceso de crecimiento. Siempre se ha citado la toxicidad del cianuro en el sorgo germinado. Hay que tener siempre en cuenta el peligro de enfermedad o muerte por la ingestión de cianuro.

### CUADRO 26 Efecto del tiempo y la temperatura en la calidad nutricional de las semillas de sorgo germinadas<sup>1</sup>

Temperatura y tiempo después de la germinación (C/días)	Germinación (%)	Longitud de los coleoptiles (cm)	VN relativo (%)	REP <sup>2</sup>	Aminoácido disponible(mg/g N)		
					Lisina	Triptófano	Metionina
0 <sup>3</sup>	-	-	54,6	1,5	13,5	6,8	8,5
<b>25°C</b>							
2	10-15	0,2-0,4	48,6	1,4	24,0	4,8	8,4
3	15-20	0,5-1,0	54,0	1,5	33,0	7,6	11,5
4	25-35	2,5-5,5	67,8	1,8	45,0	15,2	18,6
5	25	2,5-8,5	68,9	1,8	28,0	15,0	15,3
<b>30°C</b>							
2	10	0-1,0	52,4	1,4	15,0	7,2	7,2

3	10-15	2,4-4,5	62,1	1,7	21,0	8,8	7,5
4	20-30	2,5-7,0	58,0	1,6	33,0	12,0	13,8
5	30	3,5-7,5	62,4	1,7	33,0	15,2	14,3
6	30	5,0-10,0	78,3	2,0	69,0	18,6	19,5
35	C						
2	15-20	2,0-3,0	54,7	1,5	30,0	9,4	14,0
3	10	3,5-5,5	62,4	1,7	26,3	8,0	10,2
4	10	4,0-7,0	63,0	1,7	24,0	12,0	10,0

**1 N = 1.** Las semillas germinaron en jarras de cristal de un cuarto se secaron a 50C y se molieron en un molino Willey

**2 REP = 0,286 + 0,022(VN relativo)** Los valores se redondearon en 0.1 REP.

**3 Testigo de semillas no germinadas**

**Fuente:** Wang y Fields, 1978.

Wang y Fields ( 1978) llegaron a la conclusión de que la germinación del sorgo aumentaba su valor nutritivo (VN) relativo del 54,6 por ciento al 63 por ciento y la REP del 1,5 a 1,7. Hubo aumentos sustanciales en la lisina, metionina y triptófano (Cuadro 26). Malleshi y Desikachar ( 1986b) señalaron que la germinación del mijo coracón, mijo parla y mijo cala de zorra daba lugar a una ligera reducción en la proteína y humedad totales. La ventaja principal era una reducción en el nivel de fitato y un aumento en los niveles de ácido ascórbico, lisina y triptófano. Malleshi et al. (1986) llegaron también a la conclusión de que la germinación reducía considerablemente la cantidad de fitato, mejorando de esa forma la absorción del hierro. La brotación, el tostado y el cernido reducía el contenido proteínico del mijo perla de 7,7 a 3,9 por ciento (Hemanalini et al., 1980).

**CUADRO 27 Medias de contenidos de nutrientes en harinas de sorgo<sup>1</sup>**

Tipo de harina	Metionina (mg/g N)	Lisina (mg/gN)	Tiamina (µg/g)	Riboflavina (µg/g)	Niacina (µg/g)	VN relativo (%)
Testigo	9,1a*	11,25a*	3,66ab**	1,34a**	68,39a**	45,57b**
Fermentada, 25C	33,2b	25,68b	3,18a	1,27a	70,88a	55,10a
Fermentada, 35C	34,5b	26,79b	3,87b	1,38a	70,91a	56,17a

1 N = 5. Las medias con letras diferentes son considerablemente distintas \* Importante a P < 0,01:

\*\*Importante a P < 0,05

*Fuente:* Au y Fields, 1981.

Los cambios que se verifican durante la fermentación comprenden aumentos del nitrógeno amina, la ruptura de las proteínas y la destrucción de cualesquiera inhibidores que puedan estar presentes. Kazanas y Fields ( 1981 ) y Au y Fields ( 1981 ) observaron como resultado de la fermentación del sorgo un aumento considerable en varios aminoácidos (especialmente la metionina) y vitaminas (Cuadro 27). También observaron que aumentaba su VN. Axtell et al., (1981) hallaron que los productos fermentados de sorgo eran más digeribles que los no fermentados. La fermentación o acidificación inhibe el efecto que tienen los polifenoles como enlace de la proteína (Bach Knudsen y Munck, 1985). Obizoba y Atii (1991) señalaron que la fermentación reduce también el nivel de cianuro en el sorgo brotado. También reduce el almidón resistente a la enzima y disminuye la concentración de flatulencias que causan la rafinosa y la estaquiosa de los azúcares (Odufa y Adeyele, 1987). La digestibilidad del almidón y proteína en el rabali, que se hace con mijo perla, aumentaba con el tiempo de fermentación (Dhankher y Chauhan, 1987).

**CUADRO 28 Formas de utilización del sorgo y los mijos en India**

Alimentos	Tipo de producto	Tipo de grano empleado	Consumidores	
			N	porcentaje1
<b>Sorgo</b>				
<i>Roti</i>	Pan plano sin levadura	Harina	1 132	67
<i>Sangati</i>	Gachas consistentes	Mezcla de partículas gruesas y harina	811	48
<i>Annam</i>	Como arroz	Grano descascarado	586	35
<i>Kudumulu</i>	Hervido	Harina	295	18
<i>Dosa</i>	Torta	Harina	213	13
<i>Ambali</i>	Gachas delgadas	Harina	167	10
<i>Boorelu</i>	Muy frito	Harina	164	10
<i>Pelapindi</i>	Grano entero reventado y harina	Mezcla de partículas gruesas y harina	94	6
<i>Karappoosa</i>	Muy frito	Harina	42	3
<i>Thapala chakkalu</i>	Poco frito	Harina	24	
<b>Mijo perla</b>				
<i>Roti</i>	Pan sin levadura	Harina	706	88
<i>Sangati</i>	Gachas consistentes	Mezcla de partículas	305	38

<i>Annam</i>	Como arroz	gruesas y harina Grano descascarado	268	33
<i>Kudumulu</i>	Hervido	Harina	229	29
<i>Boorelu</i>	Muy frito	Harina	145	18
<i>Dosa</i>	Torta	Harina	26	3
<i>Thapala chakkalu</i>	Poco frito	Harina	24	3
<i>Ambali</i>	Gachas delgadas	Harina	22	3
<b>Mijo coracón</b>				
<i>Sangati</i>	Gachas consistentes	Arroz quebrado y harina	308	63
<i>Roti</i>	Pan sin levadura	Harina	151	31
<i>Ambali</i>	Gachas delgadas	Harina	149	31
<b>Mijo proso</b>				
<i>Annam</i>	Como arroz	Grano descascarado	236	94
<i>Muruku</i>	Muy frito	Harina	96	38
<i>Karappoosa</i>	Muy frito	Harina	37	15
<i>Ariselu</i>	Muy frito	Harina	17	7
<b>Mijo cola de zorra</b>				
<i>Annam</i>	Como arroz	Grano descascarado	517	96
<i>Ariselu</i>	Muy frito	Harina	21	4
<i>Sangati</i>	Gachas consistentes	Harina	12	2

Roti	Pan sin levadura	Harina	7	1
<b>Mijo kodo</b>				
Annam	Como arroz	Grano descascarado	76	96

**1 Porcentaje que consume la preparación especificada entre los consumidores investigados para cada grano. Por ejemplo el 67 por ciento de los consumidores de sorgo reportados lo consumen preparado como roti.**

**Fuente:** Pushamma y Chittemma Rao, 1981.

Macleán et al., (1983) demostraron que el descortezado y la extrusión del sorgo podían mejorar notablemente la digestibilidad aparente de la proteína de sorgo que se da a los niños pequeños. La adición de hidróxido de calcio antes de la extrusión mejoraba también la digestibilidad (Fapojuwo et al., 1987).

---

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/">

---

## Preparados culinarios

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

La utilización del sorgo y de los mijos para confeccionar alimentos puede agruparse en dos categorías los productos tradicionales y los industriales no tradicionales. Los granos, procesados o no, se pueden cocer enteros o descortezados y si es necesario molidos para obtener harina por medio de uno de los métodos



Hervido a semejanza de alimentos con arroz	<i>Annam, acha</i>	Africa, India
Alimentos de refrigerio		Africa, Asia
Cervezas opacas dulces/amargas	<i>Burukutu, dolo, pito, talla</i>	Africa occidental
Cervezas opacas amargas	<i>Mansa, basaa, merissa, urwaga, mwenge, munkoyo, utshwala, utywala, ikigage</i>	Sudán, Africa austral
Bebidas no alcohólicas	<i>Mebewu, amaheu, marewa, magou, leting, abrey, huswa</i>	Africa

**Fuente: Rooney y McDonough, 1987**

### Grano entero

Los granos verdes de sorgo se tuestan a veces enteros. El sorgo y en menor medida el mijo perla y el mijo coracón se hacen estallar (se calientan secos para hacerlos reventar) en los pueblos de la India (Subramanian y Jambunathan, 1980). El grano se suele hacer reventar en platos calientes especiales o en baños de arena calentados al fuego. El sorgo reventado parece ser más blando que el maíz, contiene menos cascara, no se mete entre los dientes y hace menos ruido al comerlo. En general, las características que son deseables en el sorgo reventado son un tamaño pequeño del grano, un pericarpio de mediano a espeso, un endospermo duro y una relación muy baja entre el germen y el endospermo (Murty et al., 1982a,b). En el sorgo existen diferencias genotípicas notables por lo que se refiere al volumen que alcanza al reventar, a la proporción expansiva y al porcentaje de grano reventado (Thorat et al., 1988). En el mijo coracón, existen grandes variaciones Parietales en la calidad del reventado. Se prefieren los tipos de semilla

**blanca: se considera que las variedades de semilla parda no se prestan especialmente para el reventado (Malleshi y Desikachar, 1981; Shukla et al., 1986).**

## **Sémola**

**Los granos de mijo descortezado se hierven a veces en agua y se sirven como el arroz. En muchos países la sémola hecha con sorgo y mijo perla se cuece como el arroz. El sorgo hervido como el arroz se denomina kichuri en Bangladesh lehta wagen en Botswana, kaoliang mi fan en China, nifro en Etiopía y oka baba en Nigeria (Subramanian et al. 1982). Los granos de sorgo y de mijo perla descascarillado se cuecen como el arroz en la India. En Malé se ha desarrollado un producto de sorgo denominado sori que es análogo al arroz. En China, para el sorgo hervido se emplea grano con un índice de extracción del 80 por ciento. A veces se mezclan y cuecen sorgo perla, arroz y frijoles. En algunos lugares pueden utilizarse como sucedáneo del arroz variedades de sorgo con granos pequeños y duros. que se cultivan especialmente para su transformación en alimento.**

**La elaboración del grano en hojuelas o copos es un procedimiento que se emplea generalmente para hacer alimentos de cereales y tanto el sorgo como el mijo se prestan a ello. Se humedece la sémola descortezada con agua y se hierva o cuece para gelatinizar parte del almidón, se seca luego hasta que alcance un contenido de humedad de un 17 por ciento y luego se machaca en un mortero especial (Desikachar, 1975) o se pasa por unos rodillos apropiados (Rizley y Suter, 1977) y así se obtiene un producto plano. Las hojuelas se secan luego y pueden almacenarse durante varios meses. El sorgo es sometido a este procedimiento en los Estados Unidos para mejorar su digestibilidad por el ganado vacuno. En la India, los productos poha y avilakki son alimentos de hojuelas a base de sorgo y mijo.**

**En Africa occidental, se cuecen al vapor la sémola de sorgo y mijo perla para producir un alimento grueso y uniformemente gelatinizado que se denomina cuzcuz. El sorgo con una testa pigmentada produce un**

cuzcuz pardo rojizo con un gusto astringente. El cuzcuz se seca y puede almacenarse durante más de seis meses (Galiba et al., 1987). Se usa como alimento de fácil empleo en el Sahel.

## Gachas

Las gachas, espesas o delgadas, son el alimento más importante de varios países africanos. Las gachas llevan diferentes nombres según los lugares. Las gachas espesas se llaman ugali (Kenya, la República Unida de Tanzania, Uganda), tef (Burkina Faso, el Níger), tuwo (Nigeria), aceada (el Sudán), bogobe, jwa ting (Botswana) y sadza (Zimbabue). En el Cuadro 30 se muestra el valor nutritivo del sorgo entero y descascarado, así como el de los alimentos preparados con ellos. El VB del ugali de sorgo mejoraba si se comparaba con el grano crudo, pero la digestibilidad real de la proteína SC reducía cuando el sorgo se preparaba como ugali (Cuadro 31). El tef de Malí y de partes del Senegal y de Guinea se trata con solución alcalina y tiene un pH 8.2. En Burkina Faso se trata con ácido hasta alcanzar un pH 4,6 y en otras regiones de África el tef es neutro. Son tratamientos éstos que repercuten en las preferencias según gusto y en la nutrición de la gente. Las gachas delgadas se denominan uji (Kenya, la República Unida de Tanzania), ogi o koko (Nigeria, Ghana), edi (Uganda), rouye (el Níger, el Senegal), nasha (el Sudán), rabri (la India), bota o mahewu (Zimbabue) y motogo we ting (Botswana). Para mejorar el valor nutricional de los alimentos tradicionales como gachas se mezclan en distintas proporciones harina de sorgo, malta de sorgo, guandú y cacahuete (Nout et al., 1988).

**CUADRO 30 Composición química de los granos de sorgo entero y descortezado y de platos hechos con ellos<sup>1</sup>**

Variedad y preparación	Proteína (Nx6.25)	Ceniza	Grasa	Fibra cruda	Almidón + azúcar
(% peso/humedad)					

Tetron, grano entero	10,9	1.78	5,1	2.1	72,5
Dabar, grano entero	11,6	1,68	4,0	2.0	73,4
Feterita. grano entero	13,4	2.07	4,1	2.1	71,0
Dabar, descortezado (extracción al 79%)	11,3	1.39	3,3	1.0	79.4
Feterita, descortezado (extracción al 80%)	14,9	0.87	2,7	0,8	74,3
Dabar. ugali. grano entero	11.3	1,56	4,1	2.2	69.9
Dabar, ugali (ácido).grano entero	12,7	1.62	3,8	2,2	69,7
Feterita, ugali, grano entero	14.1	1,39	4,0	2.2	66,5
Tetron. kiswa, grano entero	11,3	1.80	5,3	2.1	71,2
Feterita, kiswa, grano entero	14.1	1,59	5,1	2.4	68,8
Dabar kiswa descortezado (extracción al 79%)	12,6	1,23	4.2	1,1	74.8

**1 Todos los datos se expresan sobre base de materia seca**

**Fuente :Eggum et al., 1983.**

**CUADRO 31 Calidad proteica de los granos de sorgo entero y descortezado y de platos hechos con ellos**

Variedad y preparación	Aminoácidos (g/16 g N)					Digestibilidad real de proteína (%)	Valor biológico (%)	Utilización neta de proteína (%)	Proteína utilizable (%)
	Lisina	Treonina	Metionina + Cistina	Prolina	Acido glutámico				
Tetron, grano entero	2,3	3,3	3,8	8,0	21,2	94,5	57,0	53,8	5,9
Dabar, rano entero	2,1	3,1	3,6	8,2	22,1	95,4	54,9	52,4	6,1
Feterita, grano entero	1,9	3,1	3,5	8,2	22,7	95,8	48,6	46,6	6,2
Dabar descortezado (extracción al 79%)	1,9	3,1	3,5	8,3	22,4	100,0	53,5	53,5	6,1
Feterita, descortezado (extracción al 80%)	1,6	3,0	3,5	8,6	23,5	99,6	43,9	43,7	6,5
Dabar, ugali,	2,1	3,0	3,5	7,9	21,6	87,5	60,8	53,2	6,0

grano entero Dabar ugali (cido)grano entero	2,1	3,0	3,4	7,8	21,3	94,4	54,5	51,4	6,5
Feterita, ugali, grano entero	1,9	3,2	3,5	7,9	22,4	82,4	58,3	48,0	6,8
Tetron, kiswa, grano entero	2,3	3,2	3,6	8,1	22,2	92,8	52,7	48,9	5,5
Feterita, kiswa, grano entero	2,3	3,1	3,5	8,5	24,0	93,2	50,8	47,3	3,8
Dabar, kiswa, descortezado (extracción al 79%)	2,3	3,0	3,7	8,9	25,3	96,9	55,3	53,4	6,7
LSD05						1,2	1,2	1,3	0,2

**Fuente: Eggum et al., 1983.**

**En Uganda se prepara unas gachas amargas denominadas bushera hirviendo harina de mijo sin germinar para producir una pasta espesa. Luego se mezcla con ella harina hecha con mijo recién germinado. Así se endulza las gachas y se reduce también su viscosidad. El bushera puede conservarse durante tres a cuatro días antes de que comience a fermentar. Acaba convirtiéndose en una bebida fuertemente alcohólica.**

En varias regiones de Africa se prepara gachas fermentadas. Durante la fermentación se producen cambios que son el resultado de la actividad de microorganismos: bacterias, levaduras y mohos. Los procesos de fermentación han tenido una gran evolución como resultado de las necesidades prácticas. Lo apetitoso y la textura de los alimentos pueden modificarse y su duración puede a menudo mejorarse fermentándolos. En Africa oriental se hace fermentar una suspensión de harina de maíz, mijo, sorgo o mandioca en agua antes o después de la cocción para hacer gachos delgadas. Oniang'O y Alnwick ( 1988) han descrito las gachas fermentadas hechas en Africa a base de sorgo, mijo coracón y mijo perla. Se cree que las gachas fermentadas promueven la lactancia y que no son adecuadas para los niños de corta edad. La duración de las gachas fermentadas es muy breve: de ordinario menos de 30 horas. En el Sudán, se prepara con sorgo unas gachas fermentadas delgadas denominada nasha. Tomkins et al. (1988 ) identificaron algunas de las bacterias y mohos que encontraron en las nasha y han descrito unas gachas fermentadas llamadas ting en Botswana. El ogi, gachas fermentadas muy populares en Nigeria se prepara empleando sorgo, mijo y maíz en diversas proporciones (Steinkraus, 1983; Tomkins et al., 1988). Los ácidos predominantes en el ogi tanto volátiles como no, son los ácidos láctico y acético, respectivamente. También se han detectado trazas de ácido fórmico. Todos éstos dan al ogi su aroma y su gusto amargo característico. Se prefiere el ogi de color ligero con una acidez mediana. Sin embargo, en Kenya se prefiere el uji de color pardo. El ogi de maíz contiene más energía (calorías) que el ogi de sorgo (Cuadro 32). Sin embargo, la proteína, la grasa y los minerales en peso en seco son superiores en el ogi de sorgo que en el ogi de maíz (Brown et al., 1988). La cerveza chibuku, que se suele hacer de sorgo en Africa austral, consiste fundamentalmente en gachas delgadas fermentadas.

[Continua](#)

---

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

### CUADRO 32 Composición aproximada del ogi de maíz y sorgo con datos obtenidos de las aldeas estudiadas<sup>1</sup>

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

Tipo de ogi	Humedad (g)	Proteína (g)	Grasa (g)	Fibra cruda (g)	Carbohidratos (g)	Ceniza (g)	Energía (kcal)	Energía de origen proteínico (%)
Por 100 g de peso en húmedo								
Maíz	54,0 ±1,9	3,5 ±0,2	2,2 ±0,2	0,2 ±0,1	39,8 ±2,1	0,3 ±0,1	193,0 ±7,	4 7,2 * 0.5
Sorgo	68,2 ±4.6	4,4 ±0,1	1,7 ±0,1	0,9 ±0,2	24,2 ±4,2	0,7 ±0,1	129,5 ±18,5	13,8 ±1 9
Por 100 g de peso en seco								
Maíz	7,6 ±0,5	4,8 ±0,5	0,4 ±0,1	86,5 ±	0,6 ±0,3	420,0 ±		

Sorgo	14,0	5,4	2,9	1,0	2,1	2,7		
	19	0,4	0,2	75,6	0,1	406,9		
				2,1		0,1		

1 Media desviación estándar.

Fuente: Brown et al., 1988.

## Panes y otros productos horneados

Los panes planos se elaboran cociendo las masas hechas con harina y agua en una olla o parrilla caliente. Puede utilizarse prácticamente cualquier harina que puede ser; - de sorgo, mijo o cualquier otro cereal y la masa puede estar o no, fermentada. A estos panes planos se les dan muchos nombres locales como /roti y; chapatti en la India tuvo; J en algunas partes de Nigeria, tortilla en América Central, etc.

El roti y la tortilla son panes sin fermentar. El roti y el chapatti confeccionados con sorgo o mijos constituyen un alimento común en la India, Bangladesh, el Pakistán y los países árabes. Murty y Subramanian (1982) han señalado que más del 70 por ciento del sorgo cultivado en la India se emplea para confeccionar roti..

La tortilla, que se prepara en México y América Central, es análoga a roti salvo que el grano de sorgo se cuece en agua de sal y se muele en pedregal. Aunque el grano preferido para la tortilla es el maíz, también se emplea mucho el sorgo, que tiene gran aceptación en Honduras (Dewalt y Thompson, 1983). A veces se hacen tortillas mezclando sorgo y maíz. Para las tortillas se prefiere el sorgo blanco. Puede descascarse el sorgo para reducir el color extraño que se produce en la tortilla. Las tortillas preparadas con mezclas de maíz amarillo y sorgo perla (15 por ciento) mostraban un color de maíz ligero que las tortillas hechas con maíz amarillo al 100 por ciento y resultaban aceptables (Choto et al., 1985). Los cultivares de sorgo Dorado, Surero y Tortillero de América Central y dos híbridos procedentes de la Estación Agrícola Experimental de Texas proporcionan las tortillas de mejor color y textura Almeida-Domínguez et al., 1991

Los granos de sorgo con un pericarpio grueso blanco y un endospermo amarillo de plantas con glumas color de paja y color canela ofrecen grandes pasibilidades para la confección de tortillas.

El injera (Etiopía) y el kiswa (el Sudán) son los principales panes fermentados hechos con harina de sorgo (Gebrekidan y Gebre Hiwot, 1982). El teff es el cereal preferido para la preparación del injera. Sin embargo pueden mezclarse sorgo y teff o puede utilizarse solo sorgo para confeccionado. La calidad del injera depende en parte de la amplitud de la fermentación. En general el injera poco fermentado con un sabor amargo ligero es el que se da a los niños. El kiswa es un alimento básico y tradicional en el Sudán, que se prepara con sorgo y mijo ( Badi et al., 1987 ). Cuando se hace kiswa u en el Sudán, se agrega un agente para la fermentación que abrevia el tiempo necesario para ésta a menos de 16 horas (Badi et al , 1988).

