



El sorgo y el mijo: en la nutrición humana

[Indice](#)

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION
Roma, 1995

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Catalogación antes de la publicación de la Biblioteca David Lubin FAO, Roma (Italia) El sorgo y el mijo en la nutrición humana (Colección FAO: Alimentación y nutrición N°27) ISBN 92-5-303381-9

1. Sorgo 2. Mijos 3 Nutrición humana

I. Título II. Serie

Código FAO: 80 AGRIS S01

Derechos de autor

Por este medio se autoriza la reproducción digital o impresa parcial o total de este trabajo, para su utilización personal o en las aulas, sin costo y sin solicitud formal de reproducción, siempre que no se elaboren copias con fines de lucro ni comerciales, y que todas las copias lleven este aviso completo en la primera página. Los derechos de autor de los trabajos que no sean propiedad de la FAO deben respetarse. Para hacer reproducciones con otros fines, publicar, enviar a través de los servidores o redistribuir en las listas, se requiere autorización específica previa y el pago de una cuota cuando sea pertinente.

Los permisos de publicación se solicitan a:

Editor en Jefe

FAO, Viale delle Terme di Caracalla

00100 Roma, Italia

correo electrónico: copyright@fao.org

(c) FAO, 1995

Indice

[Prefacio](#)

[Capítulo 1: Introducción](#)

[Sorgo](#)

[Mijo perla](#)

[Mijos menores](#)

[Los granos y su estructura](#)

[Capítulo 2: Producción y utilización](#)

[Producción de sorgo](#)

[Utilización del sorgo](#)

[Producción de mijo](#)

[Utilización del mijo](#)

[Tendencias regionales en la producción y utilización del sorgo y los mijos](#)

[Capítulo 3: Elaboración y almacenamiento](#)

[Almacenamiento](#)

[Metodos tradicionales de elaboración](#)

[Elaboración industrial](#)

[Capítulo 4: Composición química y valor nutritivo](#)

[Variantes en la composición del grano](#)

[Carbohidratos](#)

[Proteínas](#)

[Lípidos](#)

[Minerales](#)

[Vitaminas](#)

[Fibra dietética](#)

[Capítulo 5: Calidad nutricional de los alimentos preparados con sorgo y mijos](#)

[Preparados culinarios](#)

[Mejoramiento de la calidad nutricional](#)

[Empleos alternativos del sorgo y los mijos](#)

[Capítulo 6: Inhibidores nutricionales y factores tóxicos](#)

[Fitato](#)

[Polifenoles](#)

[Inhibidores de la enzimas digestivas](#)

[Bociógenos](#)

[Desequilibrio de aminoácidos y pelagra](#)

[Fluorosis y urolitiasis y otros efectos de oligoelementos](#)

[Micotoxinas](#)

[Granos infestados](#)

[Conclusión](#)

[Anexo: Recetas a base de sorgo y mijos](#)

[Bibliografía](#)

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

Prefacio

[Indice](#) - [Siguiete](#) >

Para millones de personas que habitan en las zonas tropicales semiáridas de Asia y Africa, el sorgo y el mijo son los alimentos básicos más importantes. Estos cultivos sirven de sustento a la gente más pobre del campo y así seguir haciéndolo en un futuro previsible. El sorgo y el mijo crecen en ambientes duros donde no medran bien otros cultivos. Las mejoras que se consigan en producción, disponibilidad, almacenamiento, utilización y consumo de estos alimentos contribuirán mucho a la seguridad alimentaria de los hogares y a la nutrición de los habitantes de esas regiones.

Esta monografía viene a sumarse a la colección de la FAO sobre Alimentación y nutrición. Su alcance y su cobertura son amplios, pues comienza con la historia y la naturaleza del sorgo y el mijo para luego ocuparse de su producción, utilización y consumo. Ofrece información amplia sobre el valor nutricional, la composición química, el almacenamiento y la elaboración de esos alimentos. Por otro lado, se analizan los factores anti-nutricionales que están presentes en estos alimentos y las formas de reducir el riesgo que entrañan para la salud. Los autores describen las fórmulas de varios alimentos de uso común preparados a base de sorgo y mijo y su composición y calidad nutricional, y para la preparación de alimentos han reunido muchas recetas de las regiones donde el sorgo y el mijo constituyen importantes productos alimenticios. También se ha incluido una bibliografía amplia.

Se señala a la atención del lector las normas para los granos y harinas de sorgo y de mijo perla, elaboradas por la Comisión del Codex Alimentarius dentro del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias.¹

La FAO expresa aquí su agradecimiento al Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas (ICRISAT) por su colaboración y ayuda en la preparación de esta obra. Agradecemos también las aportaciones del Dr. R. Jambunathan y del Dr. V. Subramanian, ambos del

ICRISAT, a los Capítulos I, 2, 3 y 5; así como del Dr. Y.G. Deosthale, del Instituto Nacional de la India, en la preparación de los Capítulos 4 y 6, y del Anexo.

Este libro se propone ofrecer información científica y práctica actualizada a hombres de ciencia, funcionarios, extensionistas, profesores de universidad y demás personas que se interesan por estos productos alimenticios. Se espera que la obra contribuya a la elaboración de los programas de capacitación para su personal y alumnos.

J.R. Lupien, Director,

Dirección de Alimentación y Nutrición

Capítulo 1: Introducción

El sorgo y los mijos han sido alimentos básicos importantes en las zonas tropicales semiáridas de Asia y África a lo largo de muchos siglos. Estos cultivos siguen todavía siendo las fuentes principales de energía, proteínas, vitaminas y minerales para millones de los habitantes más pobres de esas regiones.

El sorgo y los mijos se cultivan en ambientes duros donde otros cultivos crecen mal o dan poco rendimiento. Una multitud de pequeños agricultores en muchos países cultivan estos cereales con pocos recursos hídricos y de ordinario sin aplicar fertilizantes u otros insumos. Por eso se suelen denominar cereales secundarios o cultivos del pobre porque son consumidos en su mayor parte

por los grupos de poblaci^on m^os desfavorecidos. No suelen ser objeto de comercio internacional y ni siquiera se venden en los mercados locales de muchos pa^íses. De ah^í que sus cosecheros tienen raras veces un mercado asegurado en caso de producci^on excedente.

Entre los cereales descritos en esta obra est^on el sorgo, el mijo perla, el mijo corac^on, el mijo cola de zorra, el mijo com^on, el mijo peque^o, el mijo de los arrozales y el mijo kodo (Cuadro 1). El teff (Eragrostis tef) que se cultiva ampliamente en Etiop^ía no es estrictamente hablando un mijo y por lo tanto no se incluye aqu^í. Tampoco se describen otros mijos de menor importancia como el fonio (Digitaria exilis) y las l^ágrimas de Job (Coix lachryma-jobi).

Sorgo

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) se conoce bajo varios nombres: mijo grande y ma^{íz} de Guinea en Africa occidental, kafir en Africa austral, dur^o en el Sud^on, mtama en Africa oriental, iowar en la India y kaoliang en China (Purseglove, 1972). En los Estados Unidos se suele denominar milo o milo ma^{íz}. El sorgo pertenece a la tribu Andropogonae de la familia herb^ácea Poaceae. La ca^{ña} de az^úcar (*Saccharum officinarum*) forma parte de esta tribu y es pariente pr^oximo del sorgo. El g^énero *Sorghum* se caracteriza por espiguillas que nacen a pares. El sorgo se trata como planta anual. aunque es hierba perenne y en los tr^ópicos puede cosecharse varias veces al a^{ño}.

CUADRO 1: Origenes y nombres comunes del sorgo y los mijos

Cultivo	Nombres comunes	Origen probable
<i>Sorghum bicolor</i>	Sorgo, mijo grande, adaza, maiz de Guinea, kafir, dura, zahina, mtama,	Cuadrante nororiental de Africa (Etiopia)

	iowar, shallu, alcandia, kaoliang, milo, milo-malz, panizo moruno, feterita, sorgo de escoba, maicillo, masambar, aroza	frontera sudanesa)
Pennisetum glaucum	Mijo perla, panizo de Daimiel, panizo mamoso, bajra, mijo buirush, zahena paniza, maíz negro, bajra	Africa occidental tropical
Eleusine coracana	Mijo coracón mijo africano, ragi o mijo indio, wimbi, bufo, telebón	Uganda o región vecina
Setaria italica	Mijo cola de zorra, dana, mijo italiano, mijo alemán mijo húngaro, mijo siberiano, panizo blanco mijo menor	Asia oriental (China)
Panicum miliaceum	Mijo común, mijo proso, mijo mayor, mijo de puerco, mijo de escoba, maíz pardo, mijo ruso, millo	Asia central y oriental
Panicum sumatrense	Mijo pequeño, mijo sumatrense	Asia sudoriental
Echinochloa crus-galli	Mijo de los arrozales o japonses, pata de gallo, zacate de agua, mijo sawa, millón	Japón
Paspalum scrobiculatum	Mijo kodo	India

En 1753, Linnaeus describió en su *Species Plantarum* tres especies de sorgo cultivado: *Holcus sorghum*, *Holcus saccharatus* y *Holcus bicolor*. En 1794, Moench distinguió el género *Sorghum* del género *Holcus*. En 1805, Person propuso el nombre de *Sorghum vulgare* para el *Holcus sorghum* (L.) y en 1961 Clayton propuso el nombre de *Sorghum bicolor* (L.) Moench como el nombre correcto del sorgo cultivado, que es el nombre que se utiliza actualmente.

La clasificación del sorgo hecha por Snowden es detallada y completa (Snowden, 1936). Otras clasificaciones que se han propuesto desde entonces han consistido en modificaciones o adaptaciones del sistema Snowden. Harlan y de Wet (1972) publicaron una clasificación simplificada del sorgo que se ha verificado con 10 000 muestras de espigas. Dividieron el sorgo cultivado en cinco razas básicas: bicolor, guinea, caudatum, kafir y curra. El tipo silvestre y la caña de azúcar se consideran otros dos tipos de espiguillas del *S. bicolor*. Un estudio del polimorfismo de 11 enzimas ha permitido clasificar al sorgo en tres grupos enzimáticos. El primero incluye principalmente variedades de guinea del África occidental; el segundo incluye variedades de las cinco razas del África austral; y el tercer tipo de curra y caudatum del África central y oriental (Ollitrault et al., 1989).

El sorgo cultivado de nuestros días ha derivado de su progenitor silvestre que pertenece a la subespecie *verticilliflorum*, observándose la máxima variación del género *Sorghum* en la región del cuadrante nororiental de África que comprende Etiopía, el Sudán y África oriental (Doggett, 1988). Parece que el sorgo se desplazó hacia África oriental desde Etiopía alrededor del año 200 d.C. o incluso antes. Lo llevaron a África oriental y austral los bantúes, que empleaban el grano principalmente para hacer cerveza. Los bantúes, que probablemente iniciaron su expansión partiendo del sur del Camerún en torno al siglo 1, se desplazaron a lo largo de la frontera meridional del cinturón de la selva congoleña y llegaron al África oriental, tal vez antes del año 500 d.C. Los bantúes adoptaron el sorgo de los pueblos del África oriental, verificándose luego una rápida expansión hasta los países de la sabana del África oriental y austral durante los últimos mil años. El sorgo de nuestros días que se cultiva en África

central y austral está estrechamente emparentado con los de la República Unida de Tanzania y guarda un parentesco más distante con los de África occidental pues las selvas ecuatoriales constituyeron una barrera real a su difusión.

El sorgo fue llevado del África oriental a la India, probablemente durante el primer milenio a.C. Se tienen noticias de su existencia allí en torno al año 1000 a.C. El sorgo se transportó probablemente en barcos para alimentación humana antes que nada; y hubo tráfico de embarcaciones dhow durante unos tres mil años entre África oriental (costa azanca) y la India a través de la ruta sabea al sur de Arabia. El sorgo de la India está emparentado con los del nordeste de África y la costa entre el Cabo Guardafui y Mozambique.

Su difusión a lo largo de la costa del sudeste asiático y en torno a China pudo haberse verificado alrededor del inicio de la Era cristiana pero también es posible que el sorgo llegara antes a China a través de las rutas del comercio de la seda.

El sorgo grano parece haber llegado a América como maíz de Guinea desde el África occidental con los tratantes de esclavos alrededor de mediados del siglo XIX. Aunque este cereal llegó a América Latina a través del comercio de los esclavos y por obra de navegantes que hacían la ruta comercial Europa-África-América Latina en el siglo XVI, su cultivo no llegó a adquirir importancia hasta el siglo actual. Lo propio ocurre con Australia.

El sorgo grano cultivado fundamentalmente para usos alimentarios puede dividirse en milo, kafir, hegari, feterita e híbridos (Purseglove, 1972). Hay otras clases de sorgo como sorgo herbáceo, maíz de escoba y sorgo para fines especiales.

El grano de sorgo varía en el color que va desde el blanco a tonalidades oscuras de rojo y pardo, pasando

por el amarillo pálido, hasta pardo púrpura profundo. Los colores más comunes son el blanco, el bronce y el pardo. Los granos son por lo general esféricos, pero varían en dimensión y forma. La cariopsis puede ser redondeada y con puntas romas, de 4-8 mm de diámetro (Purseglove, 1972). El peso de 1 000 granos de sorgo tiene un amplio margen de variación, de 3 a 80 g, pero en la mayoría de las variedades va de 25 a 30 g. El grano está cubierto parcialmente de glumas. Para el consumo humano se suelen preferir los granos largos con endospermo córneo. El endospermo amarillo con caroteno y xantofila aumenta el valor nutritivo del cereal. El grano de sorgo con testa contiene tanino en diversas proporciones según la variedad.

- (a) *Sorghum bicolor*,
- (b) *Pennisetum glaucum*,
- (c) *Eleusine coracana*
- (d) *Setaria italica*,
- (e) *Panicum sumatrense*,
- (f) *Echinochloa sp.*,
- (g) *Paspalum scrobiculatum*

Mijo perla

El mijo perla (*Pennisetum glaucum*) también es conocido como mijo panizo de Daimiel, bajra (la India) y mijo bulrush (Purseglove, 1972). El mijo perla comprende varias razas cultivadas aunque puede considerarse como una única especie colectiva. El mijo perla casi ciertamente tuvo su origen en el Africa occidental tropical donde se da el mayor número de formas silvestres y cultivadas. Hace unos 2 000 años

fue llevado este cultivo a Africa oriental y central, y a la India, donde por su magnífica tolerancia a la sequía llegó a arraigar en los terrenos más áridos.

La altura de la planta de mijo perla puede variar de 0,5-4 m y el color del grano puede ser casi blanco, amarillo pálido, pardo, gris, azul pizarra o morado. Los granos ovoides tienen unos 3-4 mm de largo, mucho mayores que los de otros mijos y el peso de 1 000 semillas varía de 2,5 a 14 g, con un promedio de 8 g. El grano de mijo perla es más pequeño que el de sorgo. La proporción de su germen con el endospermo es superior a la del sorgo.

Mijos menores

Los mijos menores, también llamados mijos pequeños (Seetharam et al.1989) han sido objeto de poca atención cuando se comparan con el que se ha dado al cultivo y utilización del sorgo. Comprenden el mijo coracón (Eleusine coracana) el mijo cola de zorra (*Setaria italica*), el mijo kodo (*Paspalum scrobiculatum*), el mijo común o proso (*Panicum miliacum?*), el mijo pequeño (*Panicum sumatrense*) y el mijo de los arrozales o sawa (*Echinochloa crus-galli* y *Echinochloa colona*).

Entre los mijos menores, poseemos más información sobre el mijo coracón que sobre cualesquiera otros mijos. Los mijos menores representan menos del uno por ciento de los granos de consumo humano que se producen actualmente en el mundo. De ahí que no sean importantes en cuanto a la producción alimentaria mundial aunque sean esenciales como cultivos alimentarios en sus respectivos agro-ecosistemas. Casi siempre se cultivan en zonas marginales o en condiciones agrícolas donde los cereales principales no dan un rendimiento sostenible. Purselove (1972) hace descripciones detalladas de estos mijos.

Milo coracón

El mijo coracón (*Eleusine coracana* L.), conocido también como mijo africano, pata de gallo, raji (la India), wimbi (Swahili), bulo (Uganda) y telebón (el Sudán). Es un alimento básico importante en partes de África oriental y central, y en la India. Es el principal cereal grano del norte y partes del oeste de Uganda y del nordeste de Zambia. Los granos se hacen germinar para confeccionar cerveza. El mijo coracón puede almacenarse durante largos períodos de tiempo sin que le ataquen los insectos (Purseglove, 1972). Por lo tanto, puede convertirse en el grano que se utilice en períodos de hambruna. Se han identificado no pocos cultivares. En la India y África se reconocen dos grupos: tipos africanos de montaña con los granos encerrados dentro de las capsulas; y tipos afroasiáticos con granos maduros expuestos fuera de las capsulas. Se cree que Uganda o una región vecina es el centro del origen del E. coracana, que se introdujo en la India en una fecha muy temprana, probablemente hace más de 3 000 años. Aunque parece ser que el mijo coracón llegó a Europa a los inicios de la Era cristiana, su utilización se reduce casi por completo a África oriental y la India.

La altura de los cultivares varía de 40 cm a 1 m y la longitud de las espigas va de 3 a 13 cm. El color de sus granos puede variar de blanco, pasando por el rojoanaranjado, color pardo fuerte, color morado a casi negro. Su grano es más pequeño que el del mijo perla y el peso medio de 1 000 semillas es de unos 2,6 g.

Milo cola de zorra

El mijo cola de zorra (*Seturia italica* L.) también es conocido como mijo italiano, alemán, húngaro o siberiano. Se estima por lo general que este mijo se domesticó en Asia oriental donde se ha venido cultivando desde la antigüedad. La zona principal de producción es China aunque es el mijo más importante del Japón y se cultiva ampliamente en la India (Purseglove, 1972). Se cree que ha sido una de las cinco plantas sagradas de la antigua China, desde el año 2700 a.C. Debido a su breve ciclo, es un

cultivo indígena para su plantación por los nómadas, y probablemente fue así como fue baldo a Europa durante la Edad de Piedra pues su simiente abunda en las habitaciones lacustres de Europa.

La altura de la planta vana de 1 a 1,5 m y el color del grano va de amarillo perla pasando por el anaranjado, rojo, pardo, para llegar al negro. El peso de 1 000 semillas es de unos 2 g.

Mijo común

El mijo común (*Panicum miliaceum* L.) también se conoce como proso, mijo de puerco, millo, mijo ruso y maíz pardo. Es un mijo que se cultiva desde hace muchísimo tiempo; es el milium de los romanos y el verdadero mijo de que nos habla la historia. Lo cultivaron los primitivos habitantes lacustres en Europa. Se cree que fue domesticado en Asia central y oriental y debido a su capacidad para madurar rápidamente fue a menudo cultivado por los nómadas.

Se trata de una planta de raíces someras cuya altura vana entre los 30 y 100 cm. El grano contiene un porcentaje comparativamente mayor de fibra indigestible debido a que las semillas están encerradas en las cáscaras y son de difícil separación mediante el proceso tradicional de molturación. El peso de 1000 semillas es de unos 5 g (variando entre 4,7 y 7,2 g). Se presta especialmente para ambientes continentales áridos y se cultiva en climas más templados en comparación con otros mijos.

Milo pequeño

El mijo pequeño (*Panicum sumatrense* Roth ex Roemer & Schultes), se cultiva a todo lo largo y ancho de la India pero en grado limitado hasta altitudes de 2 1 00 m, es de poca importancia en las demás regiones. Ha sido objeto de una atención comparativamente escasa por parte de los mejoradores de plantas. La planta varía en altura entre los 30 y 90 cm y su panícula oblonga tiene en longitud entre los

14 y 40 cm. Las semillas del mijo pequeño son de tamaño inferior a las del mijo común.

Milo de los arrozales

El mijo de los arrozales, mijo japonés o mijo sawa *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. y *Echinochloa colona* (L.) Link], es el mijo que más rápidamente crece de todos y da cosecha en seis semanas. Se cultiva en la India, el Japón y China, como sucedáneo del arroz cuando falla éste. Se cultiva como forraje en los Estados Unidos y puede producir hasta ocho cosechas al año. La planta ha sido objeto de una cierta atención como forraje en los Estados Unidos y el Japón. Su altura varía entre 50 y 100 cm.

Milo kodo

El mijo kodo (*Paspalum scrobiculatum* L.) es un cultivo cerealero secundario en toda la India, pero de gran importancia en el Deccan. Su cultivo se limita generalmente a Gujarat, Karnataka y partes de Tamil Nadu en la India. Se clasifica en los grupos harta, choudharia, kodra y haria-choudharia, según las características de su panícula. El kodo es una hierba anual con penacho que crece hasta una altura de 90 cm. Se han señalado algunas formas como venenosas para el hombre y los animales, lo que puede deberse a la infección del grano por hongos. El grano está encerrado en unas cáscaras duras, corneas y persistentes que son difíciles de quitar. Su color varía de rojo ligero a gris oscuro.k

[Indice](#) - [Siguiete](#) ➤

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

Los granos y su estructura

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

Las características de los granos de sorgo y de mijos muestran una gran diversidad en color, forma, tamaño y en determinados aspectos de los componentes anatómicos (Cuadro 2).

La estructura básica del grano es análoga en el sorgo y en los distintos mijos. Sus elementos anatómicos principales son el pericarpio, el germen o embrión y el endospermo. En los mijos coracón, proso y cola de zorra, el pericarpio es como un saco, unido débilmente al endospermo en solo un punto. En este tipo utriculoso de granos, el pericarpio se quiebra fácilmente quedando el revestimiento de la semilla o testa como protección del endospermo interno. Por otro lado, los granos de sorgo y mijo perla son del tipo cariopsis, en el que el pericarpio está totalmente unido al endospermo.

CUADRO 2: Características estructurales de los granos de sorgo y de al-tunos mijos

Grano	Tipo	Forma	Color	Peso 1 000 granos (g)
Sorgo	Cariopsis	Esférica	Blanco, amarillo, rojo, pardo	25-30
Mijo perla	Cariopsis	Ovoide, hexagonal, globular	Gris, blanco, amarillo, pardo, púrpura	2,5-14
Mijo coracón	Utriculo	Globular	Amarillo, blanco, rojo, violeta	2,6

Mijo proso	Utriculo			4,7-7,2
Mijo cola de zorra	Utriculo			1,86

Grano	Revestimiento de la semilla			Aleurona	
	Número de capas	Pigmentada	Espesor (um)	Número Capas	Tamaño de la célula (um)
Sorgo	1	A veces	0,4	1	
Mijo perla	1	A veces	0,4	1	16-30x5-15
Mijo coracón	5	Si	10,8-24,2	1	18 x 7,6
Mijo proso	1	No	0,2-0,4	1	12 x 6
Mijo cola de zorra	1			1	

Grano	Granos amiláceos					Sustancias proteínicas	
	Diámetro (um)	Zona periférica (um)	Zona córnea (um)	Zona Harinosa (um)	Tipo (um)	Tamaño	Ubicación
Sorgo	20-30				Simple	0,3-3	Todas las zonas
Mijo perla	10-12	6,4	6,4	7,6	Simple	0,6-0,7	Todas las zonas
Mijo	3-21	8-16,5	3-19	11-21	Simple/	2,0	Periferia/

coracón					compuesto		cornea
Mijo proso	2-10	3,9	4,1	4,1	Simple	0,5-1,7	Periferia
Mijo cola de zorra	10						

CUADRO 2 (continuación)

Grano	Germen Tamaño (µm)	Proporción endospermo: germen
Sorgo		8,4 :1
Mijo perla	1 420 x 620	4,5:1
Mijo coracón	980 x 270	11:1
Mijo proso	1 100 x 310	12:1
Mijo cola de zorra		12:1

La distribución relativa de los tres principales componentes anatómicos varía de un tipo a otro. En el grano de sorgo el peso medio del pericarpio es del 6 por ciento, el del endospermo del 84 por ciento y el del germen del 10 por ciento (Hubbard et al., 1950). En el mijo perla, el pericarpio tiene el 8,4 por ciento, el endospermo el 75 por ciento y el germen el 16,5 por ciento (Abdelrahman et al., 1984). La proporción entre endospermo y germen en el mijo perla es del 4,5:1, mientras que en el grano de sorgo es del 8,4: 1. En el mijo coracón y proso, el germen es muy pequeño y por lo tanto la proporción entre endospermo y germen es respectivamente de 1:1 a 12:1, muy superior a la del sorgo.

Pericarpio

El pericarpio es el elemento estructural más externo de la cariopsis y se compone de tres subcapas, a saber, el epicarpio, el mesocarpio y el endocarpio. El epicarpio se subdivide en epidermis e hipodermis. En la cariopsis del sorgo, la epidermis se compone de células gruesas, alargadas y rectangulares que tienen un revestimiento cutánico en la superficie exterior. En la epidermis está presente a menudo un pigmento. La hipodermis se compone de células ligeramente más pequeñas que la epidermis y tiene de una a tres capas de células de espesor. El mesocarpio y la parte media es la capa más gruesa del pericarpio del sorgo pero su espesor varía mucho entre los distintos genotipos. La resistencia del sorgo al moho está asociada con un mesocarpio delgado. Los granos con mesocarpio grueso con un endospermo duro se prefieren para el descascarado en el machacado manual. El endocarpio, que es la subcapa más interna del pericarpio se compone de células transversales y de una capa de células tubulares que transportan la humedad al grano. En la molturación del sorgo en seco, el rompimiento se verifica en las capas de las células transversales y tubulares.

El pericarpio de la cariopsis del mijo perla se compone también de un epicarpio con una o dos capas celulares, un mesocarpio de espesor variable debido a los factores genéticos y un endocarpio compuesto de células transversales y tubulares. La capa mesocárpica del mijo perla no contiene gránulos amiláceos. Estos sólo se encuentran en el mesocarpio del sorgo. Durante el descortezado o molturación, el pericarpio del mijo perla rompe por las capas de células transversales y tubulares y pueden quedar unidos al endospermo fragmentos del endocarpio.

Revestimiento de la semilla o testa

Justo debajo del endocarpio está la capa de la testa o revestimiento de la semilla. En algunos genotipos de sorgo la testa está muy pigmentada. El color y el pigmento son una característica genética. El

espesor de la capa de testa no es uniforme. Es espesa cerca de la zona de la corona del grano y delgada cerca de la parte del embrión. En algunos genotipos, hay una testa parcial mientras que en otros no se ve a simple vista o no la hay. En el mijo perla, la capa de testa es delgada y a veces pigmentada. En otros mijos, la testa es siempre pigmentada y hay sólo una única capa gruesa. En el mijo coracón, la testa es muy espesa con seis capas de células y está también pigmentada.

Endospermo

El mayor componente del grano es el endospermo, que es un importante tejido de almacenaje. Se compone de una aleurona y de zonas periféricas de textura córnea y harinosa. En todos los sorgos y mijos, la aleurona es una única capa que está inmediatamente debajo del revestimiento de la semilla o teste. Las células de la aleurona son ricas en minerales, vitaminas B, aceite, y también contienen algunas enzimas hidrolizantes.

El endospermo periférico se caracteriza por sus células rectangulares largas, que son muy compactas y que contienen gránulos amiláceos y sustancias proteicas dentro de la matriz proteica. El almidón contenido en estas células no está, por lo tanto, fácilmente disponible para la digestión enzimática, a menos que la proteina que lleva asociada también se reduzca (Chandrashekar y Kirleis, 1988). La proteina matriz es en general una glutelina alcalina soluble y las sustancias proteicas son prolaminas solubles en alcohol, que constituyen la mayor proporción de la proteina total del grano.

En el endospermo del sorgo y de otros mijos se hallan presentes sustancias proteicas que son de forma esférica, y cuyas dimensiones varían según las especies e incluso dentro del endospermo de un mismo grano. En el sorgo, el número de sustancias proteicas baja a medida que aumenta su contenido amiláceo desde la zona periférica al núcleo central donde se halla localizado el endospermo harinoso. En el mijo perla, las sustancias proteicas tienen más contenido harinoso que en la zona córnea.

Adams et al. (1976) han señalado la presencia de varias enzimas, por ejemplo proteasa, glucosidasa-3, galactosidasa-3 y fosfatasa en las proteínas del sorgo. Las proteínas del sorgo, del mijo perla y del mijo coraco también contienen fósforo calcio, potasio y magnesio.

Los granulos amiláceos del endospermo corneo son de forma poliédrica y su tamaño es diferente según las distintas especies de mijo. En el endospermo corneo, los granulos amiláceos son esféricos y su tamaño es relativamente mayor que el de los granulos amiláceos de la zona cornea. El almidón de la zona harinosa se presta más a la digestión enzimática. En el mijo perla y en el mijo coraco, los almidones del endospermo harinoso son de forma esférica y grandes. El almidón del mijo perla se hidroliza más lentamente que el del sorgo con la amilasa pancreática del cerdo (Sullins y Rooney, 1976).

La respectiva proporción de endospermo corneo y harinoso determina la textura del grano de mijo. En el grano de textura blanda, el endospermo es relativamente más harinoso que corneo. En cambio, en el endospermo de textura dura, la proporción de endospermo corneo muy compacto es mayor que en el endospermo harinoso. El mijo de cola de zorra contiene poquísimo endospermo harinoso y es de textura cornea dura. Los granos de mijo coraco y proso, con un endospermo repartido por igual en zonas corneas y harinosas, son de textura intermedia. En el mijo perla y en el sorgo, la textura del grano muestra una amplia variación, que va de un endospermo muy blando todo harinoso a un endospermo vetreo o muy duro enteramente corneo.

La textura del grano es uno de los parámetros más importantes que determina la calidad de elaboración y alimentaria del sorgo y del mijo (Rooney et al., 1986). El sorgo de endospermo duro cuando se descortezada da menos granos quebrados y más llenos que el sorgo de endospermo más blando (Desikachar, 1982). En un proceso de molturación en seco, el rendimiento en harina es superior en los tipos corneos que en los harinosos blandos. En cambio, en la molturación en húmedo, el rendimiento amiláceo es superior en los genotipos de endospermo blando. En la preparación de gachas espesas, se

prefieren las variedades con mayor proporción de endospermo y germen. Estas variedades se prestan también al reventado del grano (Chandrashekar y Desikachar, 1986; Murty et al., 1982a,b). Para la preparación de pan, fermentado o sin fermentar se prefiere mucho la harina de sorgo de endospermo blando (Rooney et al., 1986).

Germen

Las dos partes principales del germen son el eje embrionario y el escutelo. El escutelo es un tejido de almacenamiento, rico en lípidos, proteína, enzimas y minerales. En el mijo perla, la proporción entre de germen y endospermo es mayor que en los granos de sorgo y de otros mijos. El aceite presente en el germen de sorgo es rico en ácidos grasos poliinsaturados y análogo al aceite de maíz (Rooney, 1978).

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

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

Capítulo 2: Producción y utilización

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

Los datos sobre producción y consumo de sorgo y mijos pueden considerarse como solo las mejores estimaciones de que se dispone pues los datos de producción procedentes de pequeñas explotaciones de subsistencia son de difícil obtención en cualquier país. Es también probable que la distribución y el consumo de granos varíe ampliamente a lo largo y ancho de las regiones tropicales semiáridas entre

temporadas, colectividades y familias. Son escasos o no se dispone por ahora de datos detallados y fiables sobre la variedad de productos que se confeccionan con sorgo y mijos y sobre la proporción de su empleo. Una razón de la falta de datos en este sector se debe a que, para compilar esa información, han de llevarse a cabo encuestas de tipo amplio. Antes de realizar esa clase de encuestas han de tenerse en cuenta varios factores como el costo, el tiempo, el personal, los medios de transporte y la accesibilidad de las aldeas de las zonas rurales. En varios países en desarrollo, las malas infraestructuras y demás limitaciones han contribuido a la falta de información sobre el consumo de sorgo y mijos.