CUADRO 33 Composición aproximada y contenido en taninos de la harina y pan de sorgos

Producto	Humedad (%)	Proteína cruda (N <sub>6,25</sub> )	Grasa cruda (%)	Fibra cruda (%)	Ceniza (%)	Carbohidratos (por diferencia) (%)	Taninos <sup>2</sup> (%)
<b>Harina</b>							
Sorgo blanco	12,4	15,3	4,7	2,3	2,2	75,5	0,09
Sorgo blanco rojizo	12,1	15,9	5,1	2,5	2,3	74,2	0,27
<b>Pan</b>							
Sorgo blanco	27,2	15,7	4,0	2,5	2,5	75,3	0
Sorgo blanco rojizo	32,2	16,2	5,1	2,4	2,4	73,9	0

Sorgo blanco rojizo, fermentado	35,4	16,4	4,9	2,9	2,2	73,6	0
---------------------------------	------	------	-----	-----	-----	------	---

**1 Medias de determinaciones duplicadas (variación < 5 %.) expresadas sobre la base de materia seca, salvo la humedad que se determina, muestras frescas.**

**2 Expresados en equivalentes de catequina.**

**Fuente: Khalil et al., 1984**

**CUADRO 34 Composición de minerales de la harina y pan de sorgo (mg/100 g)<sup>1</sup>**

Productos	Na	K	Ca	P	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
<b>Harina</b>									
Sorgo blanco	21	458	18	396	54	5,0	3,3	0,8	3,5
Sorgo blanco rojizo	23	463	16	407	58	4,5	3,2	0,7	3,4
<b>Pan</b>									
Sorgo blanco	133	308	30	259	49	5,4	2,4	0,6	2,6
Sorgo blanco rojizo	160	308	23	256	54	5,0	2,3	0,6	2,3
Sorgo blanco rojizo, fermentado	174	300	27	187	57	4,2	2,5	0,7	2,8

**1 Medias de determinaciones duplicadas (variación < 5%) ) expresadas sobre la base de materia seca.**

**Fuente: Khalil et al., 1984.**

**CUADRO 35 Composición aproximada y contenido en taninos de la harina y pan de milo perla)**

Producto	Humedad (%)	Proteína cruda (Nx6,25)	Grasa cruda (%)	Fibra cruda (%)	Ceniza (%)	Carbohidratos (por diferencia) (%)	Energía (kcal/100g)	Taninos (%)
<b>Harina</b>								
Tal cual	9,7 ± 0,8	15,7 ± 0,3	5,7 ± 0,2	2,5 ± 0,7	2,0 ± 0,1	64,4 ± 2,1	372 ± 10,5	0,17 ± 0,05
En seco		17,4	6,3	2,8	2,2	71,3	412	0,19
<b>Pan</b>								
Tal cual	26,6 ± 1,5	12,7 ± 0,4	4,1 ± 0,2	2,1 ± 0,3	1,9 ± 0,2	52,6 ± 1,8	299 ± 9,2	0
En seco		17,3	5,6	2,8	2,6	71,9	407	0

**1 Media desviación estándar (n > 3).**

**Fuente: Sawaya et al., 1984.**

De una comparación de las harinas de sorgo y mijo y del roti hecho con ellas (Cuadro 33 a 35) resultaba que la cocción no repercutía en la composición química. inclusive los ácidos grasos (Khalil et al., 1984; Sawaya et al., 1984). Por lo que respecta al sorgo se observó un aumento ligero de la tirosina, la lisina y la metionina en el pan fermentado. Su cocción a 300°C durante 15 minutos redujo el contenido de

**arginina, cistina y lisina en el pan hecho de mijo perla.**

Eggum et al., (1983) comparaba la calidad nutricional del grano de sorgo y del kiswa hecho con él. El sorgo es deficiente en lisina y por lo tanto tiene una riqueza biológica baja. En cambio, la digestibilidad real de su proteína, así como la energía digestible es muy alta pues sus valores superan el 90 por ciento. Solo se daba un efecto menor en la calidad nutricional del kiswa cuando se comparaban varias variedades de sorgo (Cuadro 30 y 31).

Se han hecho muchos estudios sobre elaboración del pan con harinas compuestas que incluyen harina de sorgo o mijo y no se observan dificultades técnicas para emplear cualquiera de esas harinas. Se ha observado que la textura del pan hecho con una parte de harina de mijo es excelente y su sabor análogo a la del pan del trigo integral (Casey y Lorenz, 1977). Siempre hay un deterioro constante de la calidad del pan a medida que aumenta el porcentaje de harina que no sea de trigo. Si la harina tiene color (como sucede con el mijo perla y la harina de sorgo descortezado por abrasión con demasiadas semillas de sorgo pardo), es el grado de descoloración lo que suele limitar la cantidad de harina no triguera que puede emplearse. En la mayoría de otros casos. el factor limitativo es la densidad de la hogaza. A menos que se empleen otros aditivos (normalmente constituyen importaciones caras), un 10 por ciento de harina no de trigo es el límite que aceptaba la mayoría de la gente. aunque también ha habido muchas afirmaciones de haberse confeccionado un pan aceptable empleando proporciones mucho más altas de otras harinas. Las tortas y las galletas pueden hacerse utilizando harinas con proporciones mucho más elevadas de harina no de trigo, pero también en este caso, al igual que con el pan, la calidad del producto empeora a medida que aumenta la cantidad de sucedáneos.

Se ha utilizado comercialmente en varios países la harina mixta para fabricar pan, pero solo suele aceptarse cuando escasea la harina de trigo, e incluso entonces de mala gana.

## Pasta y tallarines

Los productos de pasta (tallarines) tales como espaguetis y macarrones suelen hacerse con sémola o harina de trigo duro o de trigo blando o ambos. El trigo tiene la propiedad singular de formar una masa extensible, elástica y cohesiva cuando se mezcla con agua. A las harinas de sorgo y mijo les faltan esas propiedades cuando se emplean solas.

El sorgo es inferior al trigo para hacer pasta debido a que no contiene gluten y también a que su temperatura de gelatinización es superior a la del trigo. Miche et al. (1987) hizo pasta de mezclas de sorgo con trigo. Llegó a la conclusión de que, para obtener productos con buena calidad de cocción, era necesario agregar algún almidón gelatinizado a la harina de sorgo antes de la extrusión. En la calidad de la pasta influye tanto la calidad de la harina de sorgo como la del almidón. Es preferible el sorgo blanco para los productos de pasta y conviene tener un sorgo que dé un color análogo al de la harina de trigo. Una harina compuesta consistente en un 70 por ciento de trigo y un 30 por ciento de sorgo produce una pasta aceptable.

También resultaban aceptables los tallarines hechos con harina de mijo proso al 20 por ciento (Lorenz y Dilsaver, 1980). La reducción de la masa de harina durante la cocción (pérdida de cocción) a este nivel de adición era análoga a los tallarines de trigo que sirvieron de testigo. La pérdida por cocción aumentó con un 40 o un 60 por ciento de harina de mijo.

Faure (1992) hizo pasta de mezclas de sorgo, mijo y trigo. Observó que la calidad de la pasta guardaba una fuerte relación con las características de la harina que se empleaba, especialmente con la forma en que se secaba la harina. Ha de haber menos de un 1 por ciento de ceniza y un 1 por ciento de grasa en cualquier materia que se emplee. Es necesaria una hidratación adecuada. Esta mejora con la remolterización y un corte intensivo durante la mezcla y la extrusión. Es difícil hidratar grandes trozos de endospermo corno.

**Desikachar ( 1977) preparó tallarines extrudiendo en una prensa masa de sorgo hervido y luego cociéndola al vapor y secándola.**

### **Alimentos fermentados de destete**

**La harina de sorgo germinado, denominada harina energética (kimea en la República Unida de Tanzania), reduce la viscosidad del producto alimenticio. Es pues posible utilizar el doble de la cantidad de harina para confeccionar un producto de consistencia análoga, aumentando la densidad energética de los alimentos de destete (Seenappa, 1988). El sorgo y los mijos se usan como alimentos de destete en países como la República Unida de Tanzania, la India, Uganda y Etiopía. En el Cuadro 36 figuran algunas de las recetas de alimentos de destete que se están promoviendo en varios países africanos.**

**Se ha considerado satisfactorio el empleo de alimentos de destete a base de sorgo y mijo, empleando para ello técnicas de extrusión y de malteado. Estos alimentos se han propuesto como de gran energía o como alimentos de alto contenido proteínico pero tendrán más aceptación y serán más populares si pudiera reducirse su costo.**

**Ya se ha evaluado la calidad de los alimentos de destete confeccionados con caupés y sorgo fermentado o secado por rodillos ( Malleshi et al., 1989). Las fórmulas de alimentos de destete a base de sorgo y caupés fermentados resultaba superior bajo el aspecto nutricional a las de los alimentos de destete secados en rodillos y preparados empleando la materia bruta sin fermentar. El contenido de lisina disponible fue de un 3,85 por ciento en los alimentos fermentados y un 2,95 por ciento en los alimentos de sorgo secados en rodillos. La relación de eficiencia proteínica de los alimentos fermentados fue del 2,26 y resultó muy superior a la de los alimentos secados en rodillos ( 1,87). La viscosidad de la pasta cocida del sorgo fermentado fue muy inferior a la de los alimentos a base de sorgo secado con rodillos.**

### **Bebidas tradicionales**

Aunque las bebidas no constituyen grandes alimentos, sirven de fuente de energía en varios países. Es común preparar gachas delgadas fermentadas, que se emplean como bebidas en países africanos. Se consideran alimentos y aportan importantes nutrientes. La cerveza tradicional llamada ambga y un vino denominado affouk, que se preparan con sorgo en el Camerún, se consideran nutricionalmente superiores a la harina de sorgo (Chevassus-Agnesetal., 1976) pues aporta tanbén flavina, tiamina y lisina adicionales. En otro estudio, Derman et al. (1980) señalaban que la absorción de hierro en la cerveza de maíz y sorgo era más de 12 veces superior a la de los constituyentes que se empleaban para preparar la cerveza. En la cerveza tradicional, la mayor parte de la tiamina y cerca de la mitad de la riboflavina y de la niacina se hallaban asociadas con sólidos de cerveza que contienen la levadura (Van Heerden y Glennie, 1987). La cerveza con los sólidos totales máximos contenía las cantidades máximas de minerales y de oligoelementos (Van Heerden et al., 1987). De ahí que la cerveza sea una fuente de vitaminas, hierro, manganeso, magnesio, fósforo y calcio para las personas que la consumen. La cerveza contenía 26,7 g de almidón y 5,9 g de proteína por litro.

Del sorgo puede también hacerse cerveza dorada. En Nigeria, se ha ensayado el sorgo como sustituto de la malta de cebada para producir cerveza (Obilana, 1985). Se ha logrado producir cerveza mezclando a partes iguales sorgo y cebada. Se ha hecho cerveza dorada de la malta de sorgo empleando el método de decocción trifásico y un 30 por ciento de sucrosa como elemento adjunto (Okafor y Aniche, 1987). En Rwanda se produce un nuevo tipo de cerveza empleando sorgo y cebada del país (Iyakaremye y Twagirumukiza, 1978). Puede mezclarse sorgo hasta en un 40 por ciento con malta de cebada y se logra así una cerveza aceptable.

Los almidones de amilopeptina no se prestan para hacer cerveza dorada pues crean dificultad en el proceso de filtración. Podrán venir bien variedades con una baja temperatura de gelatinización del almidón. La buena cebada o cereal para el malteado suele tener un endospermo blanco harinoso o amiláceo. Se prefiere para el malteado sorgo con endospermo predominantemente harinoso. Las semillas de sorgo y de maíz

son análogos por lo que respecta a los aminoácidos, proteínas y composición amilácea (Canales y Sierra, 1976). El sorgo puede dar una mayor estabilidad oxidativa debido a su composición de ácidos grasos. Puede también producirse alcohol con las modificaciones convenientes y el sorgo puede tener grandes posibilidades industriales. En China se produce alcohol a base de sorgo, donde la industria de bebidas alcohólicas es un gran consumidor de grano de sorgo.

En varios países de Africa es una bebida muy conocida la cerveza opaca tradicional. Para esta cerveza sirven de materias primas valiosas el sorgo Y los mijos. La cerveza se denomina chibuku en Zimbabwe, impeke en Burundi, dolo en Malí y Burkina Faso y pito en Nigeria. Las características principales de este producto son su breve conservación pues dura sólo una semana, su bajo contenido de alcohol, su sabor ácido, los sólidos que lleva en suspensión, su sabor y color característicos (Chitsika y Mudimbu, 1992). La cerveza opaca es más un alimento que una bebida. Contiene grandes porcentajes de almidón y azúcares, además de proteínas, grasa, vitaminas y minerales. Es conveniente utilizar sorgo blanco con menos polifenoles, aunque se emplea sorgo rojo y pardo. El sorgo rojo da a la cerveza un color rosado pardo. Para producir esta cerveza no conviene el sorgo de alto contenido de tanino. La malta empleada para la fabricación de cerveza debe tener una alta actividad diastática y solubilidad. Las maltas son también fuentes del Lactobacilli y nutrientes esenciales.

### Productos por extrusión

La extrusión se utiliza cada vez más en la fabricación de alimentos que se toman como refrigerio. Durante el proceso de extrusión, el material que se elabora se cuece a temperaturas elevadas durante un breve tiempo. El almidón se gelatiniza y se desnaturaliza la proteína, con lo cual mejora su digestibilidad. Pueden inactivarse elementos antinutricionales presentes. Se destruyen en gran parte los microorganismos y por lo tanto aumenta la duración del producto. Es relativamente fácil enriquecerlo agregando aditivos.

Hasta ahora los productos por extrusión del sorgo y del mijo todavía no se producen a escala comercial. Fapo juwo et al.

( 1987 ) emplearon dos variedades de sorgo con bajo contenido de tanino en los estudios de extrusión. La extrusión mejoraba la digestibilidad de una variedad pasando del 45,9 al 74,6 por ciento y en la otra del 43,9 por ciento al 68,2 por ciento. La temperatura de cocción era la variable que más influía en la digestibilidad Youssel et al. ( 1990 ) emplearon dos variedades de sorgo (una pelada y otra blanca) para confeccionar 16 productos diferentes por extrusión. La proporción de sorgo en las fórmulas iba del 45 al 97 por ciento. Demostraron que el sorgo podía utilizarse con otros cereales para hacer aceptables los productos extruidos

---

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

---

## Mejoramiento de la calidad nutricional

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

No cabe pensar que entre las diversas ; leguminosas Y cereales existentes. alguna pueda aportar todos los nutrientes en cantidad suficiente para cubrir las necesidades nutricionales de un niño. Sin embargo ya desde tiempos antiguos se reconocía perfectamente aun antes de que se tuvieran conocimientos sobre el contenido proteínico la calidad de la proteína, la digestibilidad y las necesidades de nutrientes de los seres humanos que sería posible) beneficioso poder mezclar las leguminosas con los cereales en la dieta para mejorar la calidad nutricional general. Con los conocimientos actuales y recién obtenidos en estas materias, sería posible mezclar o enriquecer un elemento alimenticio con otra sustancia. La mezcla

enriquecida consiguiendo ha mejorado la calidad nutricional y la aceptación que es necesaria por parte del consumidor.

La calidad nutricional del sorgo y los mijos, especialmente del primero es pobre. De ahí que se haya tratado de enriquecer el sorgo y los mijos con otros cereales o leguminosas para convertir a los productos resultantes en algo nutricionalmente superior y aceptable. Es indispensable tener en cuenta el costo y la disponibilidad de ingredientes, y la comercialidad de un buen producto enriquecido y duradero.

Se han utilizado satisfactoriamente el sorgo y el mijo perla en programas de alimentación, una vez enriquecidos con leguminosas. Vimala et al., (1990) han descrito varias combinaciones para niños de pecho que se basaban en sorgo y mijo perla, enriquecidos con harina de soja, frijol mungo, frijol rojo o de Bengala (Cuadro 36). Se evaluaron realizando un ensayo de alimentación con ratas y estudios de equilibrio de N recurriendo a niños.

Cabe la posibilidad de elaborar alimentos de destete fermentados empleando mijo coracón malteado y frijol mungo. Este alimento tiene la ventaja de una baja viscosidad de la pasta cocida y una densidad calórica elevada cuando se mezcla a razón de un 70 por ciento de harina de ragi malteada y un 30 por ciento de harina de frijol mungo. La evaluación de la calidad nutricional de este alimento registró un valor de UNP del 52 por ciento y resultó comparable al de un alimento de destete en el comercio ( Malleshi et al., 1986).

**CUADRO 36 Formulas ensayadas y desarrolladas para su adopción en el programa de alimentación (mezclas de sorgo y mijo con legumbres)**

Ingrediente	proporción
Sémola de sorgo: harina de soja: leche desnatada en polvo	70:25:5

S◊mola de sorgo: harina de soja: az◊car	70:10:20
Harina de sorgo: harina de guisantes	80:20
Harina de mijo perla: harina de frijol mango	70:30
Harina de mijo perla: harina de frijol und	70:30
Harina de mijo perla: harina de frijol de Bengala	70:30

**Fuente:** Vimala et al., 1990

Se han ensayado varias combinaciones de sorgo con leguminosas y se ha evaluado su calidad prote◊nica. Estas combinaciones comprend◊an harinas de sorgo, trigo y soja; harinas de sorgo, trigo, caup◊ y soja; harinas de sorgo, trigo y caup◊ con crema de cacahuete; harinas de sorgo y trigo con crema de cacahuete; y harinas de sorgo, trigo y soja, m◊s harina de cacahuete (Okeiyi y Futrell, 1983). Una de estas dietas a base de harinas de sorgo, trigo y soja satisfac◊a las necesidades de amino◊cidos que se sugieren en el modelo de la FAO. M◊s del 25 por ciento de la energ◊a de la dieta era aportada por grasa y un 10 por ciento de la energ◊a lo era por prote◊nas seg◊n lo recomendado por el Grup oAsesor de Prote◊nas de la Naciones Unidas para la formulaci◊n de alimentos de alto contenido protemico para ni◊os. Teman una REP elevada, que no era diferente de la de la case◊na.

Se evalu◊ la estabilidad del sorgo enriquecido con harina de soja y semilla de algod◊n. F◊rmulas con diferentes proporciones de harina de sorgo y soja o de semilla de algod◊n se almacenaron a - 18◊C (testigo), 49◊C durante dos meses, 37◊C durante seis meses y 25◊C por espacio de 12 meses. Todas las combinaciones demostraron una estabilidad suficiente medida por el cambio registrado en la lisina, actividad grasa y aroma. El sabor de todas las mezclas result◊ aceptable (Brookwalter et al., 1977).

En Burundi se ha empleado el sorgo como alimento para ni◊os y adultos tras su enriquecimiento con

harinas de maíz y de soja. Se llama a este alimento en el país musulac Tiene la siguiente composición: harina de sorgo 35 por ciento; harina de maíz, 30 por ciento; harina de soja, 20 por ciento: azúcar, 10 por ciento; y leche en polvo, 5 por ciento. La combinación tiene un 16 por ciento de proteína, con un 3,76 por ciento de proteína dado por la lisina, y 440 kcal por 100 g de musulac. Es un alimento muy común y en 1989 se vendió comercialmente a razón de 60 toneladas mensuales. Para el año 2000 se espera obtener una producción de 9 000 toneladas.

Se evaluó la calidad del ragi alimentando con él a ocho muchachas de 11-12 años de edad en la ciudad de Mysore, la India (Daniel et al., 1965). En la alimentación figuraba el ragi como cereal Los otros ingredientes de la dieta comprendían aceite de cacahuete, frijol rojo, dhal condimentos y leche desnatada en polvo. En el caso de la alimentación se siguieron cuatro días como período de aclimatización y los otros cuatro días constituyeron el período experimental para recoger material de análisis. La retención de N en la dieta a base de mijo coracón fue muy baja (6,1 por ciento de la ingesta) y el VB y la UNP de la proteína fueron respectivamente del 67 y 45,5 por ciento (Cuadro 37). El suplemento de la dieta de mijo coracón con L-lisina provocó una notable mejora de la retención del N (13,6 por ciento de la ingesta), del VB (75,9 por ciento) y de la UNP (52,7 por ciento). Cuando se complementó la dieta de ragi con L-lisina y DI-treonina. se observó una mejora muy significativa en la retención de N (21,3 por ciento de la ingesta), del VB (81,2 por ciento) y de la UNP (59,3 por ciento) Los valores relativos obtenidos para la leche desnatada en polvo fueron de 33,2 por ciento, 85,5 por ciento y 74,8 por ciento. respectivamente. La proteína neta disponible registró una gran mejora al ser suplementada con lisina y treonina.

Si se añaden a los varios tipos de mijo garbanzos. se verifica una gran mejora en la relación de eficiencia de la proteína como puede verse en el Cuadro (Casey38 y Lorenz, 1977).

**CUADRO 37** Ingesta media de proteína y proteína neta disponible en niños con dietas diferentes

	Ingesta de proteína	Proteína neta
--	---------------------	---------------

Dieta	disponible				Necesidades de proteína referencia de la FAO
	(g)	(g/kg)	(g)	(g/kg)	
Mijo coracón	29.7	1,31	13,5	0,60	0,72
Mijo coracón + L-lisina	29.9	1,32	15.8	0.70	0.72
Mijo coracón + L-lisina + DL-treonina	30,4	1,35	18,0	0,80	0,72
Leche desnatada en polvo	28,3	1,25	21,2	0,94	0,72

**1 FAO, 1996.**

**Fuente:** Daniel et al., 1965

### CUADRO 38 REP de dietas basadas en mijos o mezclas de mijo y garbanzo

Fuente de proteína	REP
Mijo cola de zorra	0,80
Mijo proso	1,10
Mijo proso + garbanzo	1,80
Mijo perla	1,60
Mijo perla + garbanzo	2,16

Mijo perla	2,00
Mijo perla + garbanzo	2,10
Arroz	2,09
Trigo entero	1,30

**1 Contenido de proteína en 10 dieta 10 por ciento Como Fuente suplementaria de proteína el garbanzo aporta 40 por ciento de proteína.**

**Fuente: Casey y Lorenz 1977**

### Harinas compuestas

Se empezó utilizando la tecnología de harinas compuestas para demostrar procedimiento de mezclar harina de trigo con harinas de cereales y leguminosas para hacer panes y galletas. Sin embargo la mezcla de harinas de otros cereales, de raíces y tubérculos de leguminosas u otras materias primas puede también considerarse como una tecnología de harinas compuestas ( Dendy. 1992 ). Como ejemplo puede citarse el caso de la harina de sorgo y maíz para hacer tortillas.

El diluir la harina de trigo con cereales del país y cultivos de raíces resulto conveniente pues así se estimulaba al sector agrícola y se reducían las importaciones de trigo en muchos países en desarrollo. Africa no es una de las principales regiones cosecheras de trigo del mundo. Sin embargo se ha registrado una demanda cada vez mayor de productos de trigo como pan. Africa produce grandes cantidades de cereales no trigueros como sorgo y mijo. Se ha dicho que substituir el trigo con un 20 por ciento de harina no triguera para la fabricación de productos panificables daría lugar a un ahorro de divisas estimado en 320 millones de dólares cada año (FAO' 1982). Con una substitución de un 30 por ciento tendríamos un ahorro de 480 millones de dólares anuales Por lo tanto. la tecnología de harinas compuestas encierra magníficas promesas para los países en desarrollo. Aunque no eran muchos los ensayos hechos realmente con

consumidores, el empleo de una tecnología de harinas compuestas fue bien aceptado en Colombia, Kenya, Nigeria' el Senegal, Sri Lanka y el Sudán (Dendy 1992).

Cuando se emplean sorgo o mijos para hacer pan. es necesario agregar aditivos mejoradores del pan O modificar el proceso de panificación. En Cor. harina de trigo duro es posible un grado de sustitución mayor que con harina blanda (CEPA. 1985). Para la producción de galletas a base de harinas compuestas debe mantenerse lo más bajo posible el contenido de grasa de la harina de cereal no trigo pura conseguir una mayor duración útil de almacenaje de las galletas.