[Continua](#)

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

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

Produccion de sorgo

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

Según las estimaciones de producción de 1990 hechas por la FAO, la producción total de sorgo en el mundo fue de 58 millones de toneladas, lo que representa un descenso respecto de los 60 millones de toneladas en el año 1989 y los 62 millones de toneladas en 1988 (FAO,1991). Se señala una reducción en el rendimiento que pasó de 1 340 kg/ha en 1989 a 1 312 kg/ha en 1990, mientras que la superficie sembrada se mantuvo en torno a los 44 millones de hectáreas en los dos años. En el Cuadro 3 se dan la superficie, el rendimiento y la producción de sorgo en varias regiones del mundo.

Los cinco productores mayores de sorgo del mundo son los Estados Unidos (25 por ciento), la India (2175 por ciento), México (casi el 11 por ciento), China (9 por ciento) y Nigeria (casi el 7 por ciento). Estos cinco países representan juntos el 73 por ciento de la producción mundial total (Cuadro 4).

CUADRO 3: Superficie, rendimiento y producción de sorgo por regiones, 1990

Región	Superficie		Rendimiento (kg/ha)	Producción	
	(10 ⁶ ha)	(% del total)		(10 ⁶ t)	(% del total)
América del Norte y Central	5 970	13,5	3 572	21325	36,7
Asia	18451	41,6	1 023	10067	32,4
Africa	17 799	40,1	718	12784	22,0
América del Sur	1 353	3,1	2614	3537	6,1
Oceania	407	0,9	2 298	934	1,6
Total mundial (1990)	44 352		1 312	58 190	
Total mundial (1989)	44 695	1	340	59991	

Fuente: FAO, 1991.

De la superficie mundial total dedicada al sorgo más del 80 por ciento se cultiva en los países en

desarrollo. En Africa, el sorgo se cultiva en un vasto cinturón que se extiende desde el Atlántico hasta Etiopía y Somalia, limitando con el desierto del Sahara en el norte y con la selva ecuatorial en el sur. Esta superficie se extiende a lo largo de las partes más áridas de Africa oriental y austral, donde las precipitaciones son demasiado bajas para un buen cultivo del maíz. El sorgo es el segundo cereal más importante después del maíz en el Africa al sur del Sahara.

América del Norte y América Central, debido al rendimiento superior por superficie unitaria, produjeron la cantidad mayor de sorgo y contribuyeron con un 37 por ciento de la producción total, seguidas por Asia y Africa. En América Central y del Sur, el sorgo se cultiva en las partes más áridas de México, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, las zonas bajas áridas del interior de la Argentina, las regiones áridas de la Colombia septentrional, Venezuela, el Brasil y el Uruguay. En América del Norte, el sorgo se cultiva en partes de las llanuras centrales y meridionales de los Estados Unidos, donde la pluviosidad es escasa y variable. Kansas, Texas, Nebraska y Arkansas son los principales estados productores, contribuyendo a un 80 por ciento de la producción total de los Estados Unidos.

CUADRO 4: Principales productores de sorgo, 1990

Países	Superficie		Producción	
	(10 ⁶ t)	(% del total)	(10 ⁶ t)	(% del total)
Estados Unidos	3 674	8,3	14 516	25,0
India	15300	34,5	12500	21,5
México	1 830	4,1	6 230	10,7
China	1900	4,3	5 310	9,1

Nigeria	6 000	13,5	4 000	6,9
Argentina	688	1,6	2 016	3,5
Sudán	2 925	6,6	1 502	2,6
Etiopía	870	2,0	1 000	1,7
Australia	406	0,9	933	1,6
Burkina Faso	1 250	2,8	917	1,6
Total	34 843	78,6	48 924	84,1
Total mundial	44 352	100	58190	100

Fuente: FAO,1991.

En Asia, el sorgo se cultiva extensamente en la India, China, el Yemen, el Pakistán y Tailandia. La producción en Europa se limita a unas pocas zonas de Francia, Italia, España y a países de Europa sudoriental. En Oceanía, Australia es el único productor de importancia, concentrándose la producción en Queensland y en el norte de Nueva Gales del Sur, donde se produce un 95 por ciento aproximadamente de la cosecha total.

La producción de sorgo en el mundo aumentó de 40 millones de toneladas a comienzos de los años sesenta hasta 66 millones de toneladas en 1979-81, para bajar luego a 58 millones de toneladas en 1990, aunque en comparación la superficie sembrada de sorgo bajó ligeramente de 45,6 millones de hectáreas a 44,4 millones de hectáreas durante el mismo período. La reducción en la producción que hubo de 1979-81 a 1990 se debió en gran parte a la baja en dos grandes países productores de sorgo, los Estados Unidos y China. Estos dos países contribuyeron con 6,2 millones de toneladas, es decir, con un 85 por ciento de la reducción en las cifras mundiales de producción. Son varias las razones que explican

esa tendencia descendente en la producción de sorgo. La mayoría de los sorgos que se cultivan son de secano. Algunas de las razones que han contribuido a la reducción de la producción son una distribución imprevisible e irregular de las lluvias, una baja en la feracidad de los suelos, el empleo de sistemas ineficaces de producción en los distintos países, tensiones bióticas y abióticas, y una baja de la demanda de sorgo. El crecimiento de la demanda (2,9 por ciento) para el periodo de 1980-2000 en 90 países en desarrollo superar ligeramente el crecimiento proyectado de la producción agrícola (2,8 por ciento) (FAO, 1981). No obstante, este desequilibrio será más pronunciado en Africa (3,4 por ciento de la demanda y 2,6 por ciento del crecimiento de la producción). En los países menos adelantados, los pronósticos son que el crecimiento de la producción se quedará rezagado un 25 por ciento por debajo del crecimiento de la demanda.

CUADRO 5: Aportación energética y proteínica a los regímenes alimentarios de los diez productores principales de sorgo, 1987-81.

Países	Aportación energética (kcal/persona/día)				Aportación proteínica (g/persona/día)			
	Total	Productos hortícolas	Porcentaje del total	Productos pecuarios	Total	Productos hortícolas	Porcentaje del total	Productos pecuarios
Estados- Unidos	3676	2430	66.1	1 246	109.6	36.4	33.2	73.2
India	2196	2 048	93.3	2 048	53.2	45.6	85.7	7.6
México	3048	2 497	81.9	551	77.9	46.9	60.2	31.0
China	2634	2 365	89.8	269	62.8	50.7	80.7	12.1
Nigeria	2306	2 248	97.5	58	49.5	43.6	88.1	5.9

Argentina	3110	2 145	69.0	965	100.3	36.5	36.4	63.8
Sudán	2028	1 677	82.7	351	57.8	37.6	65.1	20.2
Australia	3186	2 036	63.9	1 150	97.4	31.7	32.5	65.7
Burkina Faso	2286	2 186	95.6	100	69.8	62.6	89.7	7.2

Fuente: FAO. 1991.

CUADRO 6: Utilización del sorgo, promedio de 1981-85 y crecimiento desde 1961-65 a 1981-85

Región	Promedio de 1981-85 (millones de toneladas)				Crecimiento anual desde 1961-65 a 1981 - 85 (porcentaje)			
	Consumo humano	Pienso	Otros usos	Total	Consumo humano	Pienso	Otros usos	Total
Africa	8,0	0,4	2,3	10,7	1,5	3,5	-0,6	1,0
Asia	15,1	6,3	2,1	23,5	-	7,8	0,2	1,2
América Central	0,3	8,4	0,2	8,9	2,0	13,2	-	12,1
América del sur	-	4,6	0,3	4,9	-	8,5	5,7	8,3
América del Norte	-	12,6	0,1	12,7	-	0,5	-	0,5
Europa	-	1,4	-	1,4	-	-2,5	-	-2,5
ex URSS	-	2,3	0,3	2,6	-	17,0	-	17,0
Oceanía	-	0,4	-	0,4	-	3,5	-	3,5

Total mundial	23,4	36,4	5,3	65,1	0,5	3,8	0,4	2,1
Total de países en desarrollo	23,2	15,6	4,8	43,6	0,5	10,3	0,1	1,7
Total de países desarrollados	0,2	20,8	0,5	21,5	3,5	1,7	4,7	2,2

Fuente: FAO, 1988

En 1987-89, los productos vegetales suministran el grueso de la energía alimentaria (90 por ciento o más) y más del 80 por ciento del aporte diario total de proteínas en cuatro de los diez mayores productores de sorgo en el mundo, a saber, la India, China, Nigeria y Burkina Faso (Cuadro S). En México y el Sudán, los productos hortícolas aportan más del 80 por ciento de las calorías.

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

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

Utilizacion del sorgo

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

El consumo total de sorgo sigue muy de cerca las pautas mundiales de producción ya que la mayoría de este producto se consume en los países donde se cultiva. El sorgo se emplea con dos distintas

finalidades: alimentación humana y piensos. Mientras que en los primeros años sesenta una grandísima parte de la producción de sorgo se empleaba directamente como alimentación humana. desde entonces ha bajado constantemente su proporción. Es más, el consumo de sorgo como pienso se ha duplicado abundantemente pasando del 30 al 60 por ciento desde principios de los años sesenta, mientras que el volumen del empleo total de alimentos se mantuvo inalterado o bajó ligeramente (Cuadro 6). En América del Norte, América Central, América del Sur y Oceanía, la mayor parte del sorgo producido se emplea en piensos.

Empleo en consumo humano

El consumo mundial de sorgo para la alimentación humana se ha mantenido estancado durante los 35 últimos años en contraste con el consumo alimentario total de todos los cereales, que ha subido considerablemente a lo largo del mismo período. Este estancamiento se ha verificado pese a que bajo el aspecto nutricional el sorgo sale bien parado en comparación con otros cereales, sobre todo al ser considerado en muchos países como un grano de categoría interior. El consumo de sorgo per capita es elevado en países o en algunas regiones de esos países donde el clima no permite la producción económica de otros cereales y donde los ingresos per capita son relativamente bajos. Entran aquí sobre todo los países que limitan con las franjas meridionales del Sahara, en particular Etiopía y Somalia, donde el consumo medio nacional per capita de sorgo puede llegar hasta los 100 kg anuales. Otros países con un consumo notable per capita son Botswana, Lesotho, el Yemen y algunas provincias de China o estados de la India. En la mayoría de otros países, el consumo de sorgo para alimentación humana es relativamente pequeño o insignificante en comparación con el de otros cereales.

Más del 15 por ciento del uso alimentario total del sorgo se da en países de África y de Asia (Cuadro 6). En África, el consumo humano representa casi tres cuartas partes de la utilización total y supone una gran porción de la ingestación total de muchos países. Por ejemplo, el consumo racional medio de

Burkina Faso denota que un 45 por ciento de la ingesta total anual de calorías aportada por los cereales procede del sorgo, si bien su aporte ha bajado del 55 por ciento que tenía a principios de los años sesenta. En el continente asiático, China y la India contribuyen a un 90 por ciento del consumo total de las regiones en alimentación.

Los datos de que se dispone sobre Africa indican que entre principios de los sesenta y mediados de los ochenta el consumo medio per capita bajó de 20 a 15 kg por año, a pesar del aumento total del uso alimentario (FAO 1988). Estas reducciones se concentraron especialmente en Kenya, Mozambique, Nigeria y Somalia, pero también las hubo en Botswana, Etiopía, Lesotho y Zimbabwe. En Asia ha bajado el empleo de sorgo para alimentación humana tanto total como per capita. El descenso en el consumo per capita que se ha registrado en muchos países se ha debido a cambios en los hábitos de los consumidores producidos por varios factores. El rápido ritmo de urbanización, el largo tiempo necesario y la energía que se requiere para preparar alimentos a base de sorgo, la insuficiente estructura doméstica, lo deficiente de los servicios comerciales y las técnicas de elaboración, la inestabilidad de los suministros y la falta de productos del sorgo fácilmente disponibles, en particular la harina, frente a otros alimentos, han acelerado los cambios en los hábitos de consumo de las zonas urbanas. En cambio, el consumo per capita de sorgo para alimentación humana en las zonas productoras rurales se ha mantenido muy por encima del registrado en los centros urbanos. Además, las políticas nacionales en varios países han tenido una influencia negativa en la utilización del sorgo como alimento. Por ejemplo, las grandes importaciones de trigo y arroz barato y las políticas de subvención de la producción de arroz y trigo en algunos países han tenido grandes repercusiones negativas en la producción de sorgo.

Empleo como pienso

El empleo de cereales para pienso ha sido un elemento dinámico en el tomento del consumo global de sorgo. Su demanda ha constituido la principal fuerza motriz para elevar la producción mundial y el

comercio internacional a partir de principios de los sesenta. La demanda se halla fuertemente concentrada en los países desarrollados, donde supone un 97 por ciento del empleo total y en algunos países en desarrollo de ingresos superiores, especialmente en América Latina, donde el 80 por ciento de todo el sorgo producido se emplea como pienso. Los Estados Unidos, México y el Japón son los principales países consumidores, seguidos por la Argentina, los territorios que fueron de la Unión Soviética y Venezuela. Estos países absorben conjuntamente más del 80 por ciento de la utilización mundial de sorgo en forma de pienso.

Producción de mijo

Son varias las clases de mijo que se cultivan en el mundo, pero bajo el epígrafe general de mijo se dan los datos de la FAO sobre superficie, rendimiento y producción de todos los mijos. El mijo perla, el mijo coracón, y el mijo proso representan gran parte del mijo cultivado en todo el mundo. La producción de este cereal aumentó pasando de 26 millones de toneladas en 1979-81 a 31 millones de toneladas en 1988 y fue análoga en los años de 1989 y 1990. Asia, seguida por África y los territorios que fueron de la Unión Soviética, cultivan casi todo el mijo del mundo, como se ve por el Cuadro 7. Los principales productores de mijo en 1990 fueron la India (39 por ciento), China (15 por ciento), Nigeria (13 por ciento) y los territorios que fueron de la Unión Soviética (12 por ciento) (Cuadro 8).

En el caso de la producción de mijo, la superficie dedicada a su producción se redujo ligeramente pasando de 38,1 millones de hectáreas en 1979-81 a 37,6 millones de hectáreas en 1990. Sin embargo, las cifras de producción aumentaron un 17 por ciento, de 25,6 millones de toneladas en 1979-89 a 29,8 millones de toneladas en 1990. Este aumento se debió en gran parte a los incrementos de producción en Nigeria (65 por ciento), la India (25 por ciento) y los territorios que fueron de la Unión Soviética (207 por ciento). Sin embargo, hubo un descenso en la producción de China, que se cifró en el 24 por ciento

durante el mismo período.

En 1987-89, en los diez principales países productores de mijo, los productos hortícolas suministraron un 90 por ciento o más de la energía alimentaria salvo en los territorios que fueron de la Unión Soviética (Cuadro 9). En la India, China, Nigeria, el Níger, Malí, Uganda, Burkina Faso y Nepal, la proteína aportada por los productos hortícolas fue superior al 80 por ciento. Así pues, en muchos países productores de sorgo y mijo, los productos hortícolas, especialmente los cereales aportan el grueso de energía y proteínas.

CUADRO 7: Superficie, rendimiento y producción de mijo por regiones, 1990

Región	Superficie		Rendimiento (kg/ha)	Producción	
	(10 ⁶ t)	(% del total)		(10 ⁶ t)	(% del total)
Asia	20 853	55,5	804	16 767	56,2
Africa	13548	36,1	669	9066	30,4
ex URSS	2 903	7,7	1256	3 647	12,2
América del Norte y central	150	0,4	1 200	180	0,6
América del Sur	55	0,2	1 655	91	0,3
	34	0,1	882	30	0,1
Total mundial	37565	100	794	29817	100

CUADRO 8: Principales productores de milo, 1990

País	Superficie		Producción	
	(10 ⁴ ha)	(% del total)	(10 ⁴ t)	(% del total)
India	17 000	45,3	11 500	38,6
China	2 601	6,9	4 401	14,8
Nigeria	4 000	10,7	4 000	13,4
ex URSS	2 903	7,7	3 647	12,2
Niger	3 100	8,3	1 133	3,8
Mali	900	2,4	695	2,3
Uganda	400	1,1	620	2,1
Burkina	1 150	3,1	597	2,0
Senegal	865	2,3	514	1,7
Nepal	200	0,5	240	0,8
Total	33 119	88,2	27 347	91,7
Total mundial (1990)	37 565		29 817	
Total mundial (1989)	37 409		29 962	

Fuente: FAO,1991.

CUADRO 9: Aportación energética y proteínica a los regímenes alimentarios de los diez productores principales de mijo, 1987-89

Países	Aportación energética (kcal/personal/día)				Aportación proteínica (g/persona/día)			
	Total	Productos hortícolas	Productos del total	Porcentaje pecuarios	Total	Productos hortícolas	Porcentaje del total	Productos pecuarios
India	2196	2 048	93,3	148	53,2	45,6	85,7	7,6
China	2634	2 365	89,8	269	62,8	50,7	80,7	12,1
Nigeria	2306	2 248	97,5	58	49,5	43,6	88,1	5,9
ex URSS	3380	2 444	72,3	936	106,2	50,1	47,2	56,1
Níger	2297	2 152	93,7	145	64,0	53,2	83,1	10,8
Mali	2234	2090	93,6	144	62,5	50,1	80,2	12,4
Uganda	2136	2010	94,1	126	48,1	38,7	80,5	9,4
Burkina Faso	2286	2 186	95,6	100	69,8	62,6	89,7	7,2
Senegal	2374	2 160	91,0	214	68,2	49,9	73,0	18,3
Nepal	2074	1 937	93,4	137	52,5	44,8	85,3	7,7

Fuente: FAO. 1991.

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

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

Utilizacion del mijo

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

De los 30 millones de toneladas de mijo producidas en el mundo, un 90 por ciento se utiliza en los países en desarrollo y solo un exiguo volumen se emplea en los países desarrollados fuera de los territorios que fueron de la Unión Soviética. No se dispone de datos estadísticos exactos para la mayoría de los países aunque se estima que se consumen en total 20 millones de toneladas en alimentación humana, dividiéndose el resto por igual entre piensos y otros usos como semillas, preparación de bebidas alcohólicas y desechos. Se estima que a seis países (China, Etiopía, la India, el Níger, Nigeria y los territorios que fueron de la Unión Soviética) corresponde un 80 por ciento aproximadamente de la utilización mundial de mijo (Cuadro 10).

Empleo en consumo humano

El análisis por países demuestra que el consumo humano per capita de mijo varía considerablemente entre países aunque es máximo en Africa. En el Sahel, se estima que el mijo representa un tercio del consumo total humano de cereales en Burkina Faso, el Chad y Gambia; aproximadamente un 40 por ciento en Malí y el Senegal y más de dos tercios en el Níger. Otros países africanos donde el mijo es un importante artículo alimenticio son Etiopía, Nigeria y Uganda. Para muchos otros países, especialmente en el Africa oriental y central pero también en las zonas septentrionales de los países del

litoral de Africa occidental, el mijo es un importante artículo alimenticio para la población que vive en las partes más áridas de esos países. En los países en desarrollo fuera de Africa, el mijo como alimento tiene importancia local en algunas partes de países como China, la India, Myanmar y la República Popular Democrática de Corea. Aunque en los mayores países consumidores, es decir, China y la India, los niveles nacionales per capita son más bien pequeños, la utilización del mijo para consumo humano reviste importancia en algunas zonas de esos países.

CUADRO 10: Utilización estimada de mijo, promedio desde 1981-82 a 1985-86

Region o país	Consumo humano (10 ⁶ t)	Pienso (10 ⁶ t)	Otros usos (10 ⁶ t)	Total (10 ⁶ t)	Utilización alimentaria (kg/persona/año)
Africa	7094	122	1 921	9137	13,5
Burkina Faso	381	-	60	441	50,8
Etiopía	1020	-	196	1216	24,9
Malí	516	1	88	605	67,7
Níger	977	21	215	1 213	168,9
Nigeria	2 365	86	700	3151	26,5
Senegal	397	2	80	479	64,4
Uganda	259	47	150	456	17,8
Asia	14 441	1665	1305	17 411	5,3
China	4 857	1 120	480	6 457	4,7

India	8794	150	710	9664	11,9
América Central	-	-	-	-	-
América del sur	-	91	5	96	
América del Norte	-	104	6	110	
Europa	-	104	6	110	
ex URSS	800	1 107	400	2 307	2,9
Oceanía	-	13	2	15	
Totalmundial	22335	3144	3642	29121	4,8
Total de países en desarrollo	21535	1878	3231	26644	6,1

1 Semillas para alimentación fines industriales y desechos.

2 Con inclusión del fonio y del teff.

Fuente: FAO, 1990b.

El consumo mundial de mijo como alimento humano solo ha crecido ligeramente durante estos últimos años en contraste con el gran aumento que se ha registrado en el consumo de otros cereales. En todos los países ha habido tendencia a la baja del consumo de mijo per capita cuando los ingresos por persona superan ciertos niveles debido al menor prestigio que supone su consumo. Los otros motivos de que se haya estancado el consumo son los mismos que se expusieron para el sorgo.

Empleo como pienso

La utilización de mijo como pienso es insignificante en términos tanto absolutos como relativos frente a otros usos y en comparación con otros cereales. Se ha estimado que solo un 10 por ciento de la utilización mundial del mijo se destina a los animales.

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

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

Tendencias regionales en la producción y utilización del sorgo y los mijos

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

Africa occidental

Las zonas tropicales semiáridas de Africa occidental se definen como aquellas en que las precipitaciones superan la evapotranspiración potencial de dos a siete meses cada año. Estas zonas comprenden todo el Senegal, Gambia, Burkina Faso, Cabo Verde, las principales partes del sur de Mauritania, Malí, el Níger y las partes septentrionales de Côte d'Ivoire, Ghana, el Togo, Benin y Nigeria. Los cereales ocupan casi el 70 por ciento de la superficie total cultivada de esta región y emplean de un 50 a un 80 por ciento de los recursos totales a nivel de explotación (Matlon, 1990). Los mijos y el sorgo representan el 80 por ciento de la producción cerealera.

Durante los últimos 25 años, la producción de mijos y sorgo ha sido floja y la cantidad total producida ha girado en torno a un 1 por ciento menos que el crecimiento demográfico anual. El rendimiento medio

por superficie unitaria de mijo y sorgo ha bajado durante ese período, y de la expansión de la superficie del cultivo es de donde han derivado fundamentalmente los pequeños aumentos de producción habidos. Son muchos los factores que han contribuido a la reducción de la productividad, en particular la presión demográfica y la degradación del medio ambiente.

Desde el punto de vista del potencial productivo, las zonas tropicales semiáridas de África occidental pueden clasificarse en cuatro zonas agroclimáticas: saheliana (precipitación anual < 350 mm), sahelo-sudanesa (350-600 mm), sudanesa (600-800 mm) y sudano-guineana (800-1 100 mm). Según Matlon (1990), sólo en la zona agroclimática sudano-guineana del África occidental existen posibilidades de grandes aumentos en los suministros, y en menor grado también esto puede afirmarse de la zona sudanesa. En estas dos zonas habrá de darse la máxima prioridad a técnicas de estabilización de los rendimientos y conservación de las tierras.

Reardon y Matlon (1989) han referido las pautas de consumo alimentario de la población de dos aldeas, una representativa de la sabana saheliana y la otra de la sahelo-sudanesa. La dependencia comercial era considerablemente menor entre los hogares de la aldea sahelo-sudanesa y estaba más igualmente distribuida a través de los estratos de ingresos, frente a las pautas que se observaban en la aldea saheliana. La vulnerabilidad de la población pobre era especialmente crítica en la temporada de las lluvias, en que su dependencia del mercado era mayor. Los productos alimenticios que contribuyen al 60-70 por ciento de todas las calorías consumidas por los hogares pobres y de ingresos medios durante la temporada de las lluvias eran en realidad productos comprados. En la aldea saheliana, el sorgo blanco representaba sólo un 4 por ciento de la superficie cultivada aunque aportaba casi el 25 por ciento de las calorías consumidas por los hogares pobres fuera de la temporada de la recolección. El sorgo rojo y el maíz constituían sólo un 10 por ciento de la superficie cultivada pero aportaban hasta el 60 por ciento de las calorías de la dieta de los pobres durante las temporadas que no eran de cosecha.

En el Cuadro 11 aparecen los gastos hechos en varios cereales (como cuotas de un gasto total) por los hogares de Burkina Faso, Gambia, Malí, el Níger y el Senegal (Reardon, 1993). Las cifras se calcularon partiendo de datos obtenidos en años de cosechas buenas y malas. Muestran además la importancia del arroz en las dietas urbanas del Sahel, tal vez por el costo relativamente bajo del arroz importado a causa de la reducción de la producción de cereales secundarios y la sensación de que los consumidores gustan de emular al grupo de ingresos altos o los hábitos alimentarios occidentales; también el tiempo de elaboración y cocción relativamente más fáciles para el arroz y la disponibilidad de alimentos rápidos hechos con arroz que se pueden comprar en los vendedores callejeros son otros motivos que influyen en el consumo de este cereal. Cuando se compara el porcentaje combinado de mijo y sorgo con el maíz en la alimentación de los centros urbanos sahelianos, generalmente la proporción de mijos y sorgo supera a la de maíz. En la dieta rural del Sahel predominan los cereales secundarios, salvo en algunos casos aislados. Sin embargo, los alimentos comprados constituyen una parte sustancial de las dietas rurales.

Se necesita urgentemente desarrollar métodos adecuados de elaboración y molturación por lo que se refiere al sorgo y al mijo. La formulación de productos innovadores prontos para el consumo a base de sorgo y mijo que puedan venderse en la calle y puedan comprar otros consumidores del mercado abre nuevas posibilidades de utilización y podrá reducir la dependencia de la importación de arroz.

Africa oriental y austral

En los países de la Comunidad para el Desarrollo del África Meridional (SADC), que comprenden Angola, Botswana, Lesotho, Malawi, Mozambique, Namibia, Swazilandia, la República Unida de Tanzania, Zambia y Zimbabwe, el sorgo y el mijo representan el 23 por ciento de la producción cerealera de esa región. Sin embargo, sólo son cultivos cerealeros predominantes en Botswana (86 por ciento de la producción nacional de cereales) y Namibia (50 por ciento). El sorgo y el mijo son importantes en estas regiones, que reciben menos de 650 mm de lluvias anuales. La productividad del sorgo y el maíz es baja,

y en la mayoría de los países de la SADC no existe estrategia alguna para el desarrollo de los subsectores del sorgo y el mijo.

CUADRO 11: Resultados de una encuesta de consumo de cereales en el Sahel¹

Muestra poblacional	Arroz	Mijo	Sorgo	Maíz	Trigo	Otros	Total
BURKINA FASO							
Ouagadougou (1984/85)							
Global	41	16	12	15	17	-	100
Tercil más pobre	45	17	15	15	9	-	100
Tercil más rico	35	13	8	12	32	-	100
Ouagadougou (1982/83)							
Global	52	6	31	4	7	-	100
Tercil más pobre	55	8	33	1	3	-	100
Tercil más rico	52	3	20	5	20	-	100
Rural (1984/85)							
Zona saheliana	1	47	29	21	1	-	100
Zona sudanesa	0	11	72	16	1	-	100
Zona guineana	6	22	57	14	1	-	100

GAMBIA Rural (1985/86)							
Global	75	23 ⁴		3	-	-	100
MALI Bamako (1985/86)							
Global	57	19	<0,5	1	17	6	100
Cuartil más pobre	55	20	1	<0,5	16	8	100
Cuartil más rico	54	21	1	0	19	5	100
Otras ciudades (1985/86)							
Global	54	21	1	0	19	5	100
Rural							
Bougouni	8	83 ⁴		6	-	3	100
Kayes	4	21 ⁴		74	-	1	100
NIGER Niamey (1988/89)							
Global	55	36	2	16	<0,5	-	100
Rural (1988/89)							
Tillabery	17	70	15	<0,5	<0,5	-	100
Diffa	1	53	16	24	5	-	100

SENEGAL Dakar (1983)							
Global	66	31	-	3	-	-	100
Otros centros urbanos							
Dioubel	37	48 ⁴		<0 5	13	-	100
Rural							
Casamance media	87	84		5	<0 5	-	100
Kaolack rural	11	78 ⁴		8	3	-	100
Zona saheliana	48	26	0	4	<0 5	-	100
Zona sudanesa	15	74	<0 5	<0 5	<0 5	-	100

1 Este cuadro muestra los porcentaje en gastos o presupuesto que son porcentajes del gasto total monetario en productos (la suma del valor imputado del consumo propio, m^os y transferencias y compras)

2 No se ^oalada

3 Cifras se ^olo en porcentaje del presupuesto cerealero CI) t^oerminos materiales.

4 El mijo y el sorgo figuran juntos.

Fuente: Reardon 1993.

En la mayor ^oa de los pa^oses de la SADC, los mercados sectoriales propiamente dichos (los

reglamentados por el gobierno) manipulan solo una proporción pequeña de la producción total de sorgo y mijo (Cuadro 12). Esta representa menos del 10 por ciento de la producción total en Lesotho, Swazilandia, la República Unida de Tanzania, Zambia y Zimbabwe. La inmensa mayoría del sorgo y mijo producido en la región lo consumen los hogares que lo producen o se vende en mercados impropios, sobre todo para la producción tradicional de cerveza. El precio del maíz es más barato que el del sorgo en muchos mercados no oficiales de toda la región de la SADC y pudiera haber grandes posibilidades de expansión de la producción de sorgo y mijo ante las diferencias respectivas de precios.

CUADRO 12: Producción de cereales secundarios vendida a través de los canales comerciales propiamente dichos en los países de la SADC (porcentaje)

Países	Sorgo	Mijo perfil	Mijo corazón	Maíz
Zimbabwe (1989/90)	8	9	3	62
Tanzania (1986/87)	1	-	-	7
Zambia (1987/88)	1	1	1	69
Botswana (1985)	25	-	-	62
Lesotho (1989)	1	-	-	-
Swazilandia (1990)	1	-	-	-

1 Sorgo y mijo combinado.

Fuente: Rohrbach. 1991.

Uno de los motivos que se han apuntado para no incrementar la producción de sorgo y mijo es que la

productividad de ambos se mantiene baja. Los rendimientos medios de estos cereales son inferiores a los del maíz, incluso en las regiones semiáridas de la SADC. Aunque el costo total de producción de maíz es muchas veces superior, la productividad de los granos pequeños calculada en rendimiento de la mano de obra suele ser baja. Bajo ciertas condiciones el mijo coraco parece ser que ofrece rendimientos superiores a los del maíz (Cuadro 13). Sin embargo, este mijo exige más trabajo que el maíz, lo que limita su producción (Rohrbach, 1991).

Por consiguiente para que el mijo y el sorgo puedan ser competitivos es necesario mejorar su productividad, asegurando la calidad del grano. La superficie plantada de sorgo y mijo perla no aumentará considerablemente a menos que se mejore mucho la productividad de estos dos cereales. Por consiguiente, es de urgente necesidad mejorar las técnicas de producción de los mismos y divulgar estos conocimientos entre los agricultores. Es la única forma de que estos cereales puedan competir con el maíz en la situación local. La identificación de unas cuantas zonas bien investigadas para utilizar el sorgo como empleo alternativo abrirá nuevas posibilidades de aumentar su utilización y actuará por lo tanto de factor catalizador en la mejora de la producción y la productividad.