Crabtree y Dendy ( 1979) han informado que podría producirse pan de harinas compuestas moliendo juntos el trigo con el mijo perla, proso mijo de los arrozales o coracón. La proporción de mijo en la harina puede llegar hasta el 50 por ciento. El tratamiento de las masas con bromato potásico suele mejorar el volumen de la hogaza. El pan con un 10 por ciento de harina de mijo perla tenía una textura excelente y un sabor análogo del pan de trigo integral (Badi et al., 1976; Perten, 1972). La harina de sorgo molido con un índice de extracción del 80 por ciento podría mezclarse con harina de trigo blanco para hacer pan sin ningún efecto desfavorable (Rao y Shurpalekar, 1976). Estudios de aceptabilidad realizados en el Centro de Investigaciones Alimentarias de Jartum, el Sudán, indicaban que los panes a base de un 71 por ciento de harina de trigo y un 30 por ciento de harina de sorgo resultaban aceptables. Molida con un índice de extracción del 72 a 75 por ciento daba una harina fina de sorgo que se presta mejor para la panificación. Los ensayos sobre aceptación de los consumidores hechos en Nigeria indicaban que la sustitución de un 30 por ciento de harinado sargo con harina de trigo producta panes comparables al pan de trigo al 100 por ciento (Aluko y Olugbemi, 1989; Olatunji et al., 1989). El contenido proteínico de la harina compuesta era inferior mientras que el de fibra cruda era superior. Agregando pentosano se mejoraba la calidad del pan hecho con harinas mixtas. El Instituto de Tecnología Alimentaria de Dakar, el Senegal. preparó un pan de harina compuesta consistente en un 30 por ciento de mijo y un 70 por ciento de trigo, empleando para ello variedades populares de mijo como Souna y Sanio (Thiam, 1981). También se preparó otro pan denominado

pamble compuesto de un 15 por ciento de mijo y un 85 por ciento de trigo. También se preparó análogamente en el Senegal un pan de sorgo con un 30 por ciento de sorgo y un 30 por ciento de trigo (Thiam y Ndoye, 1977). Resultaron aceptables los panes producidos con una sustitución de hasta un 15 por ciento de mijo proso y fueron comparables con el pan de trigo blanco (Lorenz y Dilsaver, 1980).

Se pudo utilizar una combinación del 80 por ciento de cereales no trigueros y un 20 por ciento de trigo para la producción de galletas de calidad aceptable. Es posible la utilización de harina de sorgo y de mijo perla para hacer galletas mezclándolas con la harina de trigo (Badi y Hosene, 1976, 1977).

Olatunji et al. (1989) observaron que para las galletas podía emplearse una proporción del 55 por ciento de sorgo sin que ello perjudicara su calidad. Se encontró que el mijo proso era adecuado para hacer galletas; el grado de posibilidad de untar las galletas y su calidad aumentaron al aumentarse el nivel de la harina de mijo proso debido al elevado contenido de grasa del mijo (Lorenz y Dilsaver, 1980), aunque la harina de mijo impartía una ligera textura arenosa. El mijo perla podría sustituir al trigo en un 50 por ciento en la confección de tortas y un 80 por ciento en la de galletas (Thiam, 1901). En el Senegal mezclando harinas de mijo con arroz, o harinas de maíz o trigo se preparan alimentos tradicionales como laax, conus conus y beignets (bueuelos) (Thiam, 1981).

## Empleos alternativos del sorgo y los mijos

La producción de sorgo y mijo perla ha aumentado notablemente en varios países en estos últimos años. Con el aumento simultáneo de la producción de trigo y arroz y los excedentes disponibles en almacén, los mijos encuentran una competencia desde el punto de vista de su empleo. Existe ya una tendencia cada vez mayor para emplear trigo y arroz en lugar de sorgo, incluso en regiones donde el sorgo ha sido hasta ahora el cereal básico tradicional.

El sorgo los mijos seguir siendo el mayor cultivo alimentario de varios países, especialmente africanos. Nigeria y el Sudán son los mayores productores de sorgo de Africa correspondiéndoles un 63 por ciento de la producción de sorgo del continente. Estos cereales se emplean en alimentos tradicionales y también en alimentos nuevos. Sin embargo, hace falta estudiar las posibilidades de usos alternativos. Aunque el sorgo y los mijos tienen grandes posibilidades para empleos industriales, tienen que competir con el trigo, el arroz y el maíz. El sorgo concretamente será objeto de una gran demanda en el futuro si se desarrolla la tecnología necesaria para usos específicos finales por parte de la industria. Aunque el mijo perla tiene posibilidades de algunos empleos industriales, otros mijos no los tienen debido al pequeño tamaño del grano y a las dificultades que lleva consigo el adoptar una buena tecnología de descascarillado. Sin embargo, pueden tenerse en cuenta para la alimentación animal y avícola. Hay que comparar su rendimiento para piensos con los del maíz.

El sorgo y los mijos pueden utilizarse para otros productos alimenticios utilizando métodos de elaboración adecuados. En el Capítulo 3 se han expuesto las prácticas de descascarillado y elaboración para mejorar la calidad de los alimentos hechos con sorgo y mijos. Tal vez sea posible seleccionar tipos de cereales con una mejor calidad de molidura que haga competitivo con otros cereales su empleo. Puede utilizarse eficazmente la tecnología de molidura del trigo con las modificaciones adecuadas para a moler sorgo y mijos. Aunque cabe la posibilidad de producir pan base de harina de sorgo integral, puede mejorarse la calidad del pan utilizando harina de sorgo sin la fracción del salvado obtenida después de varias cribas (Casier et al., 1977). Kulkarni et al., (1987) han señalado que puede utilizarse malta de sorgo para confeccionar galletas, alimentos de destete y mosto de cerveza. El agregar malta de sorgo en la proporción de hasta un 40 por ciento provocaba una reducción en la altura de las capas y aumentaba la posibilidad de untar debido a una mayor absorción de agua.

Productos como el idli (producto hervido), la dosa (producto fermentado) y el ponganum ( fritograso-somero) son alimentos comunes para el desayuno (Subramanian y Jambunathan, 1980) y pueden hacerse más

populares para aumentar su empleo en las zonas donde se cultiva el sorgo. Algunos productos importantes secados al sol. o extruidos y secados al sol hechos a base de asorgo son el papad el badi y el kurdigai. Son productos que almacenados suelen tener una duración de meses de un año. Pueden hacerse populares mediante canales comerciales análogos los utilizados para los productos del arroz. Los consumidores de Andhra Pradesh en la India, han aceptado toda una serie de productos de panadería y para refrigerio preparados con sorgo descascarillado (Universidad de la Agricultura de Andhra Pradesh, 1991). Se ha indicado que conviene comercializar estos alimentos para que pata que lleguen a más gente y hacerlos más familiares.

---

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

---

## Capitulo 6: Inhibidores nutricionales y factores tóxicos

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

Al igual que con otros productos alimenticios, con los granos de sorgo y de mijo van asociados algunos inhibidores nutricionales y sustancias tóxicas. Estos elementos pueden clasificarse en líneas generales como aquellos que están naturalmente presentes en los granos y los que se hacen presentes por la contaminación, que puede ser de origen fúngico o puede guardar correspondencia con el suelo y demás factores ambientales. Son factores que pueden modificar el valor nutricional de los granos individualmente considerados. Aparte de eso, algunos de los factores antinutricionales tienen consecuencias gravísimas. He aquí una breve reseña de algunos de los antinutrientes y sustancias tóxicas asociadas con el sorgo y los

mijos.

## Fitato

El fitato representa una clase compleja de compuestos fosfóricos que se dan en la naturaleza y que pueden influir notablemente en las propiedades funcionales y nutricionales de los alimentos. Aunque su presencia es conocida desde hace más de un siglo, no se comprende del todo su función biológica. El fosfato del ácido fítico (mio-inositol 1,2,3,4,5,6-hexacis dihidrógeno) sirve de almacén principal de fósforo en las semillas maduras. El ácido fítico tiene una fuerte capacidad de enlace para formar complejos con cationes plurivalentes y proteínas. Ea mayor parte de los complejos fitato-metálicos son insolubles a un pH fisiológico y por tanto convierten a varios minerales complejos en biológicamente indisponibles para los animales y seres humanos.

Doherty et al. ( 1982) han analizado varias variedades de sorgo y se han encontrado con que en el grano entero el fósforo de fitina iba de 170 a 380 mg por 100 g; más del 85 por ciento del fósforo total en el grano entero se hallaba en forma de fósforo de fitina. Wang et al. (1959) estudiaron la distribución del fósforo de fitina en el grano de sorgo. Hallaron que en el germen había un mayor porcentaje de ácido fítico que en el salvado y que era mínimo en el endospermo. En el descascarillado puede quedar eliminado de un 40 a un 50 por ciento tanto de fitato como de fósforo total. Se observó que el fósforo de fitina constituía el 82-91 por ciento de fósforo total en el grano entero; el 56-84 por ciento en el grano descascarillado y un 85-95 por ciento en el salvado. En las fracciones obtenidas mediante molienda tradicional, el contenido de fósforo de fitina era máximo en el salvado, menos en el grano entero y mínimo en el grano descascarillado. Esto sugería que las capas de salvado y aleurona del grano constituían un depósito importante de fitato y de fósforo total en el sorgo. Las variedades de endospermo blando, cuando se muelen, permiten eliminar una pequeña cantidad de pericarpio. Como consecuencia de ello la reducción en el fósforo de fitina resultaba relativamente menor al moler variedades

de sorgo de endospermo blando. Se encontró que la biodisponibilidad de hierro en el sorgo para los seres humanos estaba más influida por el fósforo de fitina que por el contenido de tanino de los granos (Radhakrishnan y Sivaprasad, 1980). Al perlar el grano de sorgo, un gran aumento en el contenido del hierro ionizable y de zinc soluble indicaban una mejor biodisponibilidad de estos dos micronutrientes. Lo cual se atribuye en parte a la eliminación del fitato, de la fibra y del tanino junto con la porción de salvado en el perlado del grano de sorgo (Sankara Rao y Deosthale, 1980).

En el mijo perla, los valores dados para el fósforo de fitina variaban de 172 mg por 100 g (Sankara Rao y Deosthale, 1983) a 327 + 32 mg 100 g (Chauhan et al., 1986). Los valores dados por Simwemba et al. (1984) estaban dentro de este orden. El fósforo de fitina estaba respectivamente en correlación inversa y negativa con el hierro ionizable y con el zinc soluble. Sankara Rao y Deosthale (1983) han observado además que el malteado del grano reducía notablemente el contenido del fósforo de fitina tanto del mijo perla como del mijo coracón o africano. Lo cual iba acompañado de un aumento notable en el hierro ionizable y en el zinc soluble, lo que denotaba una mejor biodisponibilidad de estos dos elementos.

La germinación de las variedades de coracón reducía progresivamente el contenido del fósforo de fitina y tanino del grano (Udayasekhara Rao y Deosthale, 1988). Estudios reseñados por Malleshi y Desikachar (1986), muestran que, tras 48 horas de germinación, removida la parte vegetativa, el fósforo total en las semillas malteadas se redujo en un 16,12 y 9 por ciento, respectivamente, en el mijo perla, coracón y cola de zorra. El fósforo de fitina se redujo considerablemente pasando del 38 al 20 por ciento en la germinación del mijo perla. Sin embargo, en el coracón y cola de zorra el descenso del fósforo de fitina fue mínimo, En un alimento de destete basado en trigo germinado, mijo perla, garbanzo, frijol mungo y sésamo, el fósforo de fitina fue sólo de 4,39 mg por 100 g frente a 10 mg por 100 g en una mezcla preparada con semillas no germinadas (Nattress et al., 1987). En una preparación India fermentada de mijo perla, conocida como rabadi, el fósforo de fitina, al cabo de 9 horas de fermentación, se redujo en un 27-30 por ciento (Dhankher y Chauhan, 1987).

## Polifenoles

Los polifenoles, que se hallan ampliamente distribuidos en las plantas, no intervienen directamente en ningún proceso metabólico y, por lo tanto, se consideran como metabolitos secundarios. Algunos compuestos polifenólicos desempeñan una función como productos químicos de defensa y protegen a la planta contra los ataques predadores de herbívoros, hongos patogénicos y hierbas parasitarias. La presencia de polifenoles en los granos impiden también las pérdidas de granos por germinación precoz y daños debidos al enmohecimiento del grano (Harris y Burns, 1970,1973). Dreyer et al. (1981) han observado que los polifenoles tienen la propiedad de proteger a las plántulas contra los insectos.

Los compuestos fenólicos del sorgo pueden clasificarse en ácidos fenólicos, flavonoides y fenoles poliméricos condensados, conocidos como taninos. Los ácidos fenólicos, libres o enlazados como ésteres, se concentran en las capas exteriores del grano e inhiben el crecimiento de microorganismos y probablemente lo hacen resistente al moho.

Los flavonoides en el sorgo, derivados del polifenol monomérico flavonor, se denominan antocianidinos. Los dos flavonoides identificados por su abundancia en los granos de sorgo son el luteoforol (Bate-Smith, 1969) y el apiforol (Watterson y Butler, 1983). Este último se halla también en las hojas de sorgo. Jambunathan et al. (1986) han observado que la resistencia al enmohecimiento del grano más que a las aves (Subramanian et al. 1983) estaba asociado con el contenido de flavonol-4 del grano. Aunque se encuentra que flavonoides de peso molecular bajo de otras procedencias vegetales eran antinutricionales en las dietas de ratas (Mehansho et al., 1987), hasta ahora no hay pruebas para atribuir a los flavonoides del sorgo propiedades anélogas.

Los taninos son polímeros resultantes de la condensación de flavonoles-3. Gupta y Haslam (1980) se refieren a los taninos del sorgo como procianidinos al pensar que la cianidina era normalmente el único

antocianidino presente. Durante el desarrollo del grano, los monómeros flavonoides se sintetizan primero y luego se condensan para formar proantocianidinos oligoméricos de cuatro a seis unidades.

Algunas variedades de sorgo contienen altas cantidades de tanino en el grano que hace la planta resistente a las aves (Burns, 1971; Tipton et al., 1970). Los taninos son el compuesto fenólico más abundante en el sorgo pardo resistente a las aves. Durante la maduración, el grano de sorgo pardo resulta astringente lo que le da resistencia contra el ataque de aves y el enmohecimiento del grano. Esta cualidad es importante en regiones áridas y semiáridas donde fallan otros cultivos. En algunas de esas regiones, las pérdidas anuales en la producción de grano han llegado a ser de hasta un 75 por ciento o a veces más (McMillan et al., 1972; Tipton et al., 1978).

La presencia de taninos, aunque ofrecen la ventaja agronómica de hacer a la planta resistente a las aves, repercuten desfavorablemente en la calidad nutricional del grano (Salunkhe et al., 1982, 1990; Butler et al., 1984, 1986). Se observaron retrasos en el crecimiento de pollos alimentados con sorgos de alto contenido de tanino. Los taninos del grano dan un sabor astringente que repercute en la comestibilidad, reduce la ingesta alimentaria y por lo tanto el desarrollo corpóreo (Butler et al., 1984).

Los taninos se combinan con proteínas exógenas y endógenas, inclusive enzimas del tracto digestivo, y por lo tanto afectan la utilización de las proteínas (Asquith y Butler, 1986; Griffiths, 1985; Eggum y Christensen, 1975). Varios estudios hechos en ratas, pollos y ganado han demostrado que un tanino elevado en la dieta perjudica la digestibilidad de la proteína y de los carbohidratos y reduce el crecimiento, la eficiencia de los piensos, la energía metabolizable y la biodisponibilidad de aminoácidos (Rostango, 1972). Algunos de los efectos antinutricionales del sorgo de elevado contenido de tanino pueden deberse a flavonoides de poco peso molecular que son fácilmente absorbidos inhibiendo la utilización metabólica de los alimentos digeridos y absorbidos (Butler, 1988; Mehansho et al., 1987).

No hay testimonio directo de los efectos antinutricionales de taninos alimentarios en sujetos humanos aunque se ha atribuido al contenido alto de tanino alimentario el tener algún efecto carcinogénico (Morton, 1970; Singleton y Kratzer. 1973). Estudios recientes hechos por Gillooly et al. (1984) han demostrado que la absorción de hierro en mujeres Indias era menor cuando las gachas con las que se les alimentaba se preparaban con un sorgo de alto contenido de tanino resistente a las aves y no cuando se preparaban con sorgo sin tanino. Por otra parte, estudios hechos en sujetos normales y animales, referidos por Radhakrishnan y Sivaprasad (1980), han demostrado que en la disponibilidad de hierro influye más el ácido fítico que el contenido de tanino del grano. El contenido de tanino del llamado sorgo rico en tanino utilizado por estos trabajadores era solo de 160 mg en equivalentes de catequina por 100 g, cifra que era muy inferior a la que se encuentra normalmente en variedades de sorgo resistente a las aves.

Se ha puesto gran empeño en desarrollar métodos que mejoren la calidad nutricional del sorgo resistente a las aves (Salunkhe et al., 1990). Los taninos y los polifenoles asociados se concentran en la testa o revestimiento de la semilla por debajo del pericarpio del grano de sorgo y pueden eliminarse con la molturación. Sin embargo, el método tradicional de molienda a base de mortero y mano así como la molturación mecánica se comprobó que determinaban grandes pérdidas de nutrientes y la harina resultante era de escaso rendimiento así como de pobre calidad nutricional (Chibber et al., 1978). Para que el procedimiento de molturación sea comercialmente económico. Mwasaru et al. (1988) han sugerido que se desarrollen variedades de sorgo con granos redondos y endospermo duro, que contengan el tanino suficiente para la resistencia a las aves y otras propiedades agrónomicamente convenientes. Reichert et al. (1988) han identificado estas variedades, que dan unos niveles de extracción de harina del 70 por ciento o más con un descascarillado abrasivo.

Price et al. (1980) han observado que el contenido de tanino de la harina del sorgo se reduce cuando se mezclaba formando la masa y que todavía se reduce más con la cocción. Sin embargo, el crecimiento de las ratas alimentadas con masa cocida o no cocida era inferior que el de los animales alimentados con harina

cruda. También se vio que el contenido de tanino, en la germinación, se reducía en el caso del sorgo (Osuntogun et al., 1989) y del mijo coracón (Udayasekhara Rao y Deosthale, 1988). Sin embargo, se observó que el contenido de tanino del sorgo germinado, al secarlo, aumentaba de nuevo considerablemente.

Salunkhe et al. (1990) han estudiado diferentes métodos para inactivar o destoxificar los taninos en sorgos resistentes a las aves para mejorar su calidad nutricional. Resultó ser muy eficaz la humidificación de los granos con solución alcalina varias horas antes de su utilización, incluso el tratamiento del grano entero con amoníaco acuoso diluido (Price y Butler, 1979). En la elaboración tradicional de los sorgos ricos en tanino, es un paso importante el tratamiento previo del grano con soluciones alcalinas. Cuando se hace cerveza de sorgo, los granos se ponen de remojo durante la noche con cenizas de madera humedecidas. Se ha comprobado que los alcalíes liberados por la ceniza de la madera inactivan los taninos (Butler, 1988).

Es una observación esta muy importante porque el producto se utiliza antes de su fermentación para alimentar a los niños en algunas partes de Africa oriental. Muindi y Thomke (1981) han llegado a la conclusión de que el tratamiento del sorgo rico en tanino con una solución de soda Magadi era también eficaz para destoxificarlo de los taninos. Entre otros métodos sugeridos para mejorar la calidad nutricional del sorgo resistente a las aves figuraba el tratamiento con formaldehído (Daiber y Taylor, 1982), polietilenglicol (Hewitt y Ford, 1982), gelatina (Butler et al., 1986) y una reconstitución muy húmeda (Teeter et al., 1986). El suplementar las dietas ricas en tanino con ácido ortofosfórico o fosfato dicálcico (Ibrahim et al., 1988) o bicarbonato sódico (Banda-Nyirenda y Vohra, 1990) también ejercieron un efecto positivo en la destoxicación de los taninos.

Entre los mijos se señaló que el coracón contenía elevadas cantidades de taninos condensados (Ramachandra et al., 1977), con unos valores que oscilaban de 0,04 a 3,47 por ciento (de equivalentes en catequina). La digestibilidad proteínica in vitro en las variedades de coracón guardaban una relación negativa con el contenido en taninos condensados. En estudios comunicados por Udayasekhara Rao y

Deosthale (1988), las variedades blancas de coracón no tenían taninos detectables mientras que en las variedades pardas el contenido de taninos oscilaba de 351 a 2 392 mg por 100 g. Una vez extraído el tanino, el hierro ionizable en las variedades de coracón pardo aumentaba en un 85 por ciento y la adición de los taninos extraídos a las variedades blancas lo reducían en un 52-65 por ciento. Estos estudios señalaban que la escasa disponibilidad de hierro a juzgar por el contenido de hierro ionizable en las variedades pardas se debía a su elevado contenido en taninos.

En el rabadi, un producto fermentado del mijo perla, los polifenoles disminuyen de un 10-12 por ciento después de 9 horas de fermentación (Dhankher y Chauhan, 1987).

## Inhibidores de la enzimas digestivas

En el sorgo y en algunos mijos se han identificado inhibidores de las amilanas y las proteasas (Pattabiraman, 1985). Se seleccionaron variedades de mijos atendiendo a su actividad inhibitoria frente a la amilasa de la saliva humana (Chandrasekher et al., 1981). Las variedades de mijo de los arrozales o japoneses, mijo común, mijo kodo y mijo pequeño no mostraban una actividad detectable. Dos variedades de sorgo y una de mijo perla no mostraron ninguna propiedad inhibitoria frente a la alfa-amilasa, lo que indica que se trata de una característica varietal y de la especie. Otras cepas de sorgo, mijo perla, coracón y cola de zorra mostraron una notable actividad inhibitoria frente a la alfa-amilasa. El sorgo daba la máxima propiedad inhibitoria contra las amilasas humanas, bovina y porcina; el mijo cola de zorra no era inhibidor de la amilasa pancreática humana mientras que los extractos derivados de mijo perla y coracón inhibían todas las alfa-amilasas analizadas. Las sustancias inhibitoras no eran dializables y se inactivaban por el tratamiento con pepsina. Las sustancias inhibitoras derivadas del sorgo y del mijo cola de zorra eran relativamente más termolábiles en comparación con las de mijo coracón y perla.

Una exploración análoga de sustancias inhibitoras de la proteasa ha demostrado (Chandrasekher et al.,

1982) que las variedades de mijo kodo, comen y pequeño estaban libres de cualquier propiedad inhibidora de la proteasa mientras que las variedades de mijo perla, mijo cola de zorra y mijo de los arrozales desarrollaban solo una actividad antitripsinica. Resulta que los extractos de mijo coracón tenían una actividad antitriptica máxima (33,3 unidades) y antiqumotriptica (12,5 unidades) contra las enzimas de bovinos. Su actividad inhibidora era máxima también contra la elastasa porcina (Pattabiraman, 1985). El extracto de sorgo, mijo perla, mijo cola de zorra y de los arrozales inhibía las enzimas proteolíticas de los preparados pancreáticos humanos y bovinos.

Manjunath et al (1981) purificaron y caracterizaron el inhibidor de la tripsina derivado del mijo coracón y encontraron que el preparado final era homogéneo por electroforesis del gel de la poliacrilamida SDS y por ultracentrifugación en pH 4,3. El inhibidor de la antitripsina purificada resultó ser estable en una serie amplia de temperatura y pH 3-12. Mientras el inhibidor era activo contra la tripsina de los bovinos, no inhibía la alfa-quimotripsina de los bovinos, la pepsina, papaína y la subtilisina. Resulta que tenía propiedades inhibidoras contra las amilasas de la saliva y pancreática. Casi simultáneamente Shivaraj y Pattabiraman (1981) señalaron independientemente un único factor proteínico bifuncional en el mijo coracón que poseía actividad inhibidora contra la tripsina y la amilasa con dos puntos activos por separado.

Chandrasekher y Pattabiraman (1982) han purificado y caracterizado en el mijo perla dos inhibidores de la tripsina. Ambos inhibidores eran activos contra la tripsina de los bovinos pero totalmente inactivos por lo que respecta a la aquimotripsina de los bovinos. Bastante estables al calor, los dos inhibidores eran también estables en una amplia serie de pH 1-9.

No se comprende claramente la importancia nutricional de los inhibidores de la enzima presentes en el sorgo y en los mijos. Se necesita más investigación sobre este tema por lo que respecta los granos de cereales.

## Bociógenos

El yodo es un micronutriente esencial para todas las especies animales y su deficiencia constituye uno de los problemas nutricionales más generalizados en muchos países en desarrollo (DeMaeyer et al., 1979). Aunque la deficiencia de yodo ambiental es requisito indispensable para la formación del bocio, varios estudios sugieren que también contribuyen a esa enfermedad otros factores. Se ha detectado la incidencia de bocio en animales y en seres humanos con una ingesta alimentaria normal de yodo, lo que indica la posibilidad de que haya otros factores, además de la falta de yodo, en la etiología del bocio simple. El dato de que la alimentación con coles produzca una hiperplasia de la tiroides en los conejos ha de considerarse un primer jalón en los avances realizados en este campo. Está demostrado que un gran número de alimentos poseen agentes anti-tiroideos que se denominan colectivamente bociógenos. El aislamiento e identificación de la 1-vinilo-2-tio-oxazolidona, un bociógeno de algunos alimentos de las crucíferas (Astwood et al., 1949) hallado a la búsqueda de agentes similares en otros alimentos que se utilizan más comúnmente en los regímenes. Los tubérculos de la mandioca son la fuente primordial de energía en la alimentación de millones de personas que viven en el África tropical. En el tubérculo de la mandioca está presente el glicosido cianogénico que puede ser hidrolizado en tiocinatos anti-tiroideos muy potentes. La elevada incidencia del bocio en las poblaciones que consumen mandioca se ha achacado a estos bociógenos.

Otro alimento básico involucrado en esta etiología es el mijo perla. Osman y Fatah (1981) han observado que en la provincia rural de Darfur (el Sudán), donde el mijo perla era el único alimento, la incidencia del bocio era relativamente más elevada que en las regiones suburbanas donde se consumían otros cereales alimenticios como el sorgo. Entre otros elementos, el consumo de mijo perla también se consideraba un factor responsable de la elevada incidencia del bocio en la población rural. Esta opinión quedó respaldada por una correlación positiva observada entre la incidencia del bocio y la producción per cápita de mijo perla en seis países africanos (Klopfenstein et al., 1983a). Osman y Fatah (1981) observaron asimismo que

las ratas alimentadas con mijo perla desarrollaban un cuadro hormonal de tiroides anormal con hiperplasia mientras que los animales alimentados con sorgo resultaban indemnes. En el mijo perla cultivado y consumido en la región se sospechaba la presencia de un bociógeno tipo tioamida. En muchachas sudanesas con bocio, el isotiocianato del suero era relativamente elevado, lo que se atribuía a su consumo de mijo perla (Osman et al., 1983).

Los ensayos de alimentación en ratas han demostrado que el bociógeno inhibía la desionización de la tiroxina (T4) en triyodotironina (T3), que es la forma metabólicamente más activa de la hormona. El suplementar la alimentación con yodo no aliviaba el efecto bociógeno del mijo perla.

Estudios referidos por Klopfenstein et al. (1983b) han demostrado que el principio bociogénico en el mijo perla se hallaba tanto en el salvado como en la porción del endospermo del grano, y no quedaba destruido por su fermentación. La observación de que el autoclaveado del mijo reducía sus propiedades bociógenas daba a entender la naturaleza volátil o térmica labil del principio activo. Birzer et al. (1987) han llegado a la conclusión de que el principio bociógeno del mijo perla era una alcohol extraíble y probablemente presente como c-glucosilflavones vitexina, glucosil vitexina y glucosil orientina. Se observó que el extracto de alcohol del grano de mijo perla humedecido y secado era más bociógeno y no contenía vitexina ni sus glucósidos pero mostraba la presencia de compuestos fenólicos, el floroglusinol, el resorcinol y el ácido parahidroxibenzoico, que son conocidos por sus propiedades antitiroides. Gaitan et al. (1989) han señalado que la actividad antitiroides era mayor en los extractos preparados con mijo perla hervido o almacenado. El almacenamiento del grano al 26 por ciento de humedad durante la noche antes de su molturación producía una harina sin actividad bociogénica alguna (Klopfenstein et al., 1991). Se observó una fuerte correlación positiva entre el nivel de e-glicosilflavona y la histopatología de la tiroides y el cuadro hormonal. El mijo perla de color amarillo era menos bociógeno que el mijo pardo o gris. Con todo, hacen falta más demostraciones para comprender el mecanismo de la acción antitiroides de los flavonoides en el mijo perla (Birzer y Klopfenstein, 1988).

## Desequilibrio de aminoácidos y pelagra

La deficiencia alimentaria de niacina, una vitamina del grupo B, es un factor ya aceptado como causante de un desorden nutricional conocido como pelagra en los seres humanos. Las manifestaciones clínicas en un caso clásico de pelagra son dermatitis fotosensitiva bilateral y simétrica, diarrea y demencia o impedimento de la función mental. Fueron Gopalan y Srikantia (1969) los que primero describieron la pelagra en su modalidad endémica dentro de las poblaciones consumidoras de sorgo, especialmente entre los labradores pobres en torno a Hyderabad en el Estado de Andhra Pradesh. Aproximadamente el 1 por ciento de los ingresos en los hospitales eran pelagrinos y un 10 por ciento de los casos de pacientes mentales mostraban rasgos clínicos de la enfermedad (Gopalan y Vijayaraghavan, 1969).

Tradicionalmente la pelagra ha estado asociada con el consumo de maíz y raras veces se observa en poblaciones que viven de otros cereales y mijos. La escasa biodisponibilidad de niacina y el bajo contenido de triptófano de su proteína explica en gran parte las propiedades pelagrógicas del maíz. En cambio, la niacina existente en el sorgo está biológicamente disponible (Belavady y Gopalan, 1966) y el contenido de triptófano de las proteínas del sorgo no es tampoco bajo. Estas observaciones apuntaban pues a que la etiología de la pelagra en los consumidores de sorgo podría ser diferente. Una característica común en el sorgo y el maíz es que las proteínas de estos dos cereales contienen una proporción relativamente elevada de leucina. Se apuntaba, por lo tanto, que un desequilibrio de aminoácidos a causa de un exceso de leucina podría ser el factor desencadenante de la enfermedad de la pelagra.

Observaciones clínicas, bioquímicas y patológicas en experimentos realizados en seres humanos así como en animales de laboratorio han demostrado que un elevado contenido de leucina en la alimentación impedía el metabolismo del triptófano y de la niacina y determinaba la deficiencia de niacina en los consumidores de sorgo (Belavady, Srikantia y Gopalan, 1963; Srikantia et al., 1968; Ghafoorunissa y Narasinga Rao, 1973). El elevado contenido de leucina era también un factor que contribuía a las

propiedades pelagragénicas del maíz como lo demuestran los estudios en que los perros alimentados con una variedad de maíz baja en leucina, la opaco-2, no sufrían de deficiencia de niacina, mientras que los alimentados con maíz de alta leucina' el híbrido Deccan, mostraban síntomas característicos de la forma canina de la pelagra (Belavady y Gopalan, 1969). Todas estas observaciones respaldaban la hipótesis de que el exceso de leucina en el sorgo guardaba una relación causal con la pelagra en las poblaciones que consumían ese cereal.

Ulteriores estudios han demostrado que las manifestaciones bioquímicas y clínicas de un exceso alimentario de leucina podrían contrarrestarse no sólo aumentando la ingesta de niacina o triptófano sino también complementándola con isoleucina (Belavady y Udayasekhara Rao, 1979; Krishnaswamy y Gopalan, 1971). Estos investigadores sugieren, por lo tanto, que más bien que el exceso alimentario de leucina exclusivamente, es el equilibrio entre la leucina y la isoleucina lo que parece ser más importante para regular el metabolismo del triptófano y de la niacina y por tanto el proceso morboso.

La pelagra no es endémica en todas las regiones donde el sorgo es el alimento principal. Lo cual da a entender probablemente que otros factores distintos del exceso de leucina y del desequilibrio entre leucina e isoleucina en las proteínas del sorgo son los responsables del desarrollo de esta enfermedad. Investigaciones recientes han demostrado que la vitamina B<sub>6</sub>, interviene en el metabolismo de la leucina así como en el del triptófano y la niacina, lo que por lo tanto parece indicar que las diferencias regionales en la prevalencia de la pelagra pueden estar relacionadas con un estado nutricional de vitamina B<sub>6</sub> de la población (Krishnaswamy Pt al., 1976).

Hulse et al. (1980), después de pasar revista a la literatura existente se expresaron en el sentido de que faltan pruebas experimentales de otros laboratorios que apoyen la hipótesis relativa al exceso de leucina en el sorgo como factor etiológico que contribuye a precipitar la deficiencia de niacina. Los estudios comunicados por Nakagawa et al. (1975) en seres humanos así como sus estudios en ratas (Nakagawa y

Sasaki, 1977) no registraban efecto alguno del exceso de leucina alimentaria en el metabolismo del triptofano y de la niacina. Asimismo, Cook y Carpenter ( 1987) no llegaron a observar ninguna aberración en el metabolismo de la niacina por exceso de leucina en pollos, ratas y perros que fuera indicativa de una deficiencia de niacina. Ante estas observaciones de distinto signo se necesitan más investigaciones para resolver el problema.

El mejoramiento cualitativo de la dieta en su conjunto sería la solución justa para prevenir y controlar cualquier desorden nutricional de la población. Ahora bien, una solución tan genérica no es viable ante las limitaciones de orden económico y sociocultural. Partiendo del conocimiento de los factores que dan lugar a la pelagra en consumidores de sorgo, una de las soluciones alternativas para combatir la enfermedad consistiría en la identificación de variedades de sorgo con bajo contenido de leucina y, por consiguiente, en un mejor equilibrio entre la leucina y la isoleucina en la proteína. Al examinar las variedades de sorgo entre la colección mundial de germoplasma del sorgo se había demostrado que la variabilidad genética en cuanto a contenido de proteína y su contenido de lisina y leucina es muy amplia (Deosthale et al., 1972a). Se han identificado cuatro variedades de sorgo ( IS 182, IS 199, IS5 16 e IS4642) que tienen un carácter estable bajo de leucina (un contenido inferior a 11 g por ciento en la proteína. Los experimentos en perros han demostrado que los animales alimentados con proteínas de sorgo con menos de 11 g por ciento de leucina no sufrían deficiencia de ácido nicotínico (Belavady y Udayasekhara Rao, 1979). Las cuatro variedades seleccionadas se consideran por lo tanto seguras y pueden explotarse provechosamente para impedir la pelagra en zonas endémicas (Deosthale, 1980).

Se han identificado recientemente dos variedades de sorgo típico por su alto contenido de proteína y de lisina (Singh y Axtell, 1973a). Los análisis hechos con muestras de granos de estas variedades cultivadas en la India no solo han confirmado su característica de alto contenido de proteína y de lisina sino también han demostrado que su contenido de niacina era de 2 a 3 veces superior al del grano de sorgo normal ( Pant, 1975 ). Esta observación indica, pues, cuál es la otra solución alternativa. Aumentando el contenido de

niacina en la alimentación mediante el consumo de esas variedades de sorgo se podrá controlar e impedir la pelagra, según se espera, incluso en casos de un equilibrio desfavorable entre la leucina y la isoleucina.

## Fluorosis y urolitiasis y otros efectos de oligoelementos

El alto contenido de flúor del agua potable es el factor más importante de la etiología de la fluorosis endémica. Se estima que la alimentación y el estado nutricional es uno de los elementos que pueden influir en el desarrollo de la enfermedad (Pandit et al., 1940; Siddiqui, 1955). En algunas partes de la India son endémicas la fluorosis y la urolitiasis. En algunas de esas regiones, las condiciones agroclimáticas se prestan al cultivo de plantas como el sorgo y los mijos y naturalmente estos granos alimenticios son el principal alimento básico de las poblaciones que viven en esas zonas. Interesa observar que en las zonas fluoróticas de Andhra Pradesh en la India, una manifestación clínica de la deformación ósea, conocida como genu valgum se vio que era más frecuente en sujetos cuyo alimento básico era el sorgo (Krishnamachari y Krishnaswamy, 1974). Se observó también que la retención de flúor era considerablemente mayor en la alimentación con sorgo que con arroz (Lakshmaiah y Srikantia, 1977).

Varios factores, entre otros la nutrición con oligoelementos, se han incluido en la etiopatología de la fluorosis y del genu valgum. A este respecto hay una observación importante consistente en que las muestras del grano del sorgo y mijo perla cultivado en una zona de fluorosis tenían un 60 por ciento más de molibdeno que en una zona donde no lo había (Deosthale et al., 1977). Por otra parte, experimentos en seres humanos han demostrado que una fuerte ingesta de molibdeno influye en el metabolismo del cobre (Deosthale y Gopalan, 1974), y en regiones donde la incidencia del genu valgum era elevada, resultaba que el contenido de cobre del agua era bajísimo en comparación con el de zonas en que no se daba el genu valgum (Krishnamachari, 1976). Lo cual indicaba tal vez que había diferencias en el estado nutricional de las poblaciones de esas zonas por lo que respecta al cobre. Tanto el cobre como el flúor tienen su importancia para la formación de los huesos y el molibdeno promueve la absorción de flúor (Underwood, 1971). Sin

embargo, no se dispone de ninguna prueba contundente que explique el mecanismo de esta interrelación por lo que respecta al avance de la enfermedad.

La urolitiasis es una afección en que en el tracto urinario se forman piedras o cálculos. Este fenómeno es común en poblaciones que consumen mijo (Patwardhan, 1961a). Se ha atribuido esto a varios factores, promotores o inhibidores del proceso litogénico. Hay pruebas que sugieren que en la génesis de los cálculos urinarios intervienen algunos oligoelementos (Eusebio y Elliot, 1967; Satyanarayana et al., 1988).

Resulta que el sorgo, comparado con otros alimentos, contiene relativamente más molibdeno. Este elemento, como parte integrante del sistema de la xantina oxidasa, interviene en la síntesis del ácido úrico, componente de los cálculos urinarios. Sin embargo, estudios realizados en voluntarios humanos han demostrado que la ingesta alimentaria de molibdeno no tiene efectos importantes en la excreción de ácido úrico (Deosthale y Gopalan, 1974). Se han identificado varios oligoelementos presentes en cantidades notables en los cálculos urinarios y en las piedras de los riñones, Hay que investigar la importancia de su presencia en relación con la litogénesis.

O'Neill et al. (1982) han observado que en algunas partes de China el salvado de mijo cola de zorra contiene una cantidad muy elevada de silicón de hasta el 20 por ciento. Cuando existe un alto nivel de silicón en el suelo llega a acumularse en las cerdas y a depositarse en el pericarpio de los granos. El consumo de este mijo cola de zorra de alto nivel de silicón tiene su importancia para la etiología del cáncer esofágico en el norte de China.

---

[Indice](#) - [Precedente](#) - [Siguiente](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

## Micotoxinas

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

Al igual que otros cereales, el sorgo y los mijos están expuestos a la formación de hongos y a la producción de micotoxinas, lo cual depende de las condiciones medioambientales. Son micotoxinas no solo peligrosas para la salud del consumidor sino que también repercuten en la calidad del alimento dando lugar a enormes pérdidas económicas. Para ayudar a los países en desarrollo a mejorar la prevención de las micotoxinas y programas de seguimiento, la FAO ha publicado un manual sobre capacitación en análisis de micotoxinas (FAO, 1990a).

En los granos alimenticios almacenados con un contenido de humedad superior al 13 por ciento se encuentran hongos de almacenamiento, en su mayor parte el *Aspergillus* y el *Penicillium* (Sauer, 1988). Tripathi (1973) en la India, Alpert et al. (1971) en Uganda y Shotwell et al. (1969) en los Estados Unidos han demostrado que las espigas mohosas de sorgo se hallaban contaminadas con aflatoxinas B y G. Se ha demostrado que la aflatoxina es hepatotóxica, carcinogénica, mutagénica y teratogénica. Un buen secado y almacenamiento del grano impedir en gran parte la contaminación del cereal. En la India, la infestación de sorgo perla por un hongo parasitario, el *Claviceps purpurea*, ha sido la causa de un brote de ergotismo, que se caracteriza por síntomas de náuseas, vómitos, vértigo y somnolencia (Patel et al., 1958; Krishnamachari y Bhat, 1976).

Del Japón se seña otra toxicosis provocada por el grano mohoso y relacionada con el consumo de sorgo; el hongo causante fue el *Fusarium* sp. (Salto y Ohtsubo, 1974). Del sorgo mohoso intestado naturalmente se aisl una cepa de *Fusarium incarnatum*. El metabolito tóxico presente en el grano mohoso de sorgo y del arroz infestado con cepa aislada de *Fusarium* se caracteriz por sus propiedades químicas y biológicas. Result ser la toxina T' [3alfa-hidroxi-4beta, 1 5-diacetoxi-8alfa-(3-metilbutiriloxi)- 12,13 epoxy tricotecia].

**El Fusarium sp., sobre todo de mijos infestados, ha sido relacionado con la causa de la aleuquia alimentaria en el ser humano en los territorios que fueron de la Unión Soviética (Joffe, 1965).**

## Granos infestados

Como en todos los demás cereales alimenticios, los daños provocados por los insectos durante el almacenamiento no solo dan lugar a pérdidas sino también repercuten en la calidad nutricional del cereal. Kapu et al. (1989) han señalado que los valores de la proteína cruda de todos los productos alimenticios, incluido el sorgo, se reducen considerablemente con el daño de los insectos. Pant y Susheela (1977) observaron diferencias varietales en la susceptibilidad al ataque por insectos en almacenamiento de 10 meses a temperatura y humedad ambientales. La infestación moderada no alteraba la calidad proteínica del grano pero una alta infestación por insectos (30 por ciento) provocaba una notable reducción en la calidad de la proteína. El grano infectado por insectos registraba grandes pérdidas en su contenido total de grasa, materia mineral, tiamina y riboflavina. Sood y Kapoor (1992) han observado la reducción de la digestibilidad de la proteína y almidón por infestación del grano en el sorgo, el trigo y el maíz. Se demostró que este efecto dependía de la distribución de la proteína y del almidón en el componente de la semilla así como en las preferencias que tuviera el insecto a la hora de alimentarse. La infestación por Rizopertha dominica, insecto que se alimenta del endospermo, resulta reducir la digestibilidad del almidón mientras que el Trogoderma granarium, que ataca al germen, reduce la digestibilidad de la proteína.

## Conclusion

Varios factores como los arriba analizados influyen en la calidad nutricional del sorgo y de los mijos. Por fortuna existen métodos para eliminar, inactivar o impedir la formación de los principios antinutricionales y/o tóxicos que pueden estar presentes o asociados naturalmente con los granos a causa de la

contaminación. La elaboración del grano, de la cual se ha tratado en el Capítulo 3, tiene una función importante que desempeñar.

---

## Anexo: Recetas a base de sorgo y mijos

### UJI

#### Gachas delgadas

#### *Preparación*

1. Mezclar la harina con aproximadamente 1/2 taza de agua.
2. Colocar la mezcla en un recipiente cubierto y hacerla fermentar de 24 a 48 horas en un lugar húmedo. Omitir esta fase para un producto sin fermentar.
3. Hervir el agua restante y agregar la harina fermentada.
4. Cocer la masa de 10 a 15 minutos hasta que se suavice y espese.
5. Agregar leche agria (agua o jugo de banano), batir y hervir durante otros 2 minutos.
6. Agregar azúcar y servir caliente como desayuno o almuerzo.

Se prefiere un color ligero, una consistencia suave, cremosa, fluida y blanda con gusto amargo y aroma. No interesa un producto oscuro, aterronado, granoso, sin sabor.

Kenya

República Unida de Tanzania

Uganda

**Ingredientes (2-3 porciones)**

**1 taza de harina de sorgo o mijo**

**3-4 tazas de agua**

**1 taza de leche agria, agua o jugo de banano**

**2 cucharadas de azúcar, sal o jugo de limón al gusto**

**OGI**

**Gachas delgadas**

**Preparación**

- 1. Remojar los granos descascarillados en agua fria de 18 a 48 horas para ablandarlos y para que fermenten.**
- 2. Lavar los granos y molerlos hasta conseguir una pasta gruesa empleando para ello una piedra de moler.**
- 3. Pasar la masa a través de un paño de muselina y desechar el salvado y las partículas gruesas que queden en el paño.**
- 4. Apartar la masa escurrida de 5 a 6 horas y vaciar el agua sobrante, dejando solamente la suficiente para cubrir la pasta asentada.**
- 5. Hervir el agua.**
- 6. Echar la pasta en agua hirviendo (2 cucharadas por cada seis tazas de agua), batiéndola energicamente hasta que gelatinice la pasta.**
- 7. Tapar la cacerola y cocer a fuego de 2 a 3 minutos.**
- 8. Servir las gachas delgadas, calientes como están o añadiéndoles azúcar o sal al gusto.**

**El producto debe ser de color ligero, blanco o crema. Tradicionalmente no se guarda el ogi. Se almacenan el**

kafer, el eko o el ogide, que son versiones espesas de gachas tipo ogi. El cambio de sabor, textura y aroma es inaceptable.

Nigeria

### *Ingredientes*

Granos de sorgo descascarillado

Agua

Azúcar o sal al gusto

TÉNCALALI

Gachas consistentes

### *Preparación*

1. Hervir unos 4 litros de agua en una cacerola de metal.
2. Mezclar 10 g de ceniza de madera en 650 ml de agua.
3. Añadir unos 500 g de harina de sorgo y batir hasta formar una pasta homogénea.
4. Revolver la pasta en el agua hirviendo.
5. Remover la mezcla hirviendo unos 8 minutos. A veces se consume esta mezcla como gachas delgadas.
6. Bajar el fuego apartar aproximadamente 1/3 de la mezcla en un tazón y dejarla a un lado.
7. Dejar que la mezcla siga hirviendo en la cacerola y agregar, en pequeñas porciones, la harina de sorgo restante.
8. Después de cada adición batir energicamente con una cuchara de madera plana. Si se espesa demasiado agregar un poco de la mezcla que se ha dejado fuera. Agregar de nuevo harina y batir. Seguir

haciéndolo hasta que toda la harina y la mezcla de las gachas apartadas estén mezcladas en la cacerola hirviendo, y formen una pasta homogénea y espesa.

9. Poner a fuego lento, tapar la cacerola y dejar que la pasta cueza durante 12 minutos.
10. Retirar el té del fuego, enfriarlo durante una hora y servir.

**Mali**

### ***Ingredientes***

1,25 kg de harina de sorgo descascarillado pasada con 10 g de extracto de ceniza de madera por una malla de 1 mm

**TUWO**

**Gachas consistentes**

### ***Preparación***

1. Hervir el agua.
2. Preparar con la harina una pasta en agua fría o mido
3. Agregar la pasta, en pequeñas cantidades, al agua hirviendo y agitar energicamente para que no se formen grumos. Para preparar tuwo cido, cocer la pasta en agua con jugo de limón o extracto de pulpa de tamarindo.
4. Enfriar las gachas espesas.
5. Servir con salsa vegetal.

Se suele preferir el producto preparado con granos descascarillados. El tuwo de grano integral es

**estropajoso, no elástico y de color oscuro.**

## **Nigeria**

### ***Ingredientes***

**4 tazas de grano harina de entero o descascarillado de sorgo o mijo**

**9 tazas de agua**

**jugo de limón o extracto de pulpa de tamarindo (opcionales)**

### **BOGOBE**

**Gachas consistentes**

### ***Preparación***

- 1. Para el bogobe fermentado (motogo-wa-ting o mezclar la levadura con la harina de sorgo seca.**
- 2. Agregar de 250 a 300 ml de agua tibia y revolver hasta formar una pasta.**
- 3. Tapar y dejar fermentar durante 24 horas.**
- 4. Hervir 1 500 ml de agua.**
- 5. Agregarla harina fermentada al agua hirviendo. Revolver a menudo.**
- 6. Cocer de 12 a 15 minutos.**

### **Bogobe sin fermentar (*mosokwana*)**

- 1. Para el bogobe no fermentado (mosokwana), hervir aproximadamente 1 litro de agua.**
- 2. Agregar unos 250 g de harina de sorgo al agua hirviendo, revolviendo frecuentemente.**

### 3. Enfriar de 20 a 30 minutos.

***Motogo-wa-ting*** se suele consumir con carne y hortalizas, por la tarde y por la mañana.

***Mosokwana*** generalmente se consume al almuerzo con carne y hortalizas. Se prefiere el bogobe con textura de mediana a gruesa. No es aceptable el color oscuro del producto debido a los pigmentos del grano.