CUADRO 13: Rendimientos de la hora de trabajo en Zimbabwe durante la temporada de cultivo de 1988/89

Sector/cultivo	Mano de obra total (h)	Rendimiento medio (t/ha)	Precio medio (Z\$/kg)	Margen bruto (Z\$/ha)	Rendimiento/hora de trabajo (Z\$/ha)
Sector de los pequeños					

agricultores					
Maíz	411	1,76	0,23	233,36	0,59
Mijo perla	521	0,38	0,34	30,95	0,06
Mijo coracón	545	0,45	0,61	173,81	0,38
Sorgo	308	0,32	0,42	54,43	0,16
Nyajena					
Maíz	360	0,44	0,30	46,71	0,13
Mijo perla	551	0,27	0,45	35,31	0,07
Mijo coracón	567	0,38	0,68	175,37	0,40
Sorgo	398	0,24	0,36	32,44	0,08

1 Pluviosidad favorable en las zonas de pluviosidad media media, escasa pluviosidad en Nyajena.
Fuente: Rohrbach, 1991.

La India

La India es el segundo productor mayor de sorgo del mundo. En la actualidad, la mayor parte del sorgo producido en la India se consume como alimento humano en forma de roti o chapatti (pan plano sin levadura). Walker (1990) analizó las perspectivas de suministro y demanda del sorgo en la India. Encontró que, en las tres últimas décadas, el consumo medio de sorgo por persona había bajado notablemente tanto en los hogares rurales como urbanos. El consumo medio rural en toda la India descendió de 1,74 a 1 kg/persona/mes. Todo el consumo urbano de la India cayó de 0,74 a 0,46 kg/persona/mes. Y las proyecciones son que seguirá bajando alrededor de un 0,5 por ciento anual. Parte

de la tendencia descendente en el consumo de sorgo se debe a la baja del consumo per capita de todos los cereales.

En un estudio de las relaciones entre el consumo y el gasto resultaba una disminución proporcional del consumo de sorgo, acompañada de un aumento de los gastos. El incremento de los gastos va acompañado de un aumento del consumo de trigo y arroz pues sus productos son fáciles de preparar y tienen mejores posibilidades de conservación. También existe tendencia a consumir una gran variedad de alimentos al aumentar los ingresos y el desarrollo urbano. El precio del sorgo en comparación con el del trigo y el arroz no ha aumentado en las principales regiones consumidoras de sorgo. Por lo tanto es probable que para explicar la caída en el consumo de sorgo por persona influyan más otros factores que no tienen que ver directamente con el precio. Las perspectivas de cambios tecnológicos tal vez variara el escenario para mejorar la producción y utilización del sorgo.

China

China es el cuarto productor más grande de sorgo del mundo, y en Asia sólo le precede la India en cuanto a superficie y producción de sorgo. El grano de sorgo se emplea para consumo humano, para pienso y para fabricar bebidas alcohólicas. Un 30 por ciento del sorgo producido es consumido por las personas, y el 60 por ciento se dedica a pienso y a la producción de bebidas alcohólicas (Kelley et al., 1992). Sin embargo, la importancia del sorgo como alimento humano ha ido descendiendo con el tiempo. También la superficie plantada de sorgo ha bajado de unos 2,8 millones de hectáreas en 1979-81 a 1,9 millones de hectáreas en 1990. En correspondencia, la producción ha descendido de 7 millones de toneladas en 1979-81 a 5,3 millones de toneladas en 1990. En estos últimos años se está dedicando más atención al forraje de sorgo y a desarrollar cultivares idóneos con este fin.

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

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

Capitulo 3: Elaboración y almacenamiento

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

Cuando se almacena sorgo o mijo en los países en desarrollo, suele serlo en cantidades pequeñas y en recipientes tradicionales, a menudo en la propia explotación. Raras veces se acumulan grandes cantidades y es poco común el almacenamiento a granel.

Hay tres elementos importantes en el grano de cereal: el germen, que es la parte viva que se desarrolla hasta formar una nueva planta, el endospermo, que contiene el almidón que da la energía necesaria para iniciar el crecimiento, y el pericarpio, que encierra el germen y el endospermo. La elaboración supone la separación parcial de estos elementos o su modificación, o ambas cosas. Todavía se suelen emplear varios métodos tradicionales de elaboración, especialmente en aquellas partes de los trópicos semiáridos donde se cultivan el sorgo y el mijo fundamentalmente para su consumo por el hombre. La mayoría de las técnicas tradicionales de elaboración son laboriosas, monótonas y se realizan manualmente. Casi se dejan por entero a la mujer. En cierto grado, los métodos que se emplean se han desarrollado para conseguir que los alimentos tradicionales se adecuen a los gustos locales y son los idóneos para preparar los alimentos locales tradicionales donde esos alimentos son familiares. Las técnicas tradicionales que se usan comúnmente comprenden el descortezamiento (de ordinario mediante el machacado, al que sigue el aventado y a veces el cernido), el malteado, la fermentación, el tostado, el exfoliado y la molienda. Son métodos casi siempre de empleo intensivo de trabajo y que dan

un producto de mala calidad. El sorgo y el mijo se utilizan probablemente más si se mejorase su elaboración y se obtuviese una harina de una calidad lo suficientemente buena para cubrir la demanda (Eastman, 1980).

En general, los métodos industriales para la elaboración del sorgo y el mijo no están tan bien desarrollados como lo están los que se emplean para elaborar el trigo y el arroz, cereales que en la mayoría de los lugares se tienen en mucha mayor consideración que el sorgo y el mijo. Las posibilidades de elaboración industrial del sorgo y el mijo son buenas y en varios países se ha intentado desarrollar técnicas industriales mejoradas. La molturación de encargo o a gusto del cliente, práctica que se ha implantado recientemente, ha tenido un gran impacto en varios países africanos. Solo en Nigeria, donde un 80 por ciento del sorgo y el mijo se muelen ahora por encargo para su transformación en harina integral, ya se han elaborado de esa forma más de 2,5 millones de toneladas de sorgo (Ngoddy, 1989).

Hasta cierto punto para el almacenamiento del sorgo, pero sobre todo para su elaboración, mucho depende de qué tipo de sorgo es: pardo, blanco o amarillo. La apariencia exterior nada dice sobre el tipo al que pertenece una variedad. Todos los tres tipos, tanto el pardo, el blanco y el amarillo, pueden tener una apariencia exterior blanca, amarilla, parda, roja o violeta, aunque los sorgos pardos tienen por lo general unos revestimientos de semilla más oscuros que los amarillos y los blancos (a continuación en este Capítulo se emplea para los tipos tanto blanco como amarillo el término más ampliamente admitido de «blanco»). La diferencia importante es que haya testa. La testa suele ser de color rojo ladrillo, e incluso una pequeña cantidad de la testa roja que queda en la harina le dará un marcado color rosa, que mucha gente considera desagradable. Si la variedad contiene tanino, en la testa será donde más habrá. El tanino es desagradable por dos motivos: compite por la proteína disponible y tiene un sabor amargo. Aunque ese sabor también es una gran ventaja. Probablemente ese amargor del tanino es el que hace que las aves granívoras no gusten de sorgos de elevado contenido de tanino y es motivo de que esos sorgos sean considerados por los agricultores como resistentes a las aves por lo que se

cultivan en muchos lugares donde el daño del sorgo blanco por aves es grave.

La presencia de una testa se regula por dos genes predominantes, el B, y el B (Hulse et al., 1980). El sorgo silvestre contendrá normalmente algunos de estos genes predominantes, por lo que la polinización libre de híbridos blancos tenderá a degenerarlos en variedades pardas. La siembra reiterada de semillas recolectadas va acompañada a menudo de un aumento de los niveles de contaminación de las semillas con testa. Las semillas con testa son mucho más duras de moler que las que carecen de ella.

Los sorgos pardos suelen ser más blandos que los blancos y están más expuestos al daño por insectos en los almacenes que el sorgo blanco. Sin embargo, son menos susceptibles al ataque por hongos.

En la elaboración es donde los sorgos pardos ofrecen más dificultades porque:

- cuando el pericarpio se va eliminando poco a poco desde fuera, la testa es casi la última capa a eliminar;
- cuando se ha mojado recientemente un sorgo pardo, el pericarpio suele separarse justamente por encima de la testa. Si luego el pericarpio se raspa, la testa húmeda sigue unida firmemente al endospermo;
- los sorgos pardos suelen ser muy blandos y el endospermo suele quebrarse si la semilla se somete a un impacto mecánico.

En un sorgo pardo la forma mejor de separar la testa del endospermo es cortarlo desde dentro del pericarpio, como sucede en la moler con rodillos. Pero esto no es posible empleando métodos tradicionales. Son esos los motivos de que los sorgos pardos se suelen utilizar únicamente en la producción de cerveza, donde un cierto amargor y color no solo son aceptables sino muchas veces se prefieren.

Almacenamiento

El objetivo del almacenamiento es preservar en todo lo posible el valor del grano para el empleo que se le piensa dar en el futuro. Lo cual significa retener una proporción de semillas viables lo más alta posible para sembrarlas en la siguiente temporada, o para mantener todo el valor alimenticio posible del grano durante el mayor tiempo posible. Varios factores llevan a la pérdida de viabilidad y de nutrientes, pero globalmente las causas principales de pérdidas son las depredaciones por plagas (insectos, aves y roedores) y los daños causados por el moho. La germinación del grano (brote) produce también pérdidas, pero su volumen suele ser pequeño en comparación con las pérdidas producidas por plagas y mohos. El grano lo almacenan los consumidores, tanto los dueños de casas como los industriales, para su consumo futuro. También lo almacenan los comerciantes para su reventa, normalmente en el mercado interno, pero a veces también para exportarlo más tarde.

La humedad del grano y la temperatura del almacenamiento son los elementos físicos más importantes causantes de pérdidas (FAO, I 970b). La máxima actividad que provoca pérdidas se da más rápidamente al aumentar la temperatura. Al variar incluso en menor medida la temperatura, la humedad se irradia y acumula en otras zonas, bien cerca de la tapa del recipiente o en lugares que son más fríos que el resto. Esto es lo que permite muchas veces que la actividad microbiológica aparezca en granos comparativamente secos. La actividad microbiológica suele producir calor y en los almacenes no ventilados los lugares que se han vuelto húmedos pueden calentarse hasta tal punto que cabe la posibilidad de carbonización. En ese caso, el grano se pierde. Incluso puede arder cuando se expone al aire.

Lo mejor es llenar los depósitos de los almacenes a primeras horas del día cuando el aire es fresco y la humedad se halla a menudo al mínimo. El grano habrá que apilarlo lo más junto que se pueda para

que los insectos tengan el menor espacio posible donde moverse y reproducirse. A veces se mezcla arena con el grano para reducir aún más el espacio que queda libre. Estudios realizados en el Senegal han demostrado que cuando el sorgo y el mijo bien seco y trillado se mezclan con un 30 por ciento de arena, se reducen las pérdidas por almacenamiento.

Pushpamma et al. (1985) llegaron a la conclusión de que en la India las pérdidas de almacenamiento a lo largo de siete meses son superiores en el sorgo que en el mijo perla, y en éste fueron a su vez mayores que en el coracón (Cuadro 14). También encontraron que aumentaba el contenido de humedad de todos los granos almacenados y se reducían los niveles de niacina y proteína (Cuadro 15). Rao y Vimala (1993) han demostrado que el tratamiento previo del grano de sorgo con fosfato tricálcico al 2 por ciento reducía su rancificación durante el almacenamiento.

Bass y Stanwood (1978) han estudiado la influencia de la temperatura de la humedad de la semilla (humedad relativa) y de la atmósfera circundante en la germinación del sorgo. Se depositaron semillas de sorgo en recipientes de metal sellados en seis situaciones atmosféricas diferentes a tres niveles distintos de humedad y a cinco temperaturas diferentes, todo ello a lo largo de un período de 16 meses. Las condiciones atmosféricas dentro de los distintos recipientes fueron atmósferas de aire, nitrógeno, dióxido de carbono, helio y argón y ausencia de gas (vacío). La temperatura fue el único parámetro que influye en la tasa de germinación que resultó mínima a -12°C.

CUADRO 14: Daño y pérdida de peso del sorgo y de los mijos almacenados en el hogar, India

Período de almacenamiento	Grano dañado (porcentaje)	Pérdida de peso (porcentaje)	Aumento ácido gálico, (mg/100g)

	Por peso	Por número		
Sorgo				
1 mes	3	3	0,2	0.0
5 meses	5	6	1,5	4,3
9 meses	9	11	2,4	5,4
Milo perla				
1 mes	0	0	0,1	0 0
5 meses	2	2	0,2	3,3
9 meses	2	4	1,0	3.6
Milo coracón				
1 mes	0	1	0.0	0,0
5 meses	0	1	0 0	1,4
9 meses	0	1	0,1	1,6

Fuente: Pushpamma et al., 1985

En los métodos que se emplean para almacenar cereales influyen el valor de la cosecha, la cantidad almacenada y las condiciones ambientales. El sorgo y los mijos, frente a otros cereales, no se comercian generalmente a nivel internacional y en los países en desarrollo donde se cultivan como alimento humano, suele darse un equilibrio entre la producción y la demanda locales. Los agricultores y los cabezas de familia rurales de los países en desarrollo almacenan la mayor parte de lo que cultivan en pequeños

depósitos. No hay gran necesidad de almacenamiento a granel de estos cultivos.

CUADRO 15: Composición química del sorgo y de los mijos almacenados durante diversos periodos (sin humedad)

Periodo de almacenamiento	Número de muestras	Humedad (%)	Proteína (g)	N no proteínico (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)
Sorgo							
1 mes	26	10,4	8,5	326	0,32	0,18	2,3
5 meses	26	10,4	8,2	240	0,31	0,16	2,1
9 meses	22	11,1	7,6	246	0,24	0,16	2,0
					(25,1)	(11,1)	(-13,0)
Milo perla							
1 mes	18	9,3	10,0	282	0,33	0,21	2,4
5 meses	18	11,0	9,9	285	0,29	0,21	2,4
		(+18,3)	(-1,0)	(+1,1)	(-12,1)	(0,0)	(0,0)
9 meses	12	10,7	8,9	297	0,20	0,21	2,0
		(+15,1)	(-11,0)	(+5,3)	(-39,4)	(0,0)	(-16,7)
Milo coracón							
1 mes	7	10,9	7,6	193	0,37	0,19	1,3

5 meses	7	10,9	7,4	216	0,33	0,18	1,3
9 meses	7	11,6	7,2	275	0,21	0,17	1,1
		(+6,4)	(-5,3)	(+42,5)	(-43,2)	(-10,5)	(-15,4)

Nota: Las cifras entre paréntesis indican porcentaje de (-) o de aumento (+) respecto de los valores del primer mes.

Fuente: Pushpamma et al., 1985

Los depósitos de almacenamiento varían de pequeños contenedores tradicionales en la propia explotación o en casa, a silos, como los que a veces se encuentran en las grandes granjas. En muchos países se construyen pequeños graneros entrelazando materiales vegetales como bambú, tallos, cortezas y pequeñas ramas y luego cubriendo los intersticios con barro o estiércol. Pueden construirse directamente sobre el suelo o elevarse del suelo colocándolos sobre plataformas o pilotes.

Prácticas de almacenamiento de los granos en África

En algunos países de África occidental, los granos de sorgo y mijo se mezclan con ceniza de madera y se almacenan en vasijas de arcilla (Vogel y Graham, 1979). En Nigeria, el sorgo y el mijo se almacenan como espigas sin trillar en recipientes de paredes selladas denominados rumbu. Para almacenamientos de corta duración se colocan los haces de espigas de sorgo y mijo en capas dentro de esos rumbu. Cuando se trata de un almacenamiento más largo, de 3 a 6 años, las espigas se colocan una a una en lugar de hacerlo en haces. Hay agricultores que extienden hojas de gwanda (Anona senegalensis) sobre el suelo del rumbu y entre cada capa de grano. Cuando está lleno un rumbu, se cubre la boca con arcilla.