Botswana

#### ***Ingredientes***

300 g de harina molida gruesa de sorgo descascarillado

30 g de levadura (harina de sorgo fermentada en agua durante 48 horas)

1500-1 800 ml de agua

UGALI

Gachas consistentes

#### ***Preparación***

1. Hervir el agua en una cacerola de arcilla.
2. Rociar un poco de harina en la superficie del mijo agua. Seguir calentando.
3. Tan pronto como el agua empieza a hervir, volver a añadir la harina restante en pequeñas cantidades revolviendo constantemente para evitar la formación de grumos.
4. Dejar cocer la masa durante 2 minutos y sacar aproximadamente la mitad de la pasta caliente depositándola en otro recipiente.

5. Mezclar energicamente la pasta restante en la cacerola utilizando un palo de madera cilíndrico con un mango achatado.
6. Agregar la pasta que queda y dejar que siga hirviendo hasta que tenga la consistencia justa.
7. Seguir cocinándolo a fuego lento de 4 a 5 minutos.
8. Echar el ugali a una cesta hecha para ese fin. Toda la operación de la Preparación del ugali lleva de 15 a 20 minutos.

Servir con un plato sabroso, carne o salsa vegetal, guisado u hortalizas verdes.

El producto debe ser de color claro. Conviene que no sea pegajoso cuando se come y debe mantener las mismas características durante 24 horas cuando se lo guarda.

Kenya

República Unida de Tanzania

Uganda

### *Ingredientes (2-3 porciones)*

2-3 tazas de harina de sorgo o mijo

4-5 tazas de agua

**AMBALI**

**Gachas consistentes**

***Preparación***

1. Hervir el agua.
2. Mezclar la harina en agua fría al gusto
3. Echarla al agua caliente en pequeñas cantidades.
4. Revolver para evitar la formación de grumos.
5. Cocer hasta que esté espesa.
6. Dejar que fermente durante la noche.
7. Agregar agua o suero de leche. Mezclar y servir.

## La India

### *Ingredientes*

250 g de harina de sorgo o mijo

1 litro de agua o suero de leche, sal al gusto

### SANKATI

Gachas consistentes

### *Preparación*

1. Cernir la harina en un tamiz de malla de 20 y separar la semola de la harina fina
2. Hervir agua en un recipiente.
3. Agregar semola al agua caliente, revolviendo.
4. Seguir hirviendo y al cabo de 10 minutos agregar gradualmente la harina fina.
5. Seguir revolviendo y cociendo durante unos cuantos minutos.
6. Echar el sankati en un plato húmedo y hacer bolas a mano de aproximadamente 10 cm de diámetro.

**Servir las gachas frescas con salsa, chal, ado bos, salsa picante, suero de leche, cuajada, curris vegetal, etc., según el gusto.**

**El producto debe ser de color claro y ligeramente dulce de gusto. No debe ser pegajoso o pastoso y debe seguir consistente cuando se guarde en agua.**

**La India**

### ***Ingredientes***

**Harina de grano entero de sorgo molida gruesas y ya, cernida del salvado**

**Agua**

**ROTI**

**Pan plano delgado sin levadura**

### ***Preparación***

- 1. Mezclar la harina, el agua y la sal para formar una masa firme. Amasar a fondo**
- 2. Hacer una bola.**
- 3. Rociar con harina seca en una tabla de madera y poner la bola de masa encima. Aplastar la masa presionando con las manos para formar una pieza circular de casi el mismo espesor.**
- 4. Cocer la masa plana en una sartén de poco fondo y caliente, o en una parrilla. Aproximadamente después de medio minuto, rociar agua en la masa plana.**
- 5. Dar la vuelta al roti y cocer por la otra cara durante 30 segundos o hasta que comience a echar humo.**
- 6. Servir con adobos, salsas picantes, chal o salsa de vegetales.**

**Se prefiere un roti delgado, suave y de color ligero. Durante 24 horas almacenado debe mantenerse blando. No es agradable un producto oscuro.**

**La India**

### ***Ingredientes***

**Harina de grano entero de sorgo o mijo perla**

**Agua**

**Sal al gusto**

**Aceite (opcional)**

### **TORTILLAS**

**Pan sin fermentar**

### ***Preparación***

- 1. Preparar la masa mezclando la solución de lima y el sorgo en grano en la proporción de 3:1 y cocer de 3 a 10 minutos hasta el punto de ebullición.**
- 2. Dejar la masa en remojo por lo menos durante 4 horas.**
- 3. Hacer bolas con la masa y aplastarlas hasta obtener redondeles de unos 15 cm de diámetro y de 0,5 cm de espesor.**
- 4. Cocer las tortillas en una parrilla o en un comal tradicional de arcilla.**
- 5. Mientras se cuece, dar la vuelta a la tortilla para que quede ligeramente dorada por ambas partes.**
- 6. Poner la tortilla cocida en el suelo para que se enfríe algo y mantenerla luego en un recipiente cubierto con un paño.**

**Las tortillas de sorgo no tienen color si se comparan con las que se hacen de maíz blanco. Tiene una buena aceptación en la tortilla preparada con una mezcla de sorgo y maíz en una proporción de 1:1.**

**América Central**

**México**

### ***Ingredientes***

**Grano de sorgo**

**Solución de lima al 0,5 por ciento**

**Injera**

**Pan plano redondo con levadura**

### ***Preparación***

- 1. Para preparar la masa, cernir 4,5 kg de harina de sorgo en un tazón.**
- 2. Añadir 1 litro de agua y amasar bien a mano.**
- 3. Revolver con el ersho (la levadura).**
- 4. Agregar más agua y amasar bien.**
- 5. Pasar la masa a una buhaka (una artesa) ya utilizada. Tapar y dejar asar durante 48 horas.**
- 6. Cernir 1,6 kg de harina en un tazón para preparar un batido.**
- 7. Hervir 1,7 litros de agua.**
- 8. Echar el agua hirviendo en la harina y mezclar bien con una cuchara de madera.**
- 9. Dejar que la mezcla se enfríe hasta unos 55°C.**

10. Echar el batido en la masa fermentada que hay en la buhaka
11. Agregar 2 litros de agua y mezclar bien.
12. Dejarla asar aproximadamente 1 hora hasta que se formen burbujas de aire.
13. Calentar una plancha de arcilla (metad) sobre el fuego durante media hora antes de cocer.
14. Untar el metad rociando corza molida y limpiar con un trapo limpio doblado. Espolvorear toda la corza. Untar de nuevo antes de cocer cada injera.
15. Echar la mezcla en la plancha untada y caliente con un movimiento circular de fuera hacia el centro para que resulte asar una injera circular. Utilizar aproximadamente 0,5 litro de pasta para cada injera.
16. Cuando comiencen a formarse agujeros en la parte alta del injera, cubrir con la tapa de la plancha llamada akenbala y cocer de 2 a 3 minutos.

### *Variantes regionales*

1. Mezclando absit (masa cocida) con masa fermentada:
2. Sacar con un cucharón unos 800 g de la masa fermentada.
3. Agregar unos 350 ml de agua y mezclar bien.
4. Hervir 750 ml de agua, y batir en ella la masa y mezcla de agua.
5. Cocer, revolver constantemente durante 10 minutos.
6. Retirar del fuego. Enfriar hasta unos 46°C.
7. Agregar la masa cocida a la masa fermentada en la buhaka.
8. Mezclar bien con un palo limpio y largo, o con las propias manos.
9. Agregar 2 litros de agua y mezclar bien.
10. Dejar asar durante 1 hora para que se levante la masa batida.

Cocer como se indica más arriba.

**Fermentando una mezcla de tres partes de masa no cocida y una parte de masa cocida antes:**

1. Al cabo de unas horas después de mezclar la masa inicial, sacar una cuarta parte de la masa y cocerla bien hasta que alcance la consistencia de las gachas.
2. Mezclar bien la masa cocida con la masa inicial restante.
3. Dejar durante la noche en la artesa.
4. Aligerar la masa con agua caliente y cocer.

El injera, se consume con wot, un estofado hecho con carne, legumbres, hortalizas o sus mezclas. Con el injera también pueden servirse leche y productos lácteos. Entre las características preferidas se incluye la distribución uniforme de ojos o agujeros y un ligero sabor amargo. Se acepta el producto blando, claro, ligeramente húmedo y flexible

**Etiopía*****Ingredientes (para 31 injera de 390 g cada una)***

6,1 kg de harina de sorgo

0,5 litro de ershe como levadura (un líquido amarillento poco espeso y fermentado que se saca de la masa ya fermentada)

Agua

**KISRA**

**Pan torta delgado con levadura**

***Preparación***

1. En un recipiente de barro mezclar la harina, la levadura y bastante agua para formar una pasta.
2. Dejar fermentar durante la noche, es decir, cerca de 12 horas.
3. Aclarar la masa hasta que tenga la consistencia de un batido.
4. Extender unos 100 ml en una placa de hierro caliente empleando una espátula rectangular (15 x 5 cm) para formar así una capa muy delgada de pasta.
5. Cocer aproximadamente durante 1/2 minuto.
6. Sacarla y ponerla en un recipiente apilando una sobre otra.
7. Tapar con un paño y almacenar para su empleo el mismo día o el siguiente.

El kiswa se sirve con hortalizas, legumbres, estofado de carne o sopa. Se prefiere el producto que sea suave, delgado, ligeramente húmedo y flexible, con un sabor ligeramente amargo, y con "ojos" o agujeros distribuidos uniformemente.

El Sudán

### *Ingredientes*

9 partes de harina de sorgo, generalmente blanco

2 partes de agua

1 parte de levadura (inoculo de levadura procedente de una masa de kiswa fermentada antes)

### **ARROZ DE SORGO O MIJO**

### *Preparación*

1. Si se usa el grano entero remojarlo durante la noche en agua, enjuagarlo y limpiarlo.
2. Hervir o cocer de 20 a 40 minutos el grano descascarado o el grano entero remojado, hasta ablandarlo.

### **3. Servir caliente con carne u hortalizas.**

**La India**

#### ***Ingredientes***

**1 medida de grano descascara do o integral, 3-4 medidas de agua**

#### **GRANOS DE SORGO O MIJO CON LEGUMBRES**

#### ***Preparaci***

1. Hervir el agua.
2. Aadir legumbres y hervir hasta que estn algo cocidas.
3. Agregar granos de sorgo o mijo y seguir hirvien- do hasta que se ablanden.
4. Condimentar al gusto.
5. Servir caliente con verduras y rodajas de limn o naranja.

**La India**

#### ***Ingredientes***

**2 tazas de grano entero o quebrado**

**1 taza de frijol mungo, guisantes, frijoles, caupnes u otra legumbre**

**7 tazas de agua**

**PATE**

## Grano agrietado descascarillado

### Preparación

1. Hervir el agua.
2. Añadir las algarrobas, la cebolla, los tomates, los ajos, sal y pimienta.
3. Agregar el grano molido grueso.
4. Cocer de 8 a 10 minutos.
5. Agregar las espinacas y seguir cociendo durante otros 2 minutos.
6. Servir caliente.

No gusta un producto pegajoso, con granos de tamaño mal definido.

### Nigeria

#### Ingredientes

4 tazas de grano de sorgo o mijo descascarillado o entero molido grueso

7 tazas de espinacas

2 ajos grandes (picados)

6 tomates de tamaño mediano

2 algarrobas de tamaño mediano

1 cebolla

### Kichidi

#### Preparación

1. Calentar el aceite en una taza.
2. Añadir las especias mezcladas.
3. Freir las cebollas y el ajo.
4. Agregar agua y hervir.
5. Añadir mijo descascarado, arroz, garbanzo chal en remojo, maní y sal.
6. Tapar y cocer hasta que esté hecho.

Servir caliente, con una guarnición de coco rallado y hojas de cilantro.

La India

### *Ingredientes*

2 tazas de sorgo o mijo descascarado

1/2 taza de arroz

1/4 taza de garbanzo chal, puesto a remojo en agua

1/2 taza de maní remojado en agua

2 cebollas pequeñas

6 dientes de ajo

50 g de aceite vegetal

2 cucharaditas de especias, mezcladas (mostaza, comino, asafetida y cúrcuma), sal al gusto

CUZCO

### *Preparación*

1. Mojar la harina molida fina con agua fría y

2. Hacer que la mezcla pase a través de un tamiz fino (malla de 1,5 mm).
3. Colocar los granos en una cacerola perforada que esté directamente encajada en otra cacerola que contenga agua caliente.
4. Colocar un paño sellando la juntura entre las dos. Calentar la inferior al vapor y cocer durante 15 minutos los granos que están encima.
5. Sacar dichos granos, que forman ahora un único pedazo grande.
6. Romper el pedazo en pequeñas trozos y volverlos a cocer al vapor durante otros 15 minutos.
7. Sacar el trozo, dividirlo en trocitos y cernirlos a través de un tamiz (malla de 2,5 mm).
8. Secar y almacenar para su uso en el futuro.
9. Para preparar el cuzcuz al momento de servirlo, rociar con agua fría los trocitos.
10. Mezclar bien con los dedos.
11. Mezclar los trocitos con polvo de hoja molida de baobab y otros ingredientes como pasta de cacahuete, okra, etc., y cocerlo al vapor durante 15 minutos.
12. Dejarlo enfriar lentamente.
13. Servir con salsa o leche, o seco, y utilizarlo como alimento de pronta y fácil preparación.

## Africa occidental

### *Ingredientes*

Harina de sorgo o mijo muy fina

FURA

### *Preparación*

1. Mezclar la harina, el agua y las especias.

2. Preparar pequeñas bolas redondas (de 2-3 cm de diámetro).
3. Echar en el agua hirviendo y cocer durante 30 minutos.
4. Machacar las bolas cocidas con agua y especias hasta que se forme una masa blanda, elástica y cohesiva.
5. Preparar de nuevo pequeñas bolas formando las entre las palmas de las manos o sobre una tabla de madera, empleando para ello harina seca.
6. Servir así o con yogur, nonoo leche agria, como refrigerio.

## Nigeria

### *Ingredientes*

4 tazas de harina de mijo o sorgo (cornido)

2 cucharaditas de especias picantes

6 tazas de agua

7 tazas de nono (leche fermentada), yogur o leche agria

### SORGO REVENTADO

### *Preparación*

1. Humedecer los granos rociándolos con agua.
2. Calentar los granos en una cacerola tapada puesta al fuego.
3. Servir los granos reventados como refrigerio después de rociarlos con sal y pimienta.
4. Se pueden servir también agregando algún jarabe azucarado y mantequilla, o haciendo bolas. o con leche y un poco de azúcar.

**Nigeria**

### ***Ingredientes***

**Grano de sorgo (variedades que revientan)**

---

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/">

---

## **Bibliografia**

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

**Abdelrahman, A., Hosene, R.C. & Varriano-Marston, E. 1983. Milling process to produce low-fat grits from pearl millet. Cereal Chem. 60: 189-191.**

**Abdelrahman, A., Hosene, R.C. & Varriano-Marston, E. 1984. The proportions and chemical compositions of hand-dissected anatomical parts of pearl millet. J. Cereal Sci. 2: 127-133.**

**Adams, C.A., Novellie, L. & Liebenberg, N.V.d.W. 1976. Biochemical properties and ultrastructure of protein bodies isolated from selected cereals. Cereal Chem., 53: 1-12.**

**Adrian, J., Murias de Queros, M.J. & Frangne, R. 1970. La vitamine PP dans les graines de céréales et de légumineuses. Ann. Nutr. Aliment. 24: 155- 166.**

- Ahuja, V.P., Singh, J. & Naik, M.S. 1970. Aminoacid balance of proteins of maizc and sorghum. Indian .1. Genet. Plant Breed. 30: 727-731.
- Ali, H.I. & Harland, B.F. 1991. Effects of fibre and phytate in sorghum flour in weaning rats: a pilot study. Cereal Foods World 36: 254. (Resumen)
- Aliya, S. & Geervani, P. 1981. An assessment of the protein quality and vitamin B content of commonly used fermented products of legumes and millets. J. Sci. Food Agric.. 32: 837-842.
- Almeida-Dominguez, H.D., Serna-Saldivar, S.O. & Rooney, L.W. 1991. Properties of new and commercial sorghum hybrids for use in alkaline-cooked foods. Cereal Chem. 68: 25-30.
- Alpert, M.E., Hutt, S.R., Wogan, G.N. & Davidson, (C.S. 1971. Association between aflatoxin content of food and hepatoma frequency in Uganda. Cancer, 28: 253-260.
- Aluko, R.E. & Olugbemi, L.B. 1989. Sorghum as a raw material in the baking iindustry. Paper presented at the Symposium on the Current Status and Potential of Industrial Uses of Sorghum in Nigeria, Kano. Nigeria, 4-6 de cembre.
- Andhra Pradesh Agricultural University. 1991. Rural food enterprises for production of low cost supplementary foods using millets and legumes. Terminal report of the IDRC-funded project. Hyderabad. Inde. 135 p.
- Asquith, T.N. & Butler,L.C.1986. Interaction of condensed tannins with selected proteins. Phytochemistry, 25: 1591-1593.
- Astwood, E.B., Greer, M.A. & Ettlinger, M.G. 1949. /-5-Vinyl-2-thioxazolidone, an antithyroid compound

from yellow turnip and from brassica seeds. *J. Biol. Chem.*, 181: 121-130.

**Au, P.M. & Fields, M.L. 1981. A research note on nutritive quality of fermented sorghum. *J. Food Sci.*, 46: 652-654.**

**Axtell, J.D., Kirleis, A.W., Hassen, M.M., D'Croz Mason, N., Mertz, E.T. & Munck, L. 1981. Digestibility of sorghum proteins. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 78: 1333-1335.**

**Babu, B.V., Ramana, T. & Radhakrishnan, T.M. 1987. Chemical composition and protein content in hybrid varieties of finger millet. *Indian J. Agric. Sci.*, 57: 520-522.**

**Bach Knudsen, K.E., Kirleis, A.W., Eggum, B.O. & Munck, L. 1988. Carbohydrate composition and nutritional quality for rats of sorghum T<sub>4</sub> prepared from decorticated white and whole grain red flour. *J. Nutr.*, 118: 588-597.**

**Bach Knudsen, K.E. & Munck, L. 1985. Dietary fibre contents and compositions of sorghum and sorghum-based foods. *J. Cereal Sci.*, 3: 153-164.**

**Bach Knudsen, K.E., Munck, L. & Eggum, B.O. 1988. Effect of cooking, pH and polyphenol level on carbohydrate composition and nutritional quality of a sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) food, ugali. *Br. J. Nutr.*, 59: 31-47.**

**Badi, S.M., Bureng, P.L. & Monawur, L.Y. 1987. *Kisra upgraded technology*. Khartoum, Soudan, Food Research Centre. 15 p.**

**Badi, S.M., Bureng, P.L. & Monawar, L.Y. 1988. Commercial production: a breakthrough in kisra technology. In 4th Quadrennial Symposium on Sorghum and Millets, 8th International Cereal and Bread Congress, Suisse,**

**26-27 mars 1988, p. 3145. Vienne, International Association for Cereal Science and Technology.**

**Badi, S.M. & Hosene, R.C. 1976. Use of sorghum and pearl millet flours in cookies. Cereal Chem., 53: 733-738.**

**Badi, S.M. & Hosene, R.C. 1977. Use of pearl millet and sorghum flours in bread and cookies. In D.A.V. Dendy, ed. Proceedings of a symposium on sorghum and millets for human food Vienne, 11-12 mai 1976, p. 37-39. Londres, Institut des produits tropicaux.**

**Badi, S.M., Hosene, R.C. & Finney, P.L. 1976. Pearl millet. II, Partial characterization of starch and use of millet flour in breadmaking. Cereal Chem., 53: 718-724.**

**Badi, S.M., Perten, H. & Abert, P. 1980. New food product "Pearl Dura". Rep. Int. Assoc. Cereal Chem. 10: 102-104.**

**Baghel, R.P.S., Netke, S.P. & Bajpai, L.D. 1985. Nutritive value of kangni. Poul. Guide 22: 28-29.**

**Bailey, A.V., Sumrell, G. & Burton, G.W. 1979. Pentosans in pearl millet. Cereal Chem., 56: 295-298.**

**Banda-Nyirenda, D.B.C. & Vohra, P. 1990. Nutritional improvement of tannin-containing sorghums (Sorghum bicolor) by sodium bicarbonate. Cereal Chem. 67: 533-537.**

**Bass, I.N. & Stanwood, P.C. 1978. Long-term preservation of sorghum seed as affected by seed moisture, temperature and atmospheric environment. Crop Sci., 18: 575-577.**

**Bassey, M.W. & Schmidt, O.G. 1989. Abrasive-disk dehullers in Africa -from research to dissemination Ottawa, Canada, Centre de recherche pour le développement international. 97 p.**

- Bate-Smith, E.C. 1969. Luteoforol (3',4,4',5,7-pentahydroxyflavan) in Sorghum vulgare L. Phytochemistry 8: 1803-1810.**
- Becker, R. & Lorenz, K. 1978. Saccharides in proso and foxtail millets. J. Food Sci., 43: 1412-1414.**
- Belavady, B. & Gopalan, C. 1966. Availability of nicotinic acid in jowar (Sorghum vulgare). Indian J. Biochem. 3: 44-47.**
- Belavady, B. & Gopalan, C. 1969. The role of leucine in the pathogenesis of canine black tongue and pellagra. Lancet, 2: 956-957.**
- Belavady, B., Srikantia, S.G. & Gopalan, C. 1963. The effect of oral administration of leucine on the metabolism of tryptophan. Biochem. J., 87: 652-655.**
- Belavady, B. & Udayasekhara Rao, P. 1979. Leucine and isoleucine content of jowar and its pellagrigenicity. Indian J. Biol., 17: 659-661.**
- Beleia, A. & Varriano-Marston, E. 1981 a. Pearl millet amylases. I. Properties of partially purified alpha-amylase. Cereal Chem. 58: 433-437.**
- Beleia, A. & Varriano-Marston, E. 1981b. Pearl millet amylases. II. Activity toward intact and heated starch granules. Cereal Chem.. 58: 437-440.**
- Beleia, A., Varriano-Marston, E. & Hosney, R.C. 1980. Characterization of starch from pearl millets. Cereal Chem. 57: 300-303.**
- Birzer, D.M. & Klopfenstein, (C.F. 1988. The pearl millet goitrogens. Cereal Foods World. 33: 229-231.**

**Birzer, D.M., Klopfenstein, C.F. & Leipold, H.W. 1987. Goiter-causing compounds found in pearl millet. Nutr. Rep. Int.. 36: 131-140.**

**Blessin, C.W., VanEtten, (C.H. & Wiebe, R.1958. Carotenoid content of the grain from yellow endosperm-type sorghums. Cereal Chem. 35: 359-365.**

**Block, R.J. & Mitchell, M.M. 1946. The correlation of the aminoacid composition of proteins with their nutritive value. Nutr. Abstr. Rev. 16: 249-278.**

**Brookwalter, G.N., Warner, K. & Anderson, R.A. 1977. Fortification of dry milled sorghum with oilseed proteins. J. Food Sci., 42: 969-973.**

**Brown, K.H., Dickin, K.L., Bentley, M.E., Oni, G.A., Obasaju, V.T., Esrey, S.A., Mebrahtu, S., Alade, I. & Stallings, R.Y. 1988. Consumption of weaning foods from fermented cereals in Kwara State, Nigeria. In D. Alnwick, S. Moses & O.G. Schmidt, eds. Improving young childfeeding in eastern and southern Africa p. 181 - 197. Nairobi, Kenya, Centre de recherche pour le développement international.**

**Bureng, P.L., Badi, S.E.N.M. & Monawar, L.Y. 1987. Hullu-murr production. Khartoum. Soudan, Food Research Centre. 10 p.**

**Burleson, C.A., Cowley, W.R. & Otey, G. 1956. Effect of nitrogen fertilization on yield and protein content of grain sorghum in the lower Rio Grande valley of Texas. Agron. J., 48:524-525.**