En Uganda, el sorgo se trilla y se almacena en sacos de yute mientras que el mijo se almacena sin trillar. En

el Sudán, se utilizan como depósitos subterráneos hoyos que contienen de 2 a 5 toneladas de grano.

Prácticas de almacenamiento de los granos en la India

La mayor parte del sorgo y de los mijos que se cultiva en Andhra Pradesh lo es para consumo personal. Pushpamma y Chittemma Rao (1981) han descrito las diversas formas de almacenar allí esos granos. En algunas ocasiones, el sorgo y el mijo se depositan sobre el suelo, normalmente como espigas. Las espigas se amontonan en una pila (fuera o dentro) y se cubren con paja. A medida que se necesita grano, se van sacando las espigas y se trillan. Es más frecuente que el grano se almacene en sacos de yute, que se apilan en el suelo o en plataformas de madera elevadas. También se utilizan hoyos en la tierra que pueden estar ubicados debajo de la casa o fuera. El hoyo se reviste de paja de arroz o de paja de sorgo. Cuando ya está lleno de grano, se cubre con paja y tierra. Cuando se trata de almacenar grano por más tiempo, la cubierta se enyesa con barro. Las tinajas, silos y depósitos se construyen con distintos materiales. Cuando se quiere almacenar grano en pequeña escala, se hace en vasijas de arcilla. Los contenedores grandes se construyen con madera, ladrillo o piedra, o se confecciona una cesta que luego se sella con arcilla o estiercol. Cuando los contenedores se tienen dentro, a veces se dejan sin cubrir, pero cuando se dejan fuera, se cubren con una tapa o un techo de paja. Cuando ha de almacenarse el grano por largo tiempo, la tapa del depósito se cubre con barro o estiercol. Su exposición eventual al sol es la medida a la que más comúnmente se recurre para impedir la infestación por insectos.

Almacenamiento de la harina

La harina se suele producir a medida que se necesita y no se almacena con frecuencia por largos periodos pues tiende a volverse rancia. Es lo que sucede especialmente con la harina del mijo perla, debido a su elevadísimo contenido de grasa. Por consiguiente, lo mejor es almacenar como grano entero el sorgo y el mijo, sobre todo el mijo perla.

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

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

Metodos tradicionales de elaboracion

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

Elaboración de granos sin tratar

La harina que se confecciona moliendo el grano entero se emplea ocasionalmente, sobre todo en el caso de los mijos menores, pero en la mayoría de los sitios donde se consumen sorgo y mijo, el grano se separa parcialmente en sus componentes antes de preparar alimentos con él.

El primer objetivo de la elaboración suele ser eliminar parte de la cascara o salvado: las capas exteriores fibrosas del grano. Suele hacerse machacando el grano y luego aventándolo o cirniéndolo. El grano puede machacarse seco, humedecido (agregándole un 10 por ciento de humedad) o humedecido (habiéndolo puesto en remojo durante la noche). Cuando se machacan granos duros, el endospermo sigue relativamente intacto y puede separarse de la harina gruesa aventándola. Cuando los granos son blandos, el endospermo se rompe en pequeñas partículas y el pericarpio puede separarse aventándolo y cirniéndolo.

Cuando se maja un grano debidamente preparado, la parte del salvado contiene casi todo el pericarpio, junto con algo de germen y endospermo. Esta fracción suele darse a los animales domésticos. La otra

parte, que contiene casi todo el endospermo y bastante del germen, junto con algo de pericarpio, se destina al consumo humano. El retener el germen en la harina mejorar los aspectos de su calidad nutricional pero al mismo tiempo abreviar el tiempo en el que la harina se volverá rancia. Lo cual es especialmente importante en el caso del mijo perla.

El grano seco, humedecido o húmedo se suele majar con una mano de madera en un mortero de madera o piedra. Cuando se machaca el sorgo seco es más difícil separar el germen del endospermo que cuando se ha mojado el grano previamente: el agregar un 10 por ciento aproximadamente de agua no sólo facilita la separación del salvado fibroso, sino también ayuda a separar el germen y el endospermo cuando se quiera eso. Aunque esta práctica produce una harina ligeramente húmeda, muchas personas ablandan el grano de esa forma antes de majarlo. El majar el grano húmedo o seco a mano da mucho trabajo. También supone mucho empleo de tiempo y resulta poco eficaz. Una mujer que trabaje duramente con una mano y un mortero puede en el mejor de los casos descortezar sólo 1,5 kg a la hora (Perten, 1983). No da un producto uniforme, que además no tiene buenas cualidades de conservación.

Muchos granos de mijo perla tienen una indentación irregular en el pericarpio. Esto hace que sea más difícil descortezar el mijo perla que la mayoría de otros granos de cereales (Kent, 1983).

El tamaño de las partículas de la fracción del endospermo puede reducirse triturándolo o molindolo para producir semola gruesa o harina fina. Esta labor, que es desagradable y dura, la suelen realizar casi siempre las mujeres. La molienda de grano entero o descortezado para hacer harina empleando las piedras tradicionales de moler la describen Subramanian y Jambunathan (1980) y Vogel y Graham (1979). Las piedras de moler suelen consistir en una pequeña piedra que se tiene en la mano y otra piedra mayor plana que se coloca en el suelo. El grano, que debe estar bastante seco, se machaca y pulveriza a base de un movimiento hacia atrás y hacia adelante de la piedra que se tiene en la mano sobre la piedra situada debajo. El trabajo es muy pesado y resulta duro para cualquiera moler más de 2 kg de harina en una

hora. En un procedimiento tradicional utilizado en muchos países de Africa y Asia, el grano descortezado se maja en un mortero o entre piedras para obtener una harina gruesa. También para obtener harina gruesa o fina se muele el grano sirviéndose de molinos de disco mecanizados, que ya hay actualmente en muchas aldeas.

Para moler el grano en húmedo, se remojan el sorgo y el mijo en agua durante la noche (y a veces más tiempo) y luego se muelen a mano hasta formar una pasta, muchas veces entre dos piedras. El remojo hace que el endospermo se vuelva muy blando y el pericarpio bastante correoso por lo que la molienda resulta mucho más fácil aunque en lugar de obtener harina se consigue una masa o pasta.

Elaboración de granos malteados

El malteado supone la germinación del grano y el dejarlo que brote. Lo normal es humedecer el grano poniéndolo en remojo de 16 a 24 horas. De esa forma el grano absorbe suficiente humedad para germinar y para que aparezcan los brotes. Sin embargo, las raicillas del sorgo germinado y los brotes contienen cantidades muy abundantes de durrina, un glucósido cianogénico que por hidrólisis produce una potente toxina, que se conoce con varios nombres como ácido prúsico, ácido cianhídrico (HCN) y cianuro (Panasiuk y Bilis, 1984). Por lo tanto, las personas y los animales nunca deben consumir las raicillas y brotes frescos del sorgo germinado ni sus extractos, salvo en cantidades muy pequeñas cuando, por ejemplo, se emplea el grano germinado sólo como fuente de enzimas. Dada y Dendy (1988) han demostrado que quitando brotes y raicillas y con la elaboración posterior se reduce a el contenido de HCN en más del 90 por ciento.

El sorgo malteado se ha utilizado tradicionalmente en varios países de Africa, pero siempre después de quitar cuidadosamente las partes tóxicas. El hullu-murr es un alimento tradicional importante preparado con sorgo malteado en el Sudán (Bureng et al., 1987). Con sorgo y mijo germinados se preparan en Kenya

bebidas alcohólicas y budines.

En el proceso de germinación, el grano produce alfa-amilasa, enzima que transforma el almidón insoluble en azúcares solubles. Lo cual tiene el efecto de aclarar la pasta hecha calentando una mezcla de almidón en agua. A su vez, esto permite una mayor densidad calorífica en una pasta de una determinada viscosidad: puede utilizarse hasta el triple de harina germinada como si fuera grano sin germinar. La energía que los niños pequeños pueden consumir está limitada muchas veces por el volumen que pueden ingerir. Empleando las enzimas que se encuentran en el grano germinado, pueden hacerse los alimentos más idóneos para algunas categorías de niños de corta edad. De ahí que se emplee comúnmente la harina a base de grano malteado en la producción de alimentos infantiles, pero siempre hay que tener mucho cuidado en que los alimentos se hagan de sorgo, que el nivel de cianuro sea lo suficientemente bajo pues los niños son especialmente vulnerables al mismo.

En la India es de uso común el maltear el mijo coracón, considerándose el producto superior al sorgo y al maíz malteado. Estudios hechos han demostrado que el mijo coracón desarrolla una mayor actividad de amilasa que el sorgo y otros mijos (Seenappa, 1988). Se señala que la germinación del cereal cambia su composición aminoácida, transforma el almidón en azúcares y mejora la grasa, vitaminas y minerales disponibles.

Pal et al. (1976) han medido los cambios registrados en los elementos constitutivos del sorgo y varios mijos (coracón, perla, proso, kodo y de los arrozales) durante el malteado. Las pérdidas por malteado en el mijo coracón y el mijo cola de zorra fueron altas. El mijo perla registraba la mayor actividad de alfaamilasa. Los niveles de enzimas amilolíticas y proteolíticas en el mijo perla malteado eran comparables a las que había en la cebada malteada. El empleo de sólo un 5 por ciento de sorgo malteado o mijo coracón reducía la viscosidad de los alimentos de destete (Moshá y Svanberg, 1983; Seenappa, 1988).

Elaboración de grano tratado con solución alcalina

Para confeccionar un tipo especial de tortilla popular en México, se cuecen los granos de sorgo en agua salobre por poco tiempo y se maceran a lo largo de toda la noche, se lavan luego para eliminar la solución alcalina sobrante y luego se muelen para formar una pasta (Rizley y Suter, 1977).

Se emplea ceniza de madera en los tratamientos tradicionales para reducir el nivel de tanino en los sorgos pardos y mejorar la calidad nutricional. Muindi y Thomke (1981) señalaron el empleo de ceniza de madera en la República Unida de Tanzania. Mukuru (1992) describió una técnica empleada en partes de Africa oriental y central donde, debido a las aves granívoras, sólo se cultivan sorgos con un alto grado de tanino. El nivel de tanino se reduce remojando primero el sorgo durante la noche en una mezcla de ceniza de madera en agua. Una vez enjuagado, se dejados ocutro días hasta que germine. Los granos germinados se secan al sol y se muelen para que suelten la ceniza de madera adherida y para eliminar los brotes, dado su elevado grado de cianuro. Luego se muele el grano, que se emplea para preparar una bebida no alcohólica denominada obushara o una bebida alcohólica, que contiene un 3 por ciento de alcohol, llamada omuramba

Elaboración de grano sancochado

Según observaciones, el sancochado ayuda al descascarillado del mijo kodo (Shrestha, 1972) y a eliminar la pegajosidad de las gachas de mijo coracón cocido (Desikachar, 1975).

Elaboración industrial

Aunque para la elaboración del sorgo blanco duro existen muchas máquinas, desgraciadamente no hay

un procedimiento industrial bien demostrado que satisfaga plenamente a la hora de confeccionar productos blancos con sorgos y mijos colorados.

Los granos de cereales pueden molerse en h^{umedo}, en forma de una pasta acuosa fina, normalmente para producir almid^o, o pueden molerse en forma esencialmente seca (muchas veces convenientemente humedecida o ^{re}condicionada) cuando el producto suele servir de comida (una harina gruesa o fina). Ha funcionado intermitentemente de los años cuarenta a los setenta una f^{abrica} en Texas para la molturaci^on en h^{umedo} del sorgo (Rooney, 1992), pero ya se ha cerrado. Para producir almid^on nunca se han molturado en h^{umedo} mijos a nivel comercial. Las tecnolog^{ias} mencionadas a continuaci^on son todas para molturaci^on seca y semih^{umed}ada.

En los procesos industriales, una vez limpiado el grano, la primera operaci^on de elaboraci^on suele ser la separaci^on de desechos (la parte que no se suele utilizar para consumo humano) de la parte comestible. Los desechos se componen del pericarpio y a veces del germen. La eliminaci^on de estos desechos suele denominarse descortezado o descascarillado.

Despu^{es} de la eliminaci^on de los desechos, la parte comestible se suele molturar para reducir el tama^o de las part^{ic}ulas de la fracci^on comestible. Suele haber t^{ec}nicas y molinos donde elegir que pueden utilizarse para reducir el tama^o de las part^{ic}ulas cuando se quiere obtener un producto m^{as} fino. La FAO foment^o en 1964, inicialmente a escala de laboratorio en el Senegal y luego a escala semiindustrial en el Sud^on, algunos de los primeros trabajos de investigaci^on y desarrollo sobre t^{ec}nicas de molturaci^on para el mijo perla y el sorgo. Se lleg^o a la conclusi^on de que la tecnolog^{ia} para la molturaci^on del trigo no es la mejor tecnolog^{ia} para molturar el sorgo y el mijo (Perten, 1977).

La mayor^{ia} de las operaciones industriales que pueden realizarse con el grano sin tratar tambi^{en} pueden emplearse con el grano que ha sido preparado de alg^{un} modo: por ejemplo, el grano que ha

germinado y que luego es convenientemente secado.

Los diversos métodos seguidos para eliminar los desechos del sorgo y del mijo a escala comercial pueden dividirse en tres grupos: utilización de descortezadores abrasivos que abracen el pericarpio, es decir, eliminan progresivamente los desechos desde el exterior; el empleo de mquinas que frotran, en lugar de abradir el pericarpio, separándolo del endospermo; y el empleo de molinos de rodillos que cortan el endospermo desde el interior del pericarpio.

Mediante descortezamiento abrasivo

Los descortezadores abrasivos actúan abradiendo el pericarpio fibroso. Naturalmente la abrasión comienza en la parte exterior y por consiguiente las primeras que se abracen son las capas exteriores del revestimiento de la semilla. En cambio, las capas más interiores, que en muchas variantes contienen los factores que más necesario es eliminar, son las últimas en tratarse. Si todas las partes de todos los granos pudieran abradirse al mismo ritmo, el descortezamiento abrasivo sería una forma eficaz de quitar el pericarpio. Sin embargo, la realidad dista mucho de ese ideal. Las distintas partes de cada grano se abracen a unos ritmos muy diferentes. Se da una cierta pérdida de endospermo (sobre todo en los granos dañados) aún cuando el grano sólo se abraza ligeramente. Cuando se muele el mijo perla en un descortezados abrasivo, hay otro problema que salta inmediatamente a la vista: las semillas no esféricas suelen descortezarse mucho más rápidamente en algunos puntos que en otros.

Cuando se descorteza en un aparato abrasivo el sorgo blanco duro, no contaminado por semillas de testa roja, resulta difícil ver el pericarpio que queda en el grano, y cuando se moltura el grano perla, pasa en gran parte desapercibida la presencia de pericarpio. Sin embargo, la capacidad de los descortezadores abrasivos de producir un producto suficientemente blanco partiendo de sorgo blanco se reduce fuertemente al aumentar los niveles de contaminación de las semillas con testa colorada. Cuando las

semillas contaminantes tienen una testa roja de color fuerte, y que es prácticamente la última capa en rasparse, la capacidad del descortezados para producir un producto aceptablemente blanco se reduce a un mucho más. El problema se complica por el hecho de que muchas aminas contaminadoras son relativamente blandas y el endospermo expuesto se desprende rápidamente al molerlo. Como resultado de ello, los rendimientos de la molturación caen a menudo a niveles inaceptablemente bajos.

Las descortezadoras dan lo que a simple vista es un producto muy aceptable con un buen rendimiento cuando el grano se presta bien al descortezamiento por procedimientos abrasivos. Sin embargo, cuando el grano que ha de molerse no va a consistir siempre de una proporción muy alta de semillas esféricas duras y blancas, de tamaño bastante regular, habrá que hacer un análisis muy minucioso sobre la economicidad de utilizar una descortezadura abrasiva con arreglo a los índices de recuperación que se obtengan de series de ensayos.

Aun cuando las descortezadoras se adaptan bien a operaciones en pequeña escala, son máquinas que muchas veces han resultado demasiado grandes para el sistema en el que se han implantado. Son muchos los ejemplos de esfuerzos por introducir las que han sido menos satisfactorios de los que en un principio se esperaba, bien sea por falta de suministros de un grano de alta calidad como el que hace falta para que funcionen debidamente o por una insuficiente demanda local del producto. Es probable que las unidades muy pequeñas funcionen con menos rentabilidad que las mayores.

La mayoría de las descortezadoras se basan en definitiva en un prototipo sacado por el Laboratorio Regional de la Pradera (PRL) de Canadá. Este tipo de descortezadora ofrece las enormes ventajas de ser relativamente barato de instalar y relativamente sencillo por lo que se refiere a su mantenimiento y funcionamiento. Basse y Schmidt (1989) han descrito el desarrollo de este tipo de descortezadora y su utilización en África. Últimamente se ha introducido en la India.

En 1976, en Maiduguri, Nigeria, se montó una descortezadora prototípica. En Pitsane, sur de Botswana, se instaló en 1978 una unidad grande para elaborar de 5 a 10 toneladas de sorgo al día pero la demanda del producto no fue lo suficiente para mantenerla funcionando a plena capacidad. El Centro Nacional de Investigaciones Agronómicas de Bambey, el Senegal, comenzó a utilizar una descortezadora PRL para descortezar el sorgo y el mijo en 1979. La capacidad de esta descortezadora superaba también la demanda que había del producto.

La FAO proporcionó al Centro de Investigaciones Alimentarias del Sudán una instalación piloto, que comprendía una descortezadora fabricada en Alemania, tras haber comparado el Centro las descortezadoras fabricadas por distintos industriales. El Centro descortezaba actualmente el sorgo blanco destinado a un mercado urbano local. También ha producido sorgo perlado para sustituir al arroz (Badi et al., 1980) y, aunque el producto tiene que cocinarse durante mucho más tiempo que el arroz, ha sido bien aceptado. De las cinco variedades más conocidas de sorgo que se cultivan en el Sudán, dos (la Feterita y la Mayo) no se prestan para el descortezamiento por procedimientos abrasivos.

James y Nyambati (1987) han descrito la preparación inicial del sorgo pardo y blanco perlado en Kenya utilizando una descortezadora que podía moler sorgo por lotes o de forma continua, pero encontraron que era difícil obtener suficiente sorgo para su elaboración. El producto se vendía al 60 por ciento del precio del arroz y la aceptación por parte de los consumidores era excelente. También se producía harina de grano perlado.

En el diseño del prototipo PRL se han introducido varias modificaciones para ajustarse a determinadas condiciones. A principios de los años ochenta Palyi desarrolló una variante y la ensayó en Canadá. La Palyi-Hanson BR 001-2 puede elaborar tres toneladas por hora. En Gambia se ensayó una descortezadora PRL durante un año a lo largo del cual se descortezaron 50 toneladas de mijo perla bajo gestión local, después de lo cual se introdujeron modificaciones en el diseño. En 1986, el Centro Rural de Innovación

Industrial (RIIC) introdujo una modificación con la que se podían manipular pequeñas cantidades de grano (Bassey y Schmidt, 1989). Para 1989, se habían instalado ya en Botswana unas 35 descortezadoras modelo RIIC, pero todavía por una razón u otra no todas las máquinas se están utilizando en la elaboración del sorgo o mijo. A su vez, los organismos locales de algunos de los principales países a los que se ha exportado dicho modelo, por ejemplo Zimbabwe y el Senegal, han considerado necesario modificarlo para mejorar su funcionamiento con grano del país.

En Zimbabwe se instalaron descortezaduras en cinco localidades rurales para evaluarlas. Un grupo local de investigación, el de Actividades de Desarrollo Ambiental, produjo una versión modificada que puede elaborar una tonelada de grano en ocho horas. En el Senegal se estudió una modificación local en diez aldeas. Se introdujeron luego descortezadoras basadas en un segundo diseño local (denominado el mini-SISMAR/ISRA), que puede elaborar unos 600 kg de grano en ocho horas.

En Morogoro, República Unida de Tanzania, se introdujo en 1982 maquinaria del modelo RIIC, pero aunque no hubo suerte con la primera unidad, se establecieron localmente cuatro sistemas experimentales para su evaluación. En 1988, se estableció en Etiopía una fábrica con una descortezadora RIIC pero los suministros de grano fueron insuficientes debido a la sequía.

También se ha asistido a un intenso esfuerzo por introducir descortezadoras RIIC en Andhra Pradesh. El descortezamiento ha mejorado la calidad de la harina obtenida de sorgo y mijo de tal suerte que se ha podido utilizar en nuevas aplicaciones (Geervan) y Vimala, 1993). Los sorgos de alto rendimiento introducidos en Mali eran blandos y no podían descortezarse en máquinas del tipo PRL (Scheuring et al., 1983).

Por todo el mundo se han instalado varios descortezadores grandes, que van de la 2,5 toneladas por hora. Se trata normalmente de unidades de eje vertical con discos abrasivos que se han escogido

cuidadosamente para obtener un grado óptimo de abrasión. Primero se limpia el grano para separarlo de la arena, del polvo, del material grueso y de otras impurezas. Con un aspirador se elimina el salvado abradido a través de una criba. A veces el salvado se vuelve a separar en salvado fino (consistente casi siempre en pericarpio) y en una mezcla de germen, grano quebrado y salvado grueso. En Zimbabwe se hizo funcionar durante varios años una descortezadora con capacidad para una tonelada por hora fabricada en Suiza, con la que se preparaba harina gruesa de sorgo que luego pasaba a una fábrica de harina de trigo. En el Sudán se instaló una unidad de 2,5 toneladas por hora fabricada en Alemania. Se tienen noticias de que en Nigeria funcionan otras unidades grandes. Al igual que con las pequeñas, hace falta un sorgo de gran calidad para obtener un producto blanco aceptable en estas grandes descortezadoras. A menudo no se dispone de cantidades suficientes de sorgo de gran calidad para mantener funcionando a plena capacidad las unidades grandes.

Mediante técnicas frotadoras

Munck et al. (1982) han descrito un nuevo procedimiento de elaboración industrial desarrollado en Dinamarca, que no entraña el empleo de procedimientos abrasivos. El descortezamiento se consigue mediante un rotor de acero que hace rotar a la masa de grano dentro de una cámara generalmente cilíndrica. Una vez preparado debidamente el grano, el pericarpio se desprende frotando, con el movimiento de una semilla contra otra. En cambio, cuando el grano era demasiado seco, como sucedía en una fábrica de el Sudán, la abrasión de los componentes internos de la instalación resultaba fuerte. Las cáscaras y los fragmentos del endospermo se separaban en una clasificadora de ciclón y las partículas del endospermo se muelen en una instalación patentada. Estas instalaciones tienen capacidad para dos toneladas de sorgo por hora. El sistema rinde un 80 por ciento de harina con una blancura comparable a la molienda tradicional, pero para el lo hace falta grano con especificaciones análogas a las que se exigen para un buen descortezamiento abrasivo.

Mediante molinos de rodillos

La mayor parte del trigo se elabora en un tipo de molino denominado molino de rodillos. Los molinos de rodillos son los molinos más eficientes que hay para separar los elementos que integran los cereales. Son dos tipos de rodillos los que se utilizan: rodillos con ranuras axiales que cortan el endospermo del pericarpio (separándolo realmente del interior) y rodillos blandos que aplastan progresivamente los trozos del endospermo convirtiéndolos en harina cada vez más fina. Normalmente el grano pasa a través de varios molinos de rodillos: muchas veces su número es de 20 o más. La tecnología de molturación del trigo se presta para moler grandes cantidades de grano, pero requiere grandes inversiones y mucha experiencia para el funcionamiento y mantenimiento del equipo. Por todo ello, no resulta por lo tanto adecuada para moler sorgo y mijo en muy pequeña escala. Sin embargo, los molinos de rodillos son muy eficaces para separar la parte comestible del cereal de los desechos y pueden hacerlo también con el sorgo y el mijo independientemente de las características materiales del grano: poco importa que el grano sea blando, colorado o quebrado. La molturación con rodillos puede por lo tanto ser procedente cuando se necesita obtener productos de mucha calidad partiendo de cantidades comparativamente grandes de grano de calidad mala o mediocre' especialmente cuando en un molino ya existente de trigo sobra capacidad.

Para resistir la fatiga de la molturación con rodillos, el pericarpio del sorgo y del mijo ha de estar mucho más húmedo que el del trigo. Los primeros esfuerzos por molturar con rodillos el sorgo y el mijo siempre acabaron en un fracaso porque el grano resultaba muy seco cuando se molía. Se hacía añicos, rompiéndose el pericarpio en varios trozos, que eran demasiado frágiles para la separación del endospermo. Utilizando técnicas convencionales de preparación, Perten (1983) no pudo lograr una buena separación de los residuos que en el sorgo o mijo quedaban del endospermo. Llegó a la conclusión de que son más difíciles de moler el sorgo y el mijo que el trigo y que producen una harina más gruesa y mucho más oscura con un alto nivel de grasa y ceniza.

El primero que habló del empleo de niveles de humedad mucho más altos que los utilizados para moler trigo fue Abdelrahman et al. (1983) para molturar el mijo perla y Cecil (1986) para moler otros mijos y sorgo. Para esta nueva técnica se adoptó el término de molturación semihúmeda. Para los mijos, debe llegarse a un equilibrio de un 10 por ciento de agua en el grano durante cuatro horas antes de que esté listo para la molturación, y para el sorgo hay que añadir un 20 por ciento de humedad y acondicionarse el grano por espacio de seis horas. Sorprende que el material húmedo pase casi tan fácilmente como los productos de trigo preparados normalmente, y no se tropieza con problemas de retención en varias horas de funcionamiento de un molino comercial en que pasaron dos toneladas de sorgo por hora. En los ensayos iniciales se obtuvieron rendimientos comparativamente bajos de harina fina, pero los trabajos posteriores produjeron semola con un bajo contenido de fibra y de tanino partiendo de sorgo en un molino comercial con un rendimiento del 72 por ciento (frente a un 70 por ciento de recuperación normal en el caso del trigo). Se obtuvo un 84 por ciento de semola en un molino de laboratorio con tres pasos de molienda partiendo de sorgo blanco comercial de Botswana y se obtuvo un 83 por ciento de semola de sorgo blanco procedente de Lesotho. Todas las semolas contienen unos niveles muy bajos de fibra.

La molturación semihúmeda ofrece varias ventajas, algunas de las cuales derivan de lo magníficamente que se separan los desechos de la parte comestible y otras del empleo de un equipo de molienda del trigo comercial bien experimentado sin cambios por lo que respecta a la forma de instalar los molinos. Puede producirse harina blanca sin prácticamente tanino alguno de variedades coloradas que contienen un alto grado de tanino. La harina sin tanino sabe mejor, tiene mejor aspecto y es nutricionalmente mejor que la harina con tanino. Las mezclas de sorgo o mijo, las variedades blandas, las semillas deformes y las mezclas de sorgo con otros cereales (incluso trigo) pueden molerse todas juntas en caso necesario. Con la humedad el endospermo se ablanda de tal manera que se necesita poca energía para molerlo Klopfenstein et al. (1991) han demostrado que, a diferencia del descortezado abrasivo, moliendo el mijo

perla semihmedo se ayuda a eliminar sustancias que causan el bocio.

Los molinos de trigo sobrantes o infrautilizados pueden utilizarse con adiciones mínimas y luego el molino puede volver a moler trigo al cabo de unos pocos minutos. Otra posibilidad es que puede molerse junto con el trigo cualquier tipo de sorgo. Durante unos cinco días, se molieron 0,6 toneladas de sorgo rojo cada hora sin dificultad junto con 14 toneladas por hora de trigo en una instalación comercial de Zimbabwe.

La molturación en semihmedo tiene algunos inconvenientes que le restan interés. Aunque en un sistema comercial no sería difícil o muy costoso secar los productos de la molturación semihmeda, éstos suelen estar demasiado húmedos para un almacenamiento largo. En la molturación semihmeda, el crecimiento microbiológico pudiera ser más potente que en la molturación tradicional del trigo, pero si se presta una atención razonable a la higiene se reducirá al mínimo este problema. La molienda semihmeda no se presta para operaciones muy pequeñas. Por último, aunque se ha demostrado la posibilidad de moler en semihmedo sorgo sin ninguna dificultad para el equipo comercial, todavía esta técnica no se ha ensayado durante un período prolongado de funcionamiento.

Reducción del tamaño

Hay muchos molinos que pueden utilizarse para reducir el tamaño de las partículas obtenidas por descortezamiento, pero el tipo que más comúnmente se emplea (que es también probablemente el más sencillo de utilizar y el más barato de instalar) es un molino de martillo. Hay molinos de martillo de todos los tamaños. Consisten en hojas afiladas que roten rápidamente dentro de un cilindro cerrado y con una apertura cubierta por un tamiz. El tamaño de los agujeros del tamiz determina el tamaño de las partículas de harina, pero con agujeros pequeños se reducirá la producción del molino y cuando son demasiado pequeños pueden dar lugar a un recalentamiento.

Si se emplean molinos de rodillos para separar el endospermo de los desechos, se suele reducir el tamaño de las partículas en los molinos que tienen rodillos blandos.

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

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

Capítulo 4: Composición química y valor nutritivo

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

En el Cuadro 16 aparece la composición de las fracciones del grano de sorgo y mijo perla. El salvado de sorgo es bajo en proteína y ceniza y rico en componentes fibrosos. La tracción del germen del sorgo es rica en ceniza, proteína y aceite pero muy pobre en almidón. Más del 68 por ciento de la materia mineral total y del 75 por ciento del aceite del grano entero se halla localizado en la parte del germen. Su aportación a la proteína del grano es solo del 15 por ciento. El germen del sorgo también es rico en vitaminas B. El endospermo, que es la parte mayor del grano, es relativamente pobre en mineral, ceniza y contenido oleaginoso; en cambio, es un gran apartador de otros componentes pues contribuye al 80 por ciento de la proteína, al 94 por ciento del almidón y al 50-75 por ciento de las vitaminas B del grano entero.

El salvado de mijo perla también es bajo en mineral pero notablemente rico en proteína (17,1 por ciento). En el mijo perla, la parte del germen es relativamente grande, un 16 por ciento frente al 10 por ciento en el sorgo. También es rica en aceite (32 por ciento), proteína (19 por ciento) y ceniza (10,4 por

ciento). Prácticamente todo el aceite (87 por ciento) del grano entero se halla en la parte del germen, que también contribuye a más del 72 por ciento de la materia mineral total. Característico de los granos del cereal es una mayor concentración de minerales en el germen y en las capas de salvado que en el endospermo (MacMasters et al., 1971). El contenido total de grasa del mijo perla es relativamente superior al de los demás mijos, incluido el sorgo, debido al tamaño del germen, a su elevado contenido en aceite y a unos niveles algo mayores de grasa en la parte del salvado.