**Burns, R.E. | 971. Method for estimation of tannin in grain sorghum. Agron. J., 63: 511-512.**

**Butler, L.G. 1988. The role of polyphenols in the utilization of ICRISAT-mandated grain crops and applications of biotechnology for improved utilization. In Biotechnology in tropical crop improvement. Proceedings of the**

**International Biotechnology Workshop, Patancheru, Inde, 12-15 janvier 1987, p. 147-152. Patancheru, ICRISAT.**

**Butler, L.G., Riedl, D.J. , Lebryk, D.G. & Blytt, H. J. 1984. Interaction of proteins with sorghum tannin: mechanism, specificity and significance. J. Am Oil Chem. Soc., 61: 916-920.**

**Butler, L.G., Rogler, J.C., Mehansho, H. & Carlson, D.M. 1986. Dietary effects of tannins. In V. Cody & E. Middleton, eds. Plant flavonoids in biology and medicine: biochemical pharmacological and structure activity relationships. p. 141 - 157. New York, Wiley.**

**Cagampang, G.B., Griffith, J.E. & Kirleis, A.W. 1982. Modified adhesion test for measuring stickiness of sorghum porridges. Cereal Chem. 59: 234-235.**

**Cagampang, G.B. & Kirleis, A.W. 1984. Relationship of sorghum grain hardness to selected physical and chemical measurements for grain quality. Cereal Chem. 61: 100-115.**

**Canales, A.M. & Sierra, I.A. 1976. Use of sorghum. Tech. Q. Master Brew. Assoc. Ann, 13: 114-116.**

**Carter, E.G.A. & Carpenter, K.J. 1981. Bound niacin in sorghum and its availability. Nutr. Res. 1: 571-579.**

**Carter, E.G.A. & Carpenter, K.J. 1982. The available niacin values of foods for rats and their relation to analytical values. J. Nutr., 112: 2091-2103.**

**Casey, P. & Lorenz, K. 1977. Millet - functional and nutritional properties. Baker's Dig., 51: 45-51.**

**Casier, J.P.J., de Paepe, G., Willems, H., Goffings, G. & Noppen, H. 1977. Bread from starchy tropical crops. II. Bread production from pure millet and sorghum flours, using cereal endosperm-cellwall-pentosan as a**

**universal baking factor. In D.A.V. Dendy, eds. Proceedings of a symposium on sorghum and millets for human food, Vienne, 11 - 12 mai 1976, p. 127- 131. Londres, Institut des produits tropicaux.**

**Cecil, J.E. 1986. Roller milling of sorghum and millet grain using a semi-wet process. Londres, Tropical Development Research Institute. 25 p.**

**Cecil, J.E. 1992. Semi-wet milling of red sorghum. In M.I. Gomez, L.R. House, L.W. Rooney & D.A.V. Dendy, eds. Utilisation of sorghum and millets. p. 23-26. Patancheru, Inde, ICRISAT**

**Chandrasekher, G. & Pattabiraman, T.N. 1982. Natural plant enzyme inhibitors: isolation and characterization of two trypsin inhibitors from bajra (*Pennisetum typhoideum*). Indian J. Biochem Biophys., 19: 1-7.**

**Chandrasekher, G., Raju, D.S. & Pattabiraman, T.N. 1981 Natural plant enzyme inhibitors a- Amylaseinhibitors in millets. Sci Food Agric 32 9-16**

**Chandrasekher, G., Raju, D.S. & Pattabiraman, T.N. 1982 Natural plant enzyme inhibitors Protease inhibitors in millets. J. Sci Food Agric 33: 447450**

**Chandrashekar, A. & Desikachar, H.S.R. 1986 Sorghum quality studies Part 11. Suitability for making dumpling (mudde). J. Food Sci. Technol., 23: 7- 10.**

**Chandrashekar, A. & Kirleis, A.W. 1988 Influence of protein on starch gelatinization in sorghum Cereal Chem. 65: 457-462.**

**Chauhan, B.M., Suneja, N. & Bhat, C.M. 1986. Nutritional value and fatty acid composition of some high-yielding varieties of bajra Bull Grain Technol., 24: 44-49**

**Chevassus-Agnes, S., Favier, J.C. & Joseph, A. 1976 Traditional technology and nutritive value of sorghum beer in Cameroon. Cah. Nutr. Diet. 11: 89-104**

**Chibber, B.A.K., Mertz, E.T. & Axtell, J.D. 1978. Technologie traditionnelle et valeur nutritive des bières de sorgho du Cameroun [Effects of dehulling on tannin content protein distribution and quality of high and low tannin sorghum J. Agric Food Chem., 26: 679-683**

**Chitsika, J.M. & Mudimbu, M.W. 1992. Quality criteria for opaque beer in Zimbabwe In M.I. Gomez, L R. House, L W. Rooney & D.A V. Dendy, eds. Utilization of sorghum and millets p. 151 - 155 Patancheru, Inde ICRISAT**

**Choto, C.E., Morrad, M.M. & Rooney, L.W. 1985 The quality of tortillas containing whole sorghum and pearled sorghum alone and blended with yellow maize Cereal Chem.. 62: 51-55**

**Chung, O.K. & Pomeranz, Y. 1985 Amino acids in cereal proteins and protein fractions. In J.W Finley & D.T Hopkins, eds Digestibility and amino acid availability in cereals and oilseeds p. 65- 107 St Paul, Minnesota, Etats-Unis, American Association of Cereal Chemists.**

**Commission économique pour l'Afrique.1985 Technical compendium on composite flours. Addis-Abeba Ethiopie 109p.**

**Cook, N.E. & Carpenter, K.J. 1987 Leucine excess and niacin status in rats J. Nutr. 117: 519-526.**

**Cornu, A. & Delpeuch, F. 1981 Effect of fibre in sorghum on nitrogen digestibility Am J. Clin. Nutr. 34: 2454-2459**

**Crabtree, J. & Dendy, D.A.V. 1979. Comilling of four species of millet with wheat to produce composite flours.**

**Cereal Foods World, 24: 103- 107.**

**Dada, I.O. & Dendy, D.A.V. 1988. Cyanide content of germinated cereals and influence of processing techniques. In D. Alnwick, S. Moses & O.G. Schmidt, eds. Improving young child feeding in eastern and southern Africa p. 359-365. Nairobi, Kenya, Centre de recherche pour le développement international.**

**Daiber, K.H. & Taylor J.R.N. 1982. Effects of formaldehyde on protein extraction and quality of high- and low-tannin sorghum. J. Agric . Food Chem. 30: 70-72.**

**Daniel, V.A., Leela, R., Doraiswamy, T.R., Rajalakshmi, D., Venkat Rao, S., Swaminathan, M. & Parpia, H.A.B. 1965. The effect of supplementing a poor Indian ragi diet with L-lysine and DL-threonine on the digestibility coefficient, biological value and net utilization of the protein and on nitrogen retention in children. J. Nutr Diet. 2: 138-143.**

**Dassenko, S. 1980. Effect of milling, fermentation and cooking on nutritive value of pearl millet (*Pennisetum americanum* (L. ) Leeke). Thèse de doctorat. Kansas State University, Manhattan, Kansas, Etats-Unis.**

**Davis, A.B. & Hosenev, R.C. 1979. Grain sorghum condensed tannins. I. Isolation, estimation, and selective adsorption by starch. Cereal Chem., 56: 310-314.**

**Deatherage, W.L., McMasters, M.M. & Rist, C.E. 1955. A partial survey of amylose content in starch from domestic and foreign varieties of corn, wheat and sorghum and from some other starch-bearing plants. Trans. Am. Assoc. Cereal Chem. 13: 31-42.**

**DeMaeyer, E.M., Lowenstein, F.W. & Thilly, C.H. 1979. The control of endemic goitre. Genève, OMS.**

**Dendy, D.A.V. 1992. Composite flour - past, present and the future: a review with special emphasis on the**

**place of composite flour in the semi-arid zones. In M.I. Gomez, L.R. House, L.W. Rooney & D.A.V. Dendy, eds. Utilization of sorghum and millets, p. 67-73. Patancheru, Inde, ICRISAT.**

**Deosthale, Y.G. 1980. Nutrition dimension of high yielding and hybrid crop varieties: locational and varietal differences in nutritional value. In M Mohan Ram & V. Ramadas Murthy, eds. Proceedings of workshop on strategies in agriculture sector for nutritional goals, 21-22 juillet 1980. Hyderabad, Inde, National Institute of Nutrition.**

**Deosthale, Y.G. & Belavady, B. 1978. Mineral and trace element composition of sorghum grain: effect of variety, location and application of the nitrogen fertilizer. Indian J. Nutr. Diet. 15: 302-308.**

**Deosthale, Y.G. & Gopalan, C. 1974. The effect of molybdenum levels in sorghum (*Sorghum vulgare* Pers.) on uric acid and copper excretion in man. Br. J. Nutr. 31: 351 -355.**

**Deosthale, Y.G., Krishnamachari, K.A.V.R. & Belavady, B. 1977. Copper, molybdenum and zinc in rice, sorghum and pearl millet grains from fluorosis and nonfluorosis areas of Andhra Pradesh. Indian J. Agric. Sci. 47: 333-335.**

**Deosthale, Y.G. & Mohan V.S. 1970. Locational differences in protein, lysine and leucine content of sorghum varieties. Indian J. Agric. Sci. 40: 935-941.**

**Deosthale, Y.G., Nagarajan, V. & Visweswar Rao, K. 1972. Some factors influencing the nutrient composition of sorghum grain. Indian J. Agric. Sci. 42: 100-108.**

**Deosthale, Y.G., Visweswara Rao, K., Nagarajan, V. & Pant, K.C. 1971. Varietal differences in protein and amino acids of grain bajra (*Pennisetum typhoides*). Indian J. Nutr.: Diet. 8: 301-308.**

**Deosthale, Y.G., Visweswar Rao, K. & Pant, K.C. 1972. Influence of the levels of N fertilizer on the yield, protein and amino acids of pearl-millet ( Pennisetum typhoides (Burm. f.) Stapf & C.E. Hubb.). Indian J. Agric. Sci. 42: 872-876.**

**Derman, D.P., Bothwell, T.H., Torrance, J.D., Bezwoda, W.R., MacPhail, A.P., Kew, M.C., Sayers, M.H., Disler, P.B. & Charlton, R.W. 1980. Iron absorption from maize (Zea mays) and sorghum (Sorghum vulgare) beer. Br. J. Nur.: 43: 271-279.**

**Desikachar, H.S.R. 1975. Processing of maize, sorghum and millets for food uses. J. Sci. Ind. Res. 34: 231 -237.**

**Desikachar, H.S.R. 1977. Processing of sorghum and millets for versatile food uses in India. In D.A.V. Dendy, ed. Proceedings of a symposium on sorghum and millets for human food Vienne, 11 - 12 mai 1976, p. 41-45. Londres, Institut des produits tropicaux.**

**Desikachar, H.S.R. 1982. Pearling and milling studies on sorghum. In L.W. Rooney & D.S. Murty, eds. Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality Hyderabad, Inde, 28-31 octobre 1981, p. 194-199. Patancheru, Inde, ICRISAT.**

**Desikachar, H.S.R. & Chandrashekar, A. 1982. Quality of sorghum for use in Indian foods. In L.W. Rooney & D.S. Murty, eds. Proceedings of the International. Symposium on Sorghum Grain Quality, Hyderabad, Inde, 28-31 octobre 1981, p. 262-268. Patancheru, Inde, ICRISAT.**

**Dewalt, K.M. & Thompson, K.S. 1983. Sorghum and nutritional strategies in southern Honduras. Pract.Anthropol., 5: 5-16. de Wit, J.P. & Schweigart, F. 1970. The potential role of pearl millet as a food in South Africa.. S. Afr. Med. J. 44: 364-366.**

**Deyoe, C.W. & Shellenberger, J.A. 1965. Amino acids and proteins in sorghum grain. J. Agric. Food Chem. 13:**

**446-450.**

**Dhankher, N & Chauhan, B.M. 1987. Et`fect of temperature and fermentation time on phytic acid and polyphenol content of rabaadi - a fermented pearl millet food.. J. Food Sci 52: 828-829.**

**Dhindsa, K.S., Dhillon, S. & Sood, D.R. 1982. Nutritional quality of millets. MILWAI New .s1. 1: 2.**

**Doggett, H. 1988. Sorghum Londres, Longman Scientific and Technical.**

**Doherty, C., Faubion, J.M. & Rooney, L.W. 1982. Semiautomated determination of phytate in sorghum and sorghum products. Cereal Chem. 59: 373-378.**

**Doraiswamy, T.R., Singh, N. & Daniel, V.A. 1969. Effects of supplementing ragi (Eleusine coracana) diets with lysine or leaf protein on the growth and nitrogen metabolism of children. B.r. J. Nutr. 23: 737-743.**

**Dreher, M.L., Dreher, C.J. & Berry, J.W. 1984. Starch digestibility of foods. A nutritional perspective. CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr 20: 47-71.**

**Dreyer, D.L., Reese, J.C. & Jones, K.C. 1981. Aphid feeding deterrents in sorghum: bioassay. isolation and characterization. J. Chem. Ecol. 7: 273-284.**

**Dublish, R.K., Chauhan, G.S. & Bains, G.S. 1988. Nutritional quality of extruded rice, ragi and defatted soy flour blends. J. Food Sci. Technol.. 25: 35-8.**

**Earp, C.F., Doherty, C.A., Fulcher, R.G. & Rooney, L.W. 1983. Beta-Glucans in the caryopsis of Sorghum bicolor ( L) Moench. Food Microstruc. 2: 183- 188.**

- Eastman, P. 1980. An end to pounding. A new mechanical flour milling system in use in Africa. Ottawa, Canada, Centre de recherche pour le développement international. 63 p.**
- Eggum, B.O. & Christensen, K.D. 1975. Influence of tannin on protein utilization in feedstuffs with special reference to barley. In Breeding for seed protein improvement using nuclear techniques p. 135-143. Vienne, Agence internationale de l'énergie atomique.**
- Eggum, B.O., Monowar, L., Bach Knudsen, K.E., Munck, L. & Axtell, J. 1983. Nutritional quality of sorghum and sorghum foods from Sudan. J. Cereal Sci. 1: 127-137.**
- Ejeta, G. & Axtell, J. 1987. Protein and lysine levels in developing kernels of normal and high-lysine sorghum. Cereal Chem. 64: 137-139.**
- Elmalik, M., Klopfenstein, C.F., Hosney, R.C. & Bates, L.S. 1986. Digestibility and nutritional quality of sorghum grain with contrasting kernel characteristics. Nutr. Rep. Int. 34: 811 -820.**
- Emiola, L.O. & de la Rosa. 1981. Characterization of pearl millet non starchy polysaccharides. J. Food Sci., 46: 781 -785.**
- Eusebio, E. & Elliot, J.S. 1967. Effect of trace metals on the crystallization of calcium oxalate. Invest. Urol. 4: 431 -435.**
- FAO. 1965. Protein requirements. FAO Nutrition Meeting Report Series No. 37. Rome.**
- FAO. 1970a. Teneur des aliments en acides aminés et données biologique sur les protéines. Etudes nutritionnelles de la FAO. n° 24. Rome.**

**FAO. 1970b. Handling and storage of food grains in tropical and subtropical areas. FAO Agricultural Development Paper No. 90. Rome. 35 p.**

**FAO. 198 I. Agriculture: Horizon 2000. Rome.**

**FAO. 1982. The potential for industrial processing of sorghum for baking and allied food industries in Africa. Report of the Regional Workshop on Composite Flours, Shambat, Soudan, 7 décembre 1981. Rome. 32 p.**

**FAO. 1988. Structure et caractéristiques de l'économie mondiale du sorgho, CCP:GR 88/4. Rome. 16 p.**

**FAO. 1990a. Manuels sur le contrôle de la qualité des produits alimentaires 10. Training in mycotoxins analysis. Etude FAO: Alimentation et nutrition 14/ 10. Rome.**

**FAO. 1990b. Structure et caractéristiques de l'économie mondiale du mil. CCP:GR 90/4. Rome. 15 p.**

**FAO. 1991. Annuaire de la production 1990. Vol. 44. Série statistique de la FAO n° 99. Rome.**

**Fapojuwo, O.O., Maga, J.A. & Jansen, G.R. 1987. Effect of extrusion cooking on in vitro protein digestibility of sorghum. J. Food Sci. 52: 218-219.**

**Faure, J.C. 1992. Sorghum and maize pasta and extruded products. In M.I. Gomez, L.R. House, L.W. Rooney & D.A.V. Dendy, eds. Utilization of sorghum and millets p. 75-82. Patancheru, Inde, ICRISAT.**

**Freeman, J.E., Kramer, N.W. & Watson, S.A. 1968. Gelatinization of starches from corn (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Effects of genetic and environmental factors. Crop. Sci. 8: 409-413.**

**Frey, K.J. 1977. Protein of oats. Z. Pflanzenernähr. 78: 185-215.**

**Gaitan, E., Lindsay, R.H., Reichert, R.D., Ingbar, S.H., Cooksey, R.C., Legan, J., Meydrech, E.F., Hill, J. & Kubota, K. 1989. Antithyroid and goitrogenic effects of millets: role of c-glycosyl flavones. J. Clin. Endocrinol. Metab. 68: 707-714.**

**Galiba, M., Rooney, L.W., Waniska, R.D. & Miller, F.R. 1987. The preparation of sorghum and millet couscous in West Africa. Cereal Foods World 32: 878884.**

**Ganapathy, N.S., Chitra, R.G. & Gokhale, S.K. 1957. The effect of the protein of Italian millet (*Setaria italica*) on nitrogen retention in albino rats. Indian J. Med. Res. 45: 395-399.**

**Gebrekidan, B. & Gebre Hiwot, B. 1982. Sorghum injera preparations and quality parameters. In L.W. Rooney & D.S. Murty, eds. Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality Hyderabad, Inde, 28-31 octobres 1981, p. 55-66. Patancheru, Inde, ICRISAT.**

**Geervani, P. & Eggum, B.O. 1989. Nutrient composition and protein quality of minor millets. Plant Foods Hum Nutr. 39: 201-208.**

**Geervani, P. & Vimala, V. 1993. Operational research on development of sorghum food enterprises for alternative uses and supplementary feeding. Hyderabad, Inde, College of Home Science, Andhra Pradesh Agricultural University.**

**Ghafooranissa & Narasinga Rao, B.S. 1973. Effect of leucine on enzymes of the tryptophan-niacin metabolic pathway in rat liver and kidney. Biochem. J. 134: 425-430.**

**Ghosh, H.P., Sarkar, P.K. & Guha, B. 1963. Distribution of the bound form of nicotinic acid in natural materials. J. Nutr. 79: 451-453.**

**Gillooly, M., Bothwell, T.H., Charlton, R.W., Torrance, J.D., Bezwoda, W.R.,**

**MacPhail, A.P., Derman, D.P., Novelli, L., Morrall, P. & Mayet, F. 1984. Factors affecting the absorption of iron from cereals. Br. J. Nutr. 51: 37-46.**

**Goldsmith, G.A., Gibbens, J., Unglaub, W.G. & Miller, O.N. 1956. Studies of niacin requirement in man. III Comparative effects of diets containing limetreated and untreated corn in the production of experimental pellagra. Am. J. Clin. Nutr. 4: 151 160.**

**Gopalan, C. & Srikantia, S.G. 1960. Leucine and pellagra. Lancet 1: 954-957.**

**Gopalan, C. & Vijayaraghavan, K., eds. 1969. Nutrition atlas of India. Hyderabad, Inde, National Institute of Nutrition.**

**Goswamy, A.K., Sehgal, K.L. & Gupta, B.K. 1970. Chemical composition of bajra grains - 3. Indian inbreds. Indian J. Nutr. Diet. 7: 5-9.**

**Goswamy, A.K., Sehgal, K.L. & Sharma, K.P. 1969. Chemical composition of bajra grains - 1. African entries. Indiait. J. Nutr. Diet.. 6: 287-290.**

**Goswamy, A.K., Sharma, K.P. & Gupta, B.K. 1969. Chemical composition of bajra grains - 2. American entries. Indian .1. Nutr. Diet. 6: 291 -294.**

**Goswamy, A.K., Sharma, K.P. & Sehgal, K.L. 1970. Chemical composition of bajra grains - 4. Indian varieties. Indian J. Nutr Diet. 7: 67-70.**

**Graham, G.G., MacLean, W.C. Jr, Morales, E., Hamaker, B.R., Kirleis, A.W., Mertz, E.T. & Axtell, J.D. 1986.**

**Digestibility and utilization of protein and energy from Nasha, a traditional Sudanese fermented sorghum weaning food. .I. Nutr. 116: 978984.**

**Griffths, D.W. 1985. The inhibition of digestive enzymes by polyphenolic compounds. Exp. Biol. Med. 199: 504-516.**

**Gupta, R.K. & Haslam, E. 1980. Vegetative tannins: structure and biosynthesis. In J.H. Hulse, ed. Polyphenols in cereals and legumes p. 15-24. Ottawa, Canada, Centre de recherche pour le développement international.**

**Hamaker, B.R., Kirleis, A.W., Mertz, E.T. & Axtell, J.D. 1986. Effect of cooking on the protein profiles and in vitro digestibility of sorghum and maize. J. Agric. Food Chem.. 34: 647-649.**

**Harbers, L.H. 1975. Starch granule structural changes and amylolytic patterns in processed sorghum grain. .1. Anim. Sci. 41: 1496- 1501.**

**Harlan, J.R. & de Wet, J.M.J. 1972. A simplified classification of cultivated sorghum. Crop Sci., 12: 172- 176.**

**Harris, H.B. & Burns, R.E. 1970. Influence of tannin content on preharvest germination in sorghum Agron.J., 62: 835-836.**

**Harris, H.B. & Burns, R.E. 1973. Relationship between tannin content of sorghum grain and preharvest seed molding. Agron. J., 65: 957-959.**

**Hemanalini, G., Umapathy, K.P., Rao, J.R. & Saraswathi, G.1980. Nutritional evaluation of sprouted ragi. Nun: Rep. Int., 22: 271 -277.**

**Hewitt, D. & Ford, J.E. 1982. Influence of tannins on the protein nutritional quality of food grains. Proc Nutr.**

**Soc., 41: 7-17.**

**Hibberd, C.A., Wagner, D.G., Schemm, R.L., Mitchell, F.D. Jr, Weibel, D.E. & Hintz, R.L. 1982. Digestibility characteristics of isolated starch from sorghum and corn grain. J. Anim. Sci., 55: 1490- 1497.**

**Horan, F.E., & Heider, M.F. 1946. A study of sorghum and sorghum starches. Cereal Chem., 23: 492-503.**

**Hoseney, R.C., Andrews, D.J. & Clark, H. 1987. Sorghum and pearl millet. In R.A. Olsen & K.J. Frey, eds. Nutritional quality of cereal grains: genetic and agronomic improvement, p. 397-456. Madison, Wisconsin, Etats-Unis, American Society of Agronomy.**

**Howe, E.E. & Gilfillan, E.W. 1970. Limiting nutrients in Cereal grains for the growth of the laboratory rat. Indian J. Nutr. Diet. 7: 17-20.**

**Hubbard, J.E., Hall, H.H. & Earle, F.R. 1950. Composition of the component parts of the sorghum kernel. Cereal Chem.. 27: 415-420.**

**Hulse, J.H., Laing, E.M. & Pearson, O.E. 1980. Sorghum and the millets: their composition and nutritive value. New York, Academic Press. 997 p.**

**Ibrahim, S., Fisher, C., Alaily, H.E., Soloman, H. & Anwar, A. 1988. Improvement of the nutritional quality of Egyptian and Sudanese sorghum grains by the addition of phosphates. Br Poult. Sci., 29: 721 -728.**

**Ifon, E.E. 1981. Bioavailability to rats of the iron contents in selected cereals and pulses. Nutr. Rep Int. 24: 25-3U.**

**Indira, R. & Naik, M.S. 1971. Nutrient composition and protein quality of some minor millets. Inian J. Agric .**

**Sci., 41: 795-797.**

**Iyakaremye, C. & Twagirumukiza, E. 1978. Note on the brewing value of sorghum. Bull. Agric . Rwanda 11: 35-41.**

**Jambunathan, R. 1980. Improvement of the nutritional quality of sorghum and pearl millet. Food Nutr.: Bull.. 2: 11 - 16.**

**Jambunathan, R., Butler, L.G., Bandyopadhyay, R. & Mughogho, L.K. 1986. Polyphenol concentrations in grain, leaf and callus tissues of mold-susceptible and mold-resistant sorghum cultivars. J. Agric. Food Chem., 34: 425-429.**

**Jambunathan, R., Singh, U. & Subramanian, V. 1984. Grain quality of sorghum, pearl millet, pigeonpea and chickpea. In K.T. Achaya, ed. Interfaces between agriculture nutrition and food science. Proceedings of a workshop, Patancheru, Inde, 10-12 novembre 1981, p. 4760. Tokyo, Japon, Universit  des Nations Unies.**

**Jambunathan, R. & Subramanian, V. 1988. Grain quality and utilization of sorghum and pearl millet. In Biotechnology in tropical crop improvement. Proceedings of the International Biotechnology Workshop, Patancheru, Inde, 12-15 janvier 1987, p. 133139. Patancheru, ICRISAT.**

**James, A.W. & Nyambati, G.M. 1987. New food uses for sorghum in Kenya. Approp. Technol., 14: 24-26.**

**Jellum, M.D. & Powell, J.B. 1971. Fatty acid composition of oil from pearl millet seed. Agron. J., 63: 29-33.**

**Joffe, A.Z. 1965. Toxin production by cereal fungi causing toxic alimentary aleukia in man. In G.N. Wogan, ed. Mycotoxins in foodstuffs, Qs, p. 77-85. Cambridge, Massachusetts, Etats-Unis, MIT Press.**

- Jones, R.W., Beckwith, A.C., Khoo, U. & Inglett, G.F. 1970. Protein composition of proso millet. J. Agric . Food Chem., 18: 37-39.**
- Joseph, K., Kurien, P.P., Swaminathan, M. & Subramanyan, V. 1959. The metabolism of nitrogen, calcium and phosphorus in undernourished children. Br. J. Nutr., 13: 213-218.**
- Kamath, M.V. & Belavady, B. 1980. Unavailable carbohydrates of commonly consumed Indian foods. J. Sci. Food Agric ., 31: 194-202.**
- Kapu, M.M., Balarabe, M.L. & Udomah, M.G. 1989. Effect of the extent of insect damage on the protein content of maize, guinea corn and cowpeas from Zaria, Nigeria. Nutr Rep. Int., 40: 1159- 1163.**
- Karim, A. & Rooney, L.W. 1972. Characterization of pentosans in sorghum grain. J. Food Sci., 37: 369-371.**
- Kazanas, N. & Fields, M.L. 1981. Nutritional improvement of sorghum by fermentation. J. Food Sri., 46: 819-821.**
- Kelley, T.G., Parthasarathy Rao, P. & Singh, R.P. 1992. Trends in sorghum production and utilization in Asia. Economics Group, Resource Management Programme, Progress Report 108. Patancheru, Inde, ICRISAT.**
- Kent, N.L. 1983. Technology of cereals. Oxford, Royaume-Uni, Pergamon Press.**
- Khalil, J.K. & Sawaya, W.N. 1984. Mineral and vitamin contents of Saudi Arabian pearl millet, flour and bread. Cereal Chem., 61: 301-304.**
- Khalil, J.K., Sawaya, W.N., Safi, W.J. & Al-Mohammed, H.M. 1984. Chemical composition and nutritional quality of sorghum flour and bread. Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.: 34: 141-150.**

**Klopfenstein, C.F., & Hosney, R.C. 1987. Cholesterol-lowering effect of beta-glucanenriched bread. Nutr. Rep. Int., 36: 1091-1098.**

**Klopfenstein, C.F., Hosney, R.C. & Leipold, H.W. 1983a. Goitrogenic effects of pearl millet diets. Nutr. Rep. Int. 27: 1039-1047.**

**Klopfenstein, C.F., Hosney, R.C. & Leipold, H.W. 1983b. Further studies on the goitrogenic effects of pearl millet diets. Nutr. Rep. Int. 28: 1137-1144.**

**Klopfenstein, C.F., Hosney, R.C. & Leipold, H.W. 1985. Nutritional quality of pearl millet and sorghum grain diets and a pearl millet weanling food. Nutr. Rep. Int. 31: 287297.**

**Klopfenstein, C.F., Hosney, R.C. & Varriano-Marston, E. 1981. Effects of ascorbic acid in guinea pigs fed millet and sorghum grain diets. Nutr. Rep. Int. 24: 1099- 1107.**

**Klopfenstein, C.F., Leipold, H.W. & Cecil, J.E. 1991. Semiwet milling of pearl millet for reduced goitrogenicity. Cereal Chem.. 68: 177-179.**

**Klopfenstein, C.F., Varriano-Marston, E. & Hosney, R.C. 1981 a. Cholesterollowering effect of sorghum diet in guinea pigs. Nutr. Rep. Int.. 24: 621 -627.**

**Klopfenstein, C.F., Varriano-Marston, E. & Hosney, R.C. 198 lb. Effects of ascorbic acid in casein vs. sorghum grain diets in guinea pigs. Nutr. Rep. Int. 24: 1017-1028.**

**Krishnamachari, K.A.V.R. 1976. Further observations on the syndrome of endemic genu valgum of South India. Indian .1. Med. Res., 64: 284-291.**

- Krishnamachari, K.A.V.R. & Bhat, R.V. 1976. Poisoning by ergoty bajra (pearl millet) in man. *Indian J. Med. Res.*, 64: 1624-1628.
- Krishnamachari, K.A.V.R. & Krishnaswamy, K. 1974. An epidemiological study of the syndrome of genu valgum among residents of endemic areas for fluorosis in Andhra Pradesh. *Indian J. Med. Res.*, 62: 1415- 1423.
- Krishnaswamy, K., Bapu Rao, S., Raghuram, T.C. & Srikantia, S.C., 1976. Effect of vitamin B6 on leucine-induced changes in human subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* 29: 177181.
- Krishnaswamy, K. & Gopalan, C. 1971. Effect of isoleucine on skin and electroencephalogram in pellagra. *Lancet* 2: 1167-1169.
- Kulkarni, K.D., Parlikar, D. & Bhagwat, S.M. 1987. Product application studies on sorghum malt: cookies, weaning food and beer wort. In U.M. Ingle, D.N. Kulkarni & S.S. Thorat, eds. *Proceedings of the National Seminar on Technology and Applications for Alternative Uses of Sorghum* p. 130- 143. Parbhani, Maharashtra, India, Marathwada Agricultural University.
- Kuppuswamy, S., Srinivasan, M. & Subramanian, V. 1958. Protein in foods. Special Report Series No. 33. New Delhi, India, Indian Council of Medical Research.
- Kurien, P.P., Narayanarao, M., Swaminathan, M. & Subrahmanyam, V. 1960. The metabolism of nitrogen, calcium and phosphorus in undernourished children. 6. The effect of partial or complete replacement of rice in poor vegetarian diets by kaffir corn (*Sorghum vulgare*). *Br. J. Nutr.* 14: 339-345.
- Kurien, P.P., Swaminathan, M. & Subrahmanyam, V. 1961. The metabolism of nitrogen, calcium and phosphorus in children on a poor Indian diet based on bajra (*Pennisetum typhoideum*). *Ann. Biochem. Exp. Med.* 21: 41 -46.

- Lai, C.C. & Varriano-Marston, E. 1980. Lipid content and fatty acid composition of free and bound lipids in pearl millets. Cereal Chem.. 57: 271 -274.
- Lakshmalah, N. & Srikantia, S.(G. 1977. Fluoride retention in humans on sorghumand rice-based diets. Indian J. Med. Res.. 65: 543-548.
- Leach, H.W. 1965. Gelatinization of starch. In R.L. Whistler & E.F. Paschall, eds. Starch: chemistry and technology. Vol. 1, Fundamental aspects p. 289. New York, Academic Press.
- Lorenz, K. 1983. Tannins and phytate content in proso millets (*Panicum miliuicum*). Cereal Chem.. 60: 424-426.
- Lorenz, K. & Dilsaver, W. 1980. Rheological properties and food applications of proso millet flours. Cereal Chem.. 57: 21 -24.
- Lorenz, K. & Hinze, C., 1976. Functional characteristics of starches from proso and foxtail millets. J. Agric. Food Chem. 24: 911 -914.

[Continua](#)

---

[Indice](#) - [◀Precedente](#) - [Siguiente▶](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

---

continua

[Indice](#) - [◀Precedente](#)

**MacLean, W.C. Jr, López de Romana, G., Gastanaduy, A. & Graham, G.G. 1983. The effect of decortication and extrusion on the digestibility of sorghum by preschool children. .1. Nutr. 113: 2071 -2077.**

**MacLean, W.C. Jr, López de Romana, G., Placko, R.P. & Graham, G.G.1981. Protein quality and digestibility of sorghum in preschool children: balance studies and plasma tree amino acids. J. Nutr. 111: 1928-1936.**

**MacMasters, M.M., Hinton, J.J.C. & Bradbury, D. 1971. Microscopic structure and composition of the wheat kernel. In Y. Pomeranz, Ed. Wheat: chemistry and technology. p. 51 - 113. St Paul. Minnesota, Etats-Unis, American Association of Cereal Chemists. 2e Ed.**

**Malleshi, N.G., Daodu, M.A. & Chandrasekhar, A. 1989. Development of weaning food formulations based on malting and roller drying of sorghum and cowpea. Int. .1. Food Sci. Technol., 24: 511 -519.**

**Malleshi, N.G. & Desikachar, H.S.R. 1981. Varietal differences in puffing quality of ragi (Eleusine coracana). J. Food Sci. Technical.. 18: 30-32.**

**Malleshi, N.G. & Desikachar, H.S.R. 1982. Formulation of a weaning food with low hot paste viscosity based on malted ragi (Eleusine coracana) and green gram (Phaseolus radiatus). J. Food Sci. Technol. 19: 193- 197.**

**Malleshi, N.G. & Desikachar, H.S.R. 1986a. Studies on comparative malting characteristics of some tropical cereals and millets. J. Inst. Brew., 92: 174-176.**

**Malleshi, N.G. & Desikachar, H.S.R. 1986b. Nutritive value of malted millet flours. Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr. 36: 191-196.**

- Mallesh, N.G., Desikachar, H.S.R. & Venkat Rao, S. 1986. Protein quality evaluation of a weaning food based on malted ragi and green gram. Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr., 36: 223-230.**
- Manjunath, N.H., Veerbhadrappa, P.S. & Virupaksha, T.K.1981 . Purification and characterization of trypsin inhibitors from finger millet (*Eleusine coracana* Gaertn). Indian J. Biochem. Biophys. 18: 105-110.**
- Matlon, P.J.1990. Improving productivity in sorghum and pearl millet in semi-arid Africa. Food Res. Inst. Stud. 22: 1-43.**
- Mbofung, C.M.F. & Ndjouenkeu, R. 1990. Influence of milling method and peanut extract on in vitro iron availability from maize and sorghum flour gruels. J. Food Sci., 55: 1 657- 1659, 1675.**
- McMillan, W.W., Wiseman, B.R., Burns, R.E., Harris, H.B. & Greene, G.L. 1972. Bird resistance in diverse germplasm of sorghum. Agron. J., 64: 821 -822.**
- McNeill, J.W., Potter, G.D., Riggs, J.K. & Rooney, L.W. 1975. Chemical and physical properties of processed sorghum grain carbohydrates. J. Anim.. Sci., 40: 335-341.**
- Mehansho, H., Butler, L.G. & Carlson, D.M.1987. Dietary tannins and salivary prolinerich proteins: interactions, induction and defense mechanisms. Annu. Rev. Nutr. 7: 423440.**
- Mertz, E.T., Hassen, M.M., Cairns-Whittern, C., Kirleis, A.W., Tu, L. & Axtell, J.D. 1984. Protein digestibility of proteins in sorghum and other major cereals. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 81: 1 -2.**
- Miche, J.C., Alary, R., Jeanjean, M.F. & Abecassis, J. 1977. Potential use of sorghum grains in pasta processing. In D.A.V. Dendy, ed. Proceedings of a symposium an sorghum and millets for human food, Vienne, 11 - 12 mai 1976, p. 27-35. Londres, Institut des produits tropicaux.**

- Monteiro, P.V., Gopal, D.N., Virupaksha, T.K. & Ramachandra, G. 1988. Chemical composition and in vitro protein digestibility of Italian millet (*Setaria italica*). *Food Chem.* 29: 19-26.
- Monteiro, P.V., Virupaksha, T.K. & Rajagopol Rao, D. 1982. Proteins of Italian millet: amino acid composition, solubility fractionation and electrophoresis of protein fractions. *J. Sci. Food Agric.* 33: 1072-1079.
- Morton, J.F. 1970. Tentative correlations of plant usage and esophageal cancer zones. *Econ. Bot.*, 24: 217-226.
- Mosha, A.C. & Svanberg, U. 1983. Preparation of weaning foods with high nutrient density using flour of germinated cereals. *Food Nutr. Bull.*, 5: 10- 14.
- Muindi, P.J. & Thomke, S. 1981. The nutritive value for rats of high- and low-tannin sorghums treated with Magadi soda. *J. Sci. Food Agric.*, 32: 139- 145.
- Mukuru, S.Z. 1992. Traditional technologies in small grain processing. In M.I. Gomez, L.R. House, L.W. Rooney & D.A.V. Dendy, eds. *Utilization of sorghum and millets*, p. 47-56. Patancheru, Inde, ICRISAT.
- Munck, L., Bach Knudsen, K.E. & Axtell, J.D. 1982. Milling processes and products as related to kernel morphology. In L.W. Rooney & D.S. Murty, eds. *Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality*, Hyderabad, Inde, 28-31 octubre 1981, p. 200-210. Patancheru, Inde. ICRISAT.
- Muralikrishna, G., Paramahans, S.V. & Tharanathan, R.N. 1982. Carbohydrate makeup of minor millets. *Starch*, 34: 397-401.
- Murty, D.S., Patil, H.D. & House, L.R. 1982. Sankati quality evaluation of sorghum cultivars. In L.W. Rooney & D.S. Murty, eds. *Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality*, Hyderabad, Inde, 28-31 octubre 1981, p. 36-38. Patancheru, Inde, ICRISAT.

**Murty, D.S., Patil, H.D., Prasada Rao, K.E. & House, L.R. 1982. A note on screening the Indian sorghum collection for popping quality. J. Food Sci. Technol. 19: 79-80.**

**Murty, D.S., Singh, U., Suryaprakash, S. & Nicodemus, D.S. 1985. Soluble sugars in five endosperm types of sorghum. Cereal Chem. 62: 150- 152.**

**Murty, D.S. & Subramanian, V. 1982. Sorghum roti. 1. Traditional methods of consumption and standard procedures for evaluation. In L.W. Rooney & D.S. Murty, eds. Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality Hyderabad, Inde, 28-31 octubre 1981, p. 73-78. Patancheru, Inde, ICRISAT.**

**Mwasaru, M.A., Reichert, R.D. & Mukuru, S.Z. 1988. Factors affecting the abrasive dehulling efficiency of high-tannin sorghum. Cereal Chem.. 65: 171 174.**

**Naik, M.S. 1968. Lysine and tryptophan in protein fractions of sorghum. Indian J. Genet. Plant Breed., 28: 142-146.**

**Nakagawa, I., Ohguri, S., Sasaki, A., Kajimoto, M., Sasaki, M. & Takahashi, T. 1975. Effects of excess intake of leucine and valine deficiency on tryptophan and niacin metabolites in humans. J. Nutr.: 105: 1241-1252.**

**Nakagawa, I. & Sasaki, A. 1977. Effect of an excess intake of leucine, with and without additions of vitamin B6 and/or niacin, on tryptophan and niacin metabolism in rats. J. Nutr. Sci. Vitaminol., 23: 535-548.**

**Naren, A.P. & Virupaksha, T.K. 1990. Effect of sulfur deficiency on the synthesis of ocsetarin, a methionine-rich protein of Italian millet. Cereal Chem. 67: 136138.**

**Nattress, L.A., Mehta, T., Mitchell, M.E. & Finney, P.L. 1987. Eormulation and nutritive value of weaning food from germinated food grains. Nutr. Res. 7: 1309- 1320.**

**Nawar, I.A., Clark, H.E., Pickett, R.C. & Hegsted, D.M. 1970. Protein quality of selected lines of Sorghum vulgare for the growing rat. Nutr Rep. Int. 1: 75**

**Ngoddy, P.O. 1989. Sorghum milling in Nigeria. a review of industrial practice, research and innovations.. Paper presented at the Symposium on the Current Status and Potential of Industrial Uses of Sorghum in Nigeria, Kano, Nigeria, 4-6 décembre.**

**Nicol, B.M. & Phillips, P.G. 1978. The utilization of proteins and amino acids in diets based on cassava (Manihot utilisima) rice or sorghum (Sorghum sativa) by young Nigerian men of low income. Bn. J. Nutr., 39: 271-287.**

**Nishimuta, J.F., Sherrod, L.B. & Furr, R.D. 1969. Digestibility of regular, waxy and white sorghum grain rations by sheep. In Proceedings of the meeting of the Western Section, American Society of Animal Science, Laramie, Wyoming, Etats-Unis, juillet 1969, p. 259.**

**Nout, M.J.R., Hautvast, J.G.A.J., van der Haar, F., Marks, W.E.W. & Rombouts, F.M. 1988. Formulation and microbiological safety of cereal-based weaning foods. In D. Alnwick, S. Moses & O.G. Schmidt, eds. Improving young childfeeding in eastern and southern Africa, p. 245-260. Nairobi, Kenya, Centre de recherche pour le développement international.**

**Nwokolo, E. 1987. Composition and availability of nutrients in some tropical grains and oilseeds. Nutr., Rep. Int. 36: 631-640.**

**Obilana, A.T. 1985. Sorghum for industrial use: approach towards crop improvement in an economically changing Nigeria. Paper presented to the Food Industrialists at Cadbury Nigeria Ltd, Lagos, Nigeria, 30 janvier.**

**Orizoba, I.C. & Atii, J.V. 1991. Effect of soaking, sprouting, fermentation and cooking on nutrient composition and some anti-nutritional factors of sorghum (Guinea) seeds. Plant Foods Hum. Nutr., 41: 203-212.**

**Odunfa, S.A. & Adeyele, S. 1987. Sugar changes in fermenting sorghum during preparation of ogi-baba gruel. J. Food Agric. 2: 95-98.**

**Okafor, N. & Aniche, G.N. 1987. Studies on the brewing of lager beer from Nigerian sorghum. J. Food Sci. Technol., 24: 131 - 134.**

**Okeiyi, E.C. & Futrell, M.F. 1983. Evaluation of protein quality of formulations of sorghum grain flour and legume seeds. Nutr. Rep. Int. 28: 451 -461.**

**Olatunji, O., Adesina, A.A. & Koleoso, O.A. 1989. Use of sorghum as composite flour in baking Paper presented at the Symposium on the Current Status and Potential of Industrial Uses of Sorghum in Nigeria, Kano, Nigeria, 4-6 December.**

**Ollitrault, P., Escoute, J. & Noyer, J.L. 1989. Polymorphisme enzymatique des sorghos. I. Description de 11 systèmes enzymatiques - Déterminisme et liaisons génétiques. Agron. Trop. 44: 203-210.**

**OMS (Organisation mondiale de la santé). Besoins énergétiques et besoins en protéines. Rapport d'une consultation conjointe d'experts FAO/OMS/ONU. Série de rapports techniques 724. Genève.**

**O'Neill, C.O., Clarke, G., Hodges, G...Jordan, P., Newman, R., Pan, Q.-G., Liu, F.S., Ge, M., Chang, Y.M. & Toulson, E. 1982. Silica fragments surrounding oesophageal tumours in patients in northern China. Lancet 1: 1202-1206.**

**Oniang'O, R. & Alnwick, D.J. 1988. Weaning foods in Kenya: tradition and trends. In D. Alnwick, S. Moses &**

O.G. Schmidt, eds. **Improving young child feeding in eastern and southern Africa p. 76-80. Nairobi, Kenya, Centre de recherche pour le développement international.**

Opoku, A.R., Ohenhen, S.O. & Ejiofor, N. 1981. **Nutrient composition of millet (*Pennisetum typhoides*) grains and malt. J. Agric. Food Chem, 29: 1247- 1248.**

Osagie, A.U. & Kates, M. 1984. **Lipid composition of millet (*Pennisetum americanum*) seeds. Lipids, 19: 958-965.**

Osman, A.K., Basu, T.K. & Dickerson, J.W.T. 1983. **A goitrogenic agent from millet (*Pennisetum typhoides*) in Darfur Provinces, western Sudan. Ann. Nutr., Metab. 27: 1418.**

Osman, A.K. & Fatah, A.A. 1981. **Factors other than iodine deficiency contributing to the endemicity of goitre in Darfur Province, Sudan. J. Hum. Nutr., 35:302309.**

Osuntogun, B.O., Adewusi, S.R.A., Ogundiwin, J.O. & Nwasike, C.C. 1989. **Effect of cultivar, steeping, and malting on tannin, total polyphenol, and cyanide content of Nigerian sorghum. Cereal Chem.. 66: 87-89.**

Pal, A., Wagle, D.S. & Sheorain, V.S. 1976. **Some enzymatic studies on bajra (*Pennisetum typhoides*) and barley (*Hordeum vulgare*) during malting. J. Food Sci. Technol.. 13: 75-78.**

Panasiuk, O. & Bills, D.D. 1984. **Cyanide content of sorghum sprouts. J. Food Sci., 49: 791-793.**

Pandit, C.G., Raghavachari, T.N.S., Rao, D.S. & Krishnamurti, V. 1940. **Endemic fluorosis in South India. A study of the factors involved in the production of mottled enamel in children and severe bone manifestations in adults. Indian J. Med. Res. 28: 533-540.**

- Pant, K.C. 1975. High nicotinic acid content in two Ethiopian sorghum lines. J. Agric. Food Chem. 23: 608-609.**
- Pant, K.C. & Susheela, T.P. 1977. Effect of storage and insect infestation on the chemical composition and nutritive value of grain sorghum. J. Sci. Food Agric. 28: 963-970.**
- Paramahans, S.V. & Taranathan, R.N. 1980. Carbohydrate composition of millet varugu. Staeke, 32: 73-76**
- Patel, T.B., Boman, T.J. & Dalal, U.C. 1958. An epidemic of ergot poisoning through ingestion of infected bajri (Pennisetum typhoideum) in southern parts of Bombay State. Indian J. Med. Sci., 12: 257-261.**
- Pattabiraman, T.N. 1985. Trypsin/chymotrypsin inhibitors from millets. Adv. Exp. Med. Biol. 199: 439-448.**
- Patwardhan, V.N. 1961a. Nutrition in India. Bombay, Indian Journal of Medical Sciences. 2e ed. 515 p.**
- Patwardhan, V.N. 1961 b. Nutritive value of cereal and pulse proteins. In Progress in meeting protein needs of infants and preschool children p. 201-210. Publication No. 843. Washington, DC, National Academy of Sciences, National Research Council.**
- Pedersen, B. & Eggum, B.O. 1983. The influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains. 6. Sorghum. Qual Plant. Plant Foods Hum. Nutr., 33: 313-326.**
- Perten, H. 1972. Composite flour studies in Senegal. Presented at a meeting on the production and marketing of composite flour bakery products and pasta goods, Bogota, Colombia, October.**
- Perten, H. 1977. Specific characteristics of millet and sorghum milling. In D.A.V. Dendy, ed. Proceedings of a symposium on sorghum and millets for human food, Vienne, 11-12 mai 1976, p. 47-51. Londres, Institut des produits tropicaux.**

- Perten, H. 1983. Practical experience in processing and use of millet and sorghum in Senegal and Sudan. Cereal Foods World 28: 680-683.**
- Pore, M.S. & Magar, N.G. 1977. Nutritive value of hybrid varieties of finger millet. Indian J. Agric. Sci. 47: 220-228.**
- Price, M.L. & Butler, L.G. 1979. Treatments of sorghum grain that reduce the assayable tannin content and their effect on the nutritional value of the grain. In J.H. Hulse, Ed. Pa/vphenals in cereals and legumes p. 39-42. Ottawa, Canada, Centre de recherche pour le développement international.**
- Price, M.L., Hagerman, A.E. & Butler, L.G. 1980. Tannin in sorghum grain: effect of cooking on chemical assays and on antinutritional properties in rats. Nutr. Rep. Int. 21: 761 -767.**
- Price, P.B. & Parson, J.G. 1975. Lipids of seven cereal grains. J. Am. Oil Chem. Sac . 52: 490-493.**
- Purseglove, J.W. 1972. Tropical crops: monocotyledons, Vol. 1. Londres, Longman Group Limited. 334 p.**
- Pushpamma, P. 1990. Importance of sorghum as food in Asia. In G. Ejeta, E.T. Mertz, L.W. Rooney, R. Schaffert & J. Yohe, Eds. Proceedings of the International Conference on Sorghum Nutritional Quality. 26 février - 1er mars 1990, p.229-241. West Lafayette, Indiana, Etats-Unis, Purdue University.**
- Pushpamma, P. & Chittemma Rao, K. 1981. Varietal preference marketing, storage, processing and utilization of sorghum and millets in Andhra Pradesh. Hyderabad, Inde, College of Home Science. Andhra Pradesh Agricultural University.**
- Pushpamma, P., Chittemma Rao, K., Sudhakar Reddy, K. & Prameela, D. 1985. Storage of sorghum and millets at domestic level in Andhra Pradesh, India. Bull. Grain Technol., 23: 50-60.**

- Pushpamma, S., Parrish, D.B. & Deyoe, C.W. 1972. Improving protein quality of millet, sorghum and maize diets by supplementation. Nutr. Rep. Int. 5: 93100.**
- Radhakrishnan, M.R. & Sivaprasad, J. 1980. Tannin content of sorghum varieties and their role in iron bioavailability. J. Agric. Food Chem 28: 55-57.**
- Rajalakshmi, R. & Mujumdar, N. 1966. Effect of different legume supplements on the nutritive value of maize and jowar to albino rats. Baroda J. Nutr.: 2: 2130.**
- Ramachandra, G., Virupaksha, T.K. & Shadaksharaswamy, M. 1977. Relationship between tannin levels and in vitro protein digestibility in finger millet (Eleusine caracana Gaertn.). J. Agric. Food Chem.. 25: 1101 - 1104.**
- Rao, A. & Vimala, V. 1993. Efficacy of tricalcium phosphate on the storage quality of sorghum flour. .1. Food Sci. Technol., 30: 58-59.**
- Rao, H. & Shurpalekar, S.R. 1976. Utilization of milo in bakery products. J. Food Sci. Technol. 13: 293-299.**
- Rao, S.A. & Mushonga, J.N. 1985. Traditional food crops in Zimbabwe. I. Finger millet. Zimbabwe Agric. J., 82: 101-104.**
- Reardon, T. 1993. Cereals demand in the Sahel and potential impacts of regional cereals production. World Dev. 21: 17-35.**
- Reardon, T. & Matlon, P. 1989. Seasonal food insecurity and vulnerability in droughtaffected regions of Burkina Faso. In D. E. Sahn , ed. Seasonal variability in third world agriculture. The consequences for food security p. 118- 136. Baltimore, Maryland, Etats-Unis, International Food Policy Research Institute, Johns Hopkins University.**

- Reichert, R.D., Mwasaru, M.A. & Mukuru, S.Z. 1988. Characterization of coloured grain sorghum lines and identification of high-tannin lines with good dehulling characteristics. *Cereal Chem.* 65: 165- 170.
- Reichert, R.D. & Youngs, C.G. 1977. Dehulling cereal grains and grain legumes for developing countries. II. Chemical composition of mechanically and traditionally dehulled sorghum and millet. *Cereal Chem.* 54: 174-178.
- Ring, S.H., Akingbala, J.O. & Rooney, L.W. 1982. Variation in amylose content among sorghums. In L.W. Rooney & D.S. Murty, eds. *Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality* Hyderabad, Inde, 28-31 octubre 1981, p. 269-279. Patancheru, Inde, ICRISAT.
- Rizley, N.F. & Suter, D.A. 1977. Sorghum tortillas: process and product attributes. *J. Food Sci.* 42: 1435-1438.
- Rohrbach, D.D. 1991. Marketing constraints and opportunities for sorghum and millet in southern and eastern Africa. Economics Group, Resource Management Programme, Progress Report 106. Patancheru, Inde, ICRISAT.
- Rooney, L.W. 1978. Sorghum and pearl millet lipids. *Cereal Chem.* 55: 584-590.
- Rooney, L.W. 1992. Wet milling nixtamalization and micronization of sorghum. In M.I. Gomez. L.R. House, L.W. Rooney & D.A.V. Dendy, eds. *Utilization of sorghum and millets* p. 19-21. Patancheru, Inde, ICRISAT.
- Rooney, L.W., Kirleis, A.W. & Murty, D.S. 1986. Traditional foods from sorghum: their production, evaluation and nutritional value. *Adv. Cereal Sci. Technol.* 8: 317-353.
- Rooney, L.W. & McDonough, C.M. 1987. Food quality and consumer acceptance of pearl millet. *Proceedings of the International Pearl Millet Workshop* Hyderabad, Inde, 7-11 avril 1986, p. 43-61. Patancheru, Inde,

**ICRISAT.**

- Rooney, L.W. & Serna-Saldivar, S.O. 1991. Sorghum. In K.J. Lorenz & K. Kulp, eds. Handbook of cereal science and technology p. 233-269. New York, Marcel Dekker.**
- Rostango, H.S. 1972. Nutritive evaluation of sorghum grains in C hicks. Thèse de doctorat. Purdue University, West Lafayette, Indiana, Etats-Unis.**
- Saito, M. & Ohtsubo, K. 1974. Trichothecene toxins of fusarium species. In I.F.H. Purchase, ed. Mycotoxins, p. 263-281. Amsterdam, Elsevier.**
- Salunkhe, D.K., Chavan, J.K. & Kadam, S.S. 1990. Dietary tannins: consequences and remedies.. Boca Raton, Floride, Etats-Unis, CRC Press.**
- Salunkhe, D.K., Jadhav, S.J., Kadam S.S. & Chavan, J.K. 1982. Chemical, biochemical and biological significance of polyphenols in cereals and legumes. CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.. 17: 277-305.**
- Sankara Rao, D.S. & Deosthale, Y.G. 1980. Effect of pearling on mineral and trace element composition and ionizable iron content of sorghum. Nutr. Rep. Int., 22: 723728**
- Sankara Rao, D.S. & Deosthale, Y.G. 1983. Mineral composition, ionizable iron and soluble zinc in malted grains of pearl millet and ragi. Food Chem 11: 217223.**
- Satyanarayana, U., Raju, R.V.S., Deosthale, Y.G. & Rao, C.N. 1988. Trace metals in urinary calculus disease. Abstract C41. Presented at the 4th Asian-Pacific Congress of Clinical Biochemistry, Hong Kong, 28 août - 2 septembre.**

**Sauer, D.B. 1988. Mold invasion in relation to grain damage. Cereal Foods World 33: 489-490.**

**Sawaya, W.N., Khalil, J.K. & Safi, W.J. 1984. Nutritional quality of pearl millet flour and bread. Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr., 34: 117- 125.**

**Sawhney, S.K. & Naik, M.S. 1969. Amino acid composition of protein fractions of pearl millet and the effect of nitrogen fertilization on its proteins. Indian J. Genet. Plant Breed. 29: 395-406.**

**Scheuring, J.F., Sidibe, S., Rooney, L.W. & Earp, C.F. 1983. Sorghum pericarp thickness and its relation to decortication in a wooden mortar and pestle. Cereal Chem. 60: 86-89.**

**Seenappa, M. 1988. Sorghum and millets in East Africa with reference to their use in weaning foods. In D. Alnwick, S. Moses & O.G. Schmidt, eds. Improving young child feeding in eastern and southern Africa p. 39-54. Nairobi, Kenya, Centre de recherche pour le développement international.**

**Seetharam, A., Riley, K.W. & Harinarayana, G. 1989. Small millets in global agriculture. New Delhi, Inde, Oxford and IBH. 392 p.**

**Serna-Saldivar, S.D., McDonough, C.M. & Rooney, L.W. 1991. The millets. In K.J. Lorenz & K. Kulp, eds. Handbook of cereal science and technology p. 271 300. New York, Marcel Dekker.**

**Shah, H.C & Mehta, B.V. 1959. Comparative studies on the effect of ammonium chloride and other fertilizers on the yield and crude protein content of pearl millet. Indian J. Agron. 4: 105-113.**

**Sheorain, V.S. & Wagle, D.S. 1973. Beta-amylase activity in germinated bajra and barley varieties. J. Food Sci. Technol., 10: 184-186.**

**Sherrod, L.B., Albin, R.C. & Furr, R.D. 1969. Net energy of regular and waxy sorghum grains for finishing steers. J. Anim. Sci., 29: 997- 1000.**

**Shivaraj, B. & Pattabiraman, T.N. 1981. Natural plant enzyme inhibitors: characterization of an unusual  $\alpha$ -amylase/trypsin inhibitor from ragi (*Eleusine coracana* Gaertn.). Biochem. J., 193: 29-36.**

**Shotwell, O.L., Hesseltine, C.W., Burmelster, H.R., Kwolek, W.F., Shannon, &M. & Hall, H.H. 1969. Survey of cereal grains and soybeans for the presence of aflatoxin: 1. Wheat, grain sorghum, and oats. Cereal Chem ., 46: 446-454.**

**Shrestha, K.B. 1972. Dehusking of varagu and its utilization for edible purposes. Thèse de maîtrise. University of Mysore, Karnataka, Inde.**

**Shukla, S.S., Gupta, O.P., Sharma, Y.K. & Sawarkar, N.S. 1986. Puffing quality characteristics of some ragi (*Eleusine coracana*) cultivars. J. Food Sci. Techno/., 23: 329330.**

**Siddiqui, A.H. 1955. Fluorosis in Nalagonda district, Hyderabad-Deccan. Br Med. J.,2: 1402-1410.**

**Sikabbubba, R.M. 1989. The effect of alcohol soluble proteins on the digestibility of sorghum Thèse de maîtrise. Kansas State University, Manhattan, Kansas, Etats-Unis.**

**Silano, V. 1977. Factors affecting digestibility and availability of protein in cereals. In Nutritional evaluation of cereal mutants. Proceedings of the Advisory Group Meeting on a Nutritional Evaluation of Cereal Mutants, p. 13-46. Vienne, Agence internationale de l'énergie atomique.**

**Simwemba, C.G., Hosene, R.C., Varriano-Marston, E. & Zeleznak, K. 1984. Certain B vitamin and phytic acid contents of pearl millet [*Pennisetum americanum* (L.) Leeke]. J. Agric . Food Chem. 32: 31 -34.**

- Singh, P., Singh, U., Eggum, B.O., Kumar, K.A. & Andrews, D.J. 1987. Nutritional evaluation of high protein genotypes of pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). *J. Sci. Food Agric.*, 38: 41 -48.**
- Singh, R. & Axtell, J.D. 1973a. High lysine mutant gene (hl) that improves protein quality and biological value of grain sorghum. *Crop Sci.* 13: 535-539.**
- Singh, R. & Axtell, J.D. 1973b. Survey of world sorghum collection for opaque and sugary lines. In Inheritance and improvement of protein quality and content in sorghum , No. 10 Research Progress Report No. 10, p. 1-18. Lafayette, Indiana, Etats-Unis, Department of Agronomy, Agricultural Experiment Station Purdue University; Washington DC, Etats-Unis, Agence pour le développement international.**
- Singh, R. & Popli, S. 1973. Amylose content and amyolytic studies on high-yielding varieties of bajra (*Pennisetum typhoides*). *J. Food Sci. Technol.* 10: 31-33.**
- Singleton, V.L. & Kratzer, F.H. 1973. Plant phenolics. In Toxicants p. 309-345. Washington, DC, National Research Council, National Academy of Sciences.**
- Snowden, J.D. 1936. The cultivated races of sorghum Londres, Adlard and Son. 274 p.**
- Sood, S. & Kapoor, A.C. 1992. Effect of storage and insect infestation on protein and starch digestibility of cereal grains. *Food Chem.* 44: 209-212.**
- Southgate, D.A.T., Hudson, G.J. & Englyst, H. 1978. The analysis of dietary fibre - the choices for the analyst. *J. Sci. Food Agric.* 29: 979-988.**
- Srikantia, S.G., Narasinga Rao, B.S., Raghuramulu, N. & Gopalan, C. 1968. Pattern of nicotinamide nucleotides in the erythrocytes of pellagrins. *Am.J. Clin. Nut.;*, 21: 1306- 1309.**

**Steinkraus, K.H. 1983. Handbook of indigenous fermented foods. New York, Marcel Dekker.**

**Stemler, A.B.L., Collius, F.I., de Wet, I.M.J. & Harlan, J.R. 1976. Variation in levels of lipid composition and protein in econogeographic races of Sorghum bicolor. Biochem. Syst. Ecol. 4: 43-45.**

**Stuart, M.A., Johnson, P.E., Hamaker, B.E. & Kirleis, A. 1987. Absorption of zinc and iron by rats fed meals containing sorghum food products. J. Cereal Sci. 6: 81-90.**

**Subrahmanyam, V., Narayana Rao, M., Rama Rao, G. & Swaminathan, M. 1955. The metabolism of nitrogen, calcium, and phosphorus in human adults on a poor vegetarian diet containing ragi (Eleusine coracana). Br. J. Nutr., 9: 350-357.**

**Subramanian, V., Butler, L.G., Jambunathan, R. & Prasad Rao, K.E. 1983. Some agronomic and biochemical characters of brown sorghums and their possible role in bird resistance. J. Agric. Food Chem. 31: 1303-1307.**

**Subramanian, V. & Jambunathan, R. 1980. Traditional methods of processing sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) and pearl millet (Pennisetum americanum L.) grains in India. Rep. Int. Assoc. Cereal Chem., 10: 115-118.**

**Subramanian, V. & Jambunathan, R. 1982. Properties of sorghum grain and their relationship to roti quality. In L.W. Rooney & D.S. Murty, eds. Proceedings at the International Symposium on Sorghum Grain Quality Hyderabad, India, 2831 october 1981, p. 280-288. Patancheru, India, ICRISAT.**

**Subramanian, V., Jambunathan, R. & Ramaiah, C.D. 1986. Physical and chemical characteristics of pearl millet grains and their relationship to roti quality. J. Food Sci. 51: 1005-1020.**

**Subramanian, V., Jambunathan, R. & Suryaprakash, S. 1980. Note on the soluble sugars of sorghum. Cereal**

**Chem. 57: 440-441.**

**Subramanian, V., Jambunathan, R. & Suryaprakash, S. 1981. Sugars of pearl millet [*Pennisetum americanum* (L.) Leeke] grains. *J. Food Sci.*, 46: 1614-1615.**

**Subramanian, V., Murty, D.S., Jambunathan, R. & House, L.R. 1982. Boiled sorghum characteristics and their relationship to starch properties. In L.W. Rooney & D.S. Murty, eds. Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality Hyderabad, Inde, 28-31 octobre 1981, p. 103-109. Patancheru, Inde, ICRISAT.**

**Sullins, R.D. & Rooney, L.W. 1977. Pericarp and endosperm structure of pearl millet (*Pennisetum typhoides*). In D.A.V. Dendy, ed. Proceedings of a symposium on sorghum and millets for human food Vienne, 11-12 mai 1976 p. 79. Londres, Institut des produits tropicaux.**

**Suryanarayana Rao, K., Rukmini, C. & Mohan, V.S. 1968. 13-carotene content of some yellow-endosperm varieties of sorghum. *Indian J. Agric. Sci.* 38: 368372.**

**Tanner, F.W. Jr, Pfeiffer, S.E. & Curtis, J.J. 1947. B-complex vitamins in grain sorghums. *Cereal Chem.* 24: 268-274.**

**Tashiro, M. & Maki, Z. 1977. An evaluation of the nutritive value of proso-millet protein [resumen en anglais]. *Kyoto Furitsu Daigaku Gakujutsu Hokoku: Rigaku. Seikatsu Kagaku*, 28: 23-30.**

**Taur, A.T., Pawar, V.D. & Ingle, U.M. 1984. Effect of fermentation on nutritional improvement of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Indian J. Nutr. Diet.*, 21: 129-136.**

**Teeter, R.G., Sarani, S., Smith, M.O. & Hibberd, C.A. 1986. Metabolism and nutrition. Detoxification of high-**

tannin sorghum grains. *Poult. Sci.*, 65: 67-71.

Thiam, A.A. 1981 . Contribution of ITA to the development of composite flours. Paper presented at the Regional Workshop on Composite Flours for Industrial Processing of Sorghum for Bakery and Allied Food Industries in Africa, Institute of Tropical Agriculture, Khartoum, Soudan, 7- 12 décembre.

Thiam, A.A. & Ndoye, A. 1977. Bread from millet. *League Int. Food Educ. Newsl.* August.

Thorat, S.S., Satwadhar, P.N., Kulkarni, D.N., Choudhari, S.D. & Ingle, U.M. 1988. Effect of various grain parameters on popping quality of sorghum. *J. Food Sci. Technol.* 25: 361 -363.

Tipton, K.W., Floyd, E.M., Marshall, J.G. & McDevitt, J.B. 1970. Resistance of certain grain sorghum hybrids to bird damage in Louisiana. *Agron. J.*, 62: 211 213.

Tomita, Y., Sugimoto, Y., Sakamoto, S. & Fuwa, H. 1981. Some properties of starches of grain amaranth and several millets. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 27: 471 484.

Tomkins, A., Alnwick, D. & Haggerty, P. 1988. Fermented foods for improving child feeding in eastern and southern Africa: a review. In D. Alnwick, S. Moses & O.G. Schmidt, eds. *Improving child feeding in eastern and southern Africa* p. 136-167. Nairobi, Kenya, Centre de recherche pour le développement international.

Tripathi, R.K. 1973. Aflatoxins in sorghum grains infected with head moulds. *Indian J. Exp. Biol.* 11: 361-362.

Trowell, H. 1976. Definition of dietary fiber and hypothesis that it is a protective factor in certain diseases. *Am. J. Clin. Nutr.* 29: 417-427.

Udayasekhara Rao, P. & Deosthale, Y.G. 1988. In vitro availability of iron and zinc in white and coloured ragi

**(Eleusine coracana): role of tannin and phytate. Plant Foods Hum. Nutr., 38: 35-41.**

**Underwood, E.J.. 1971. Trace elements in human and animal nutrition. New York, Academic Press. 3e ed. 543 p.**

**United States Department of Agriculture/Human Nutrition Information Service (USDA/HNIS). 1984. Composition of foods: cereal grains and pasta. Agriculture Handbook No. 8-20. Washington, DC.**

**United States National Research Council/National Academy of Sciences. 1982. United States Canadian tables of food composition. Washington, DC, National Academy Press. 3e rev. van Heerden, I.V. 1989. The nutritive content of African beers brewed with maize grits or sorghum adjuncts. J. Inst. Brew., 95: 17-20. van Heerden, I.V. & Glennie, C.W. 1987. Availability of B vitamins in sorghum beer. Nutr Rep. Int. 35: 147- 155. van Heerden, I.V., Taylor, J.R.N. & Glennie, C.W. 1987. The contribution of minerals, trace elements, phytin starch and amino acids to the nutritional quality of sorghum beer. S. Afr. J. Sci., 83: 5-7.**

**Van Scoyoc, S.W., Ejeta, G. & Axtell, J.D. 1988. Kernel characteristics and protein traction changes during seed development of high-lysine and normal sorghums. Cereal Chem., 65: 75-80.**

**Vimala, V., Kaur, K.J. & Hymavati, T.V. 1990. Processing of millets - scope for diversification. Proceedings of the Summer Institute on Appropriate Food Processing Technologies for Rural Development 15 juin - 4 juillet 1990, p. 3952. Hyderabad, Inde, Andhra Pradesh Agricultural University.**

**Virupaksha, T.K., Ramachandra, G. & Nagaraju, D. 1975. Seed proteins of finger millet and their amino acid composition. J. Sci. Food Agric . 26: 1237 1246.**

**Virupaksha, T.K. & Sastry, L.V.S. 1968. Studies on the protein content and amino acid composition of some varieties of grain sorghum. J. Agric . Food Chem., 16: 199-203.**

**Vogel, S. & Graham, M., eds. 1979. Sorghum and millet: food production and use. Report of a workshop, Nairobi, Kenya, 4-7 juillet 1978. Ottawa, Canada, Centre de recherche pour le développement international.**

**Waggle, D.H. & Deyoe, C.W. 1966. Relationship between protein level and amino acid composition of sorghum grain. Feedstuffs 38: 18-19.**

**Waggle, D.H., Deyoe, C.W. & Smith, F.W. 1967. Effect of nitrogen fertilization on the amino acid composition and distribution in sorghum grain. Crop Sci., 7: 367-368.**

**Walker, T.S. 1990. Demand and supply prospects for sorghum: implication for crop improvement strategy. Presented at the 20th Annual Sorghum Workshop, Mahatma Phule Agricultural University, Rahuri, Inde, 30 avril - 2 mai.**

**Wall, J.S. & Carpenter, K., 1988. Variation in availability of niacin in grain products. Food Technol. (Chicago), 42(10): 198-204.**

**Wang, C., Mitchell, H.C. & Barham, H.N. 1959. The phytin content of sorghum grain. Trans. Kans. Acad. Sci. 62: 208-211.**

**Wang, Y.D. & Fields, M.L. 1978. Germination of corn and sorghum in the home to improve nutritive value. J. Food Sci. 43: 1113- 1115.**

**Wankhede, D.B., Shehnaj, A. & Raghavendra Rao, M.R. 1979a. Carbohydrate composition of finger millet (Eleusine coracana) and foxtail millet (Setaria italica). Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr., 28: 293-303.**

**Wankhede, D.B., Shehnaj, A. & Raghavendra Rao, M.R. 1979b. Preparation and physicochemical properties of starches and their fractions from finger millet (Eleusine coracana) and foxtail millet (Setaria italica). Starch 31:**

**153.**

**Warsi, A.S. & Wright, B.C. 1973. Effects of rates and methods of nitrogen application on the quality of sorghum grain. Indian J. Agric. Sci., 43: 722-726.**

**Watterson, J.J. & Butler, L.G. 1983. Occurrence of an unusual leucoanthocyanidin and absence of proanthocyanidins in sorghum leaves. J. Agric. Food Chem., 31: 41-45.**

**Whistler, R.L. & Paschall, E.F., eds. 1967. Starch chemistry and technology, Vol. 2, Industrial aspects. New York et Londres, Academic Press.**

**Whitaker, M.E. & Tanner, M. 1989. Methods of determining the bioavailability of amino acids for poultry. In M. Friedman, ed. Absorption and utilization of amino acids, Vol. 3, p. 129-141. Boca Raton, Florida, Etats-Unis, CRC Press.**

**Yanez, G.A. & Walker, C.E. 1986. Effect of tempering parameters on extraction and ash of proso millet flours, and partial characterization of proso starch. Cereal Chem., 63: 164-167.**

**Youssef, M.M.A., Moharram, Y.G., Moustaffa, H., Bolling, H., El-Baya, A. & Harmuth, A.E. 1990. New extruded products from sorghum. Food Chem., 37: 189-199.**