CUADRO 16 Contenido de nutrientes del grano entero y sus fracciones

Fracción del grano	Peso en el grano (%)	Proteína (%)	Ceniza (%)	Aceite (%)	Almidón (%)	Calcio (mg/kg)	Fósforo (mg/kg)	Niacina (mg/100g)	Ribo flavina (mg/100g)	Piridoxina (mg/100g)
Sorgo										
Grano entero	100	12,3	1,67	3,6	73,8			4,5	0,13	0,47
Endospermo	82,3	12,3	0,37	0,6	82,5			4,4	0,09	0,40
		(80)2	(20)	(13)	(94)			(76)	(50)	(76)
Germen	9,8	18,9	10,4	28,1	13,4			8,1	0,39	0,72
		(15)	(69)	(76)	(20)			(17)	(28)	(16)
Salvado	7,9	6,7	2,0	4,9	34,6			4,4	0,40	0,44
		(4,3)	(11)	(11)	(4)			(7)	(22)	(8)
Mijo perla										

Grano entero	100	13,3	1,7	6,3		55	358			
Endospermo	75	10.9	0.32	0.53		17	240			
		(61)	(14)	(6)		(25)	(56)			
Germen	17	24,5	7,2	32,2						
		(31)	(71)	(87)						
Salvado	8	17,1	3.2	5,0		168	442			
		(10)	(15)	(6)		(36)	(15)			

1 N x 62.5.

2 Las cifras entre paréntesis representan el porcentaje del valor del grano entero

Fuentes: Hubbard et al., . 1950 (sorgo); Abdelrahman et al., 1984 (mijo perla).

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

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

Variantes en la composición del grano

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

El sorgo y los mijos tienen en común con otros cereales que son predominantemente amiláceos. El

contenido de proteína de estos granos es casi igual y comparables al trigo y maíz (Cuadro 17). El mijo perla y el mijo pequeño son superiores en contenido de grasa, mientras que el mijo coracón contiene el mínimo. Es conocido el mijo de los arrozales por su mínimo contenido de carbohidratos y valor energético. Una de las características de la composición del grano de mijo es su alto contenido en ceniza. Son relativamente ricos en hierro y fósforo. El mijo coracón es conocido por su máximo contenido en calcio entre todos los cereales alimenticios. Su alto contenido en fibra y la escasa digestibilidad de sus elementos nutritivos son también otros rasgos característicos de los granos de sorgo y mijo que influyen considerablemente en su aceptabilidad por el consumidor. En general, los granos enteros son una fuente importante de vitaminas B, gran parte de las cuales se concentran en las capas exteriores del salvado del grano.

El sorgo y el mijo no contienen vitamina A preconstituída a excepción de que algunas variedades de endospermo amarillo que contienen pequeñas cantidades de beta-caroteno, precursor de la vitamina A. En los granos de mijo crudos no existe vitamina C.

Hulse et al., (1981)); Jambunathan y Subramanian (1988) y Rooney y SernaSaldivar (1991), han señalado amplias variaciones en la composición del grano de estos cereales, especialmente en el caso del sorgo y mijo perla (Cuadro 18). Los factores genéticos desempeñan una gran función a la hora de determinar la composición del grano. Los factores ambientales modifican también esta composición. En granos de varios cereales, sobre todo del sorgo, se ha observado una correlación inversa entre el rendimiento en grano y el contenido de proteína (Frey, 1977). El contenido proteínico del grano también guarda una notable correlación inversa con el peso del grano y su contenido amiláceo. En cambio, el contenido en ceniza y proteína del grano de sorgo están positivamente correlacionados entre sí (Subramanian y Jambunathan, 1982).

Goswamy et al. (1969 a,b; 1970 a,b) analizaron diversas variedades de mijo perla de origen africano,

americano e indio y observaron que había variaciones en cuanto a proteína, grasa, ceniza total, calcio, fósforo e hierro en los tres tipos pero que su magnitud era anémica. Últimamente Singh et al. (1987) han comparado la composición del grano de cinco variedades de mijo perla, tres de las cuales eran líneas endogámicas muy ricas en proteínas con un contenido del 14,4 al 19,8 por ciento y dos cultivares de proteína normal (9,9 al 11,3 por ciento). En los cinco genotipos, los valores correspondientes a grasa, fibra cruda, ceniza total y contenido de almidón se hallaban dentro de las escalas normales que se daban otros (Jambunathan y Subramanian, 1988; Goswamy et al., 1969a,b; 1970a,b). Por otra parte, las estirpes ricas en proteínas contenían un 60 por ciento más en proteína que las variedades normales pero su contenido en carbohidratos y grasa se reducía en un 40 y 20 por ciento, respectivamente. Las estirpes ricas en proteína eran también altas en contenido fibroso.

CUADRO 17 Composición de nutrientes del sorgo, de los mijos y de otros cereales (por 100 g de porción comestible y 12 por ciento de humedad)

Food	Proteína (g)	Grasa (g)	Ceniza (g)	Fibra cruda (g)	Carbohidratos (g)	Energía (kcal)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)
Arroz (pardo)	7.9	2,7	1,3	1,0	76,0	362	33	1,8	0,41	0,04	4,3
Trigo	11,6	2,0	1,6	2,0	71,0	348	30	3,5	0,41	0,10	5,1
Maíz	9.2	4,6	1,2	2,8	73,0	358	26	2,7	0,38	0,20	3,6
Sorgo	10,4	3,1	1,6	2,0	70.7	329	25	5,4	0.38	0,15	4,3
Mijo perla	11.8	4,8	2,2	2,3	67,0	363	42	11,0	0.38	0,21	2,8

Mijo coracón	7,7	1,5	2,6	3,6	72,6	336	350	3,9	0,42	0,19	1,1
Mijo cola de zorra	11,2	4,0	3,3	6,7	63,2	351	31	2,8	0,59	0,11	3,2
Mijo común	12,5	3,5	3,1	5,2	63,8	364	8	2,9	0,41	0,28	4,5
Mijo menor	9,7	5,2	5,4	7,6	60,9	329	17	9,3	0,30	0,09	3,2
Mijo de los arrozales	11,0	3,9	4,5	13,6	55,0	300	22	18,6	0,33	0,10	4,2
Mijo kodo	9,8	3,6	3,3	5,2	66,6	353	35	1,7	0,15	0,09	2,0

CUADRO 18 Composición química de genotipos de sorgo y de mijo perla tomados de la colección de germoplasma del ICRISAT

Grano	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Fibra cruda (%)	Almidón (%)	Amilosa (%)	Azúcar soluble (%)	Azúcar reductora (%)	Calcio (mg/100g)	Fósforo (mg/100g)	Hierro (mg/100g)
Sorgo											
Número de genotipos	10 479	160	160	100	160	80	160	80	99	99	99

Baja	4,4	2,1	1,3	1,0	55,6	21,2	0,7	0,05	6	388	4,7
Alta	21,1	7,6	3,3	3,4	75,2	30,2	4,2	0,53	53	756	14,1
Mediana	11,4	3,3	1,9	1,9	69,5	26,9	1,2	0,12	26	526	8,5
Mijo perla											
Nº de											
Nº de genotipos	20 704	36	36	36	44	44	36	16	27	27	27
Baja	5,8	4,1	1,1	1,1	62,8	21,9	1,4	0,10	13	185	4,0
Alta	20,9	6,4	2,5	1,8	70,5	28,8	2,6	0,26	52	363	58,1
Mediana	10,6	5,1	1,9	1,3	66,7	25,9	2,1	0,17	38	260	16,9

Todos los valores a excepción de la proteína se expresan en peso en seco. Fuente: Jambunathan y Subramanian. 1988.

Se han señalado diferencias en la composición del grano también en genotipos de otras especies de mijos. En los mijos coracón, los valores señalados por Pore y Magar (1977) son de 5,8 a 12,8 por ciento de proteína; 1,3 a 2,7 por ciento de grasa; 2,1 a 3,7 por ciento de ceniza total y X 1,3 a 89,4 por ciento de carbohidratos. Es también grande la variación en la composición de minerales de estas variedades. También Babu et al. (1987) ha señalado una diferencia en la composición de la proteína y minerales de los híbridos de mijo coracón. En el mijo de cola de zorra procedentes de la colección mundial de plasma germinal, el contenido de proteína oscilaba entre el 6,7 y el 15 por ciento y el contenido de ceniza entre el 2,06 y el 4,81 por ciento (Dhindsa et al., 1982). Montero et al. (1988) han observado

variaciones análogas en la proteína (1,1 a 15 por ciento), en la ceniza (1,1 a 1,6 por ciento), en la grasa (4,7 a 6,3 por ciento) y en los carbohidratos (65 a 75,7 por ciento) de doce cultivares de mijo de cola de zorra.

También afectan a la composición del grano factores ambientales, en particular las prácticas agronómicas. La proteína del grano y su composición aminoácida en el sorgo se altera según el lugar en que se cultiva este producto (Deosthale y Mohan, 1970; Deosthale et al., 1972a; Deyoe y Shellenberger, 1965). El nivel de fertilizante nitrogenado también influye en la cantidad y calidad de proteína del sorgo (Deosthale et al., 1972a; Waggle et al., 1967) y también del mijo perla (Deosthale et al., 1972b; Shah y Mehta, 1959). Warsi y Wright (1973) señalaron que la aplicación de fertilizante nitrogenado aumentaba el rendimiento del grano y su proteína. mayor contenido proteínico en respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados se debió principalmente a una mayor acumulación de prolamina, una proteína de baja calidad, en el grano (Sawhney y Naik, 1969). El nivel de fertilizante nitrogenado no tuvo efecto en la composición mineral del grano de sorgo.

Sin embargo, al aumentar los niveles de fertilizantes fosfatados, el contenido de mineral del sorgo había aumentado (Deosthale et al., 1972b). El lugar de cultivo influye más que la variedad en la composición del grano de sorgo en minerales (Deosthale y Belavady, 1978). Otros elementos como la densidad de la población vegetal, la temporada, la escasez de agua, contribuyen también a las variaciones en la composición del grano.

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

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

Carbohidratos

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

El almidón es la principal forma de almacenaje de carbohidratos en el sorgo y mijo. El almidón del sorgo consiste en amilopectina, un polímero de cadena ramificada de la glucosa, y de amilosa, un polímero de cadena lineal.

La digestibilidad del almidón en el grano de cereal determina el contenido energético disponible del grano, lo que depende de su hidrólisis por las enzimas pancreáticas. En la elaboración del grano con métodos como el hervido, la cocción a presión, la exfoliación en hojuelas su inflamiento o la micronización del almidón, aumenta la digestibilidad del almidón del sorgo. Lo cual se atribuye a una liberación de granos amiláceos sin la matriz proteínica pero que los hace más susceptibles a la digestión enzimática (McNeill et al., 1975; Harbers, 1975).

Las propiedades fisicoquímicas del almidón repercuten en las características texturales de los preparados alimenticios hechos con el grano de mijo. El comportamiento del almidón en el agua depende de la temperatura y de su concentración (Whistler y Paschall, 1967). Los almidones de grano registran por lo general una escasa absorción de agua a temperatura ambiente y también es pequeño su potencial de hinchamiento. La absorción de agua aumenta a temperaturas superiores y los gránulos de almidón se desploman dando lugar a la solubilización de la amilosa y de la amilopectina para formar una solución coloidal. Es la fase de gelatinización. Factores genéticos y ambientales influyen en la temperatura de gelatinización del almidón del grano (Freeman et al., 1968). El tratamiento térmico del almidón en una cantidad reducida de agua produce el hinchamiento de los gránulos con escasa pérdida de material soluble, produciéndose una desgelatinización parcial del almidón. Al cocer, el

almidón gelatinizado suele pasar de un estado soluble, disperso y amorfo a un estado cristalino insoluble. Este fenómeno se conoce como retrogresión o retroceso, que se intensifica a temperatura baja y con una elevada concentración de almidón. La amilosa, que es el componente lineal del almidón, tiene una mayor tendencia a la retrogresión. En el Cuadro 19 figuran algunas características de los almidones del sorgo y del mijo. El contenido en azúcar total y azúcar soluble del sorgo y del mijo aparecen en el Cuadro 20.

Sorgo

Con unos valores que van del 56 al 73 por ciento, el contenido medio de almidones del sorgo es del 69,5 por ciento (Jambunathan y Subramanian, 1988). Alrededor del 70-80 por ciento del almidón del sorgo es amilopectina? mientras que el restante 20-30 por ciento es amilosa (Deatherage et al., 1955). Factores tanto genéticos como ambientales influyen en el contenido de amilosa del sorgo (Ring et al., 1982). El sorgo ceroso o glutinoso es muy pobre en amilosa y su almidón consiste prácticamente en un 100 por ciento de amilopectina (Ring et al., 1982; Deatherage et al., 1955). Ahora bien, en el sorgo azucarado el contenido de amilosa del almidón es de un 5 a un 15 por ciento superior al del sorgo normal (Singh y Axtell, 1973b). El contenido total en carbohidratos del sorgo azucarado era, sin embargo, normal pues contenía unos niveles extraordinariamente elevados de polisacáridos hidrosolubles (29,1 por ciento).

Para el almidón aislado de cultivares de sorgo, los valores del almidón digestible oscilaban del 33 al 48 por ciento frente al 53 al 58 por ciento de los almidones de maíz (Sikabbubba, 1989). La textura del endospermo del grano, el tamaño de las partículas de la harina y la digestibilidad del almidón resultaron guardar una fuerte correlación entre sí. En comparación con el grano cerneo, el almidón en el sorgo harinoso resultó más digerible. En el sorgo harinoso molido, el tamaño de las partículas fue menor que en el tipo de sorgo cerneo también molido. El tamaño menor de las partículas y la menor superficie favorece la acción enzimática, mejorando así la digestibilidad del almidón.

CUADRO 19 Características de almidones aislados del sorgo y de los mijos

Grano	Amilosa (%)	Temperatura de gelatinización (°C)		Capacidad ligadora del agua (%)	Hinchamiento a 90°C (%)	Solubilidad a 90°C (%)	Viscosidad (unidades de amológrafo-Brabendur)			
		Inicial	Final				A 93-95°C	Después de mantener a 95°C	Enfriado a 35 o 50°C	Después de mantener a 95°C
Sorgo	24,0	68,5	75,0	105	22	22	600	400	580	520
Sorgo (ceroso)	1,0	67,5	74,0	-	49	19	380	290	390	350
Mijo perla	21,1	61,1	68,7	87,5	13,1	9,16	460	396	568	536
Mijo proso	28,2	56,1	61,2	108,0	12,0	6,89	688	520	826	1 203
Mijo cola de zorra	-	53,5	59,5	128,5	11,2	4,65	840	620	1 100	1 220
Mijo cola de	17,5	55,0	62,0	-	9,8	4,80	1 780	1 540	2000	

zorra										
Mijo kodo	24,0	57,0	68,0	-	12,0	5,50	300'	270	390	-
Mijo coracón	16,0	64,3	68,3	-	11,4	6,50	1 633	1 286	1 796	

1 La viscosidad máxima se alcanza a 83.5°C.

Fuente: Rooney y Sema-Saldivar. 1991: Leach. 1965: Horan y Heider, 1946: Subramanian et al. 1982: Beleia et al. 1980: Yanez y Walker, 1986: Lorenz e Hinze 1976: Wankhede et al .1979b: Paramahans y Taranathan. 1980.

CUADRO 20 Composición de azúcar soluble del sorgo y de los mijos (g/100 g de materia seca)

Grano	Número de cultivares	Azúcar total	Sucrosa	Glucosa +Fructosa	Rafinosa	Estaquiosa
Sorgo normal	10	2,25	1,68	0,25	0,23	0,10
		(1,3-5,2)	(0,9-3,9)	(0,06-0.74)	(0,10-0,39)	(0,04-0,21)
Sorgo normal		1,34	0,61	0,52	0,15	0.06
Sorgo azucarado		2,21	0,81	0,95	0,39	0,06
Sorgo con elevada lisina	2,57	0,94	1,13	0.39	0,11	
Mijo perla	9	2,56	1,64	0,11	0,71	0,09

		(2,16-2.78)	(1,32-1,82)	(0,08-0,16)	(0,65-0,84)	(0,06-0,13)
Mijo coracón	3	0,65	0,22	0,16	0,07	
		(0,59-0,69)	(0,20-0,24)	(0,14-0,19)	(0,06-0,08)	
Mijo cola de zorra	1	0,46	0,15	0,10	0,04	
Mijo proso	6	-	0,66	-	0,08	

Fuentes: Subramanian e et al., 1980 Murty et al., 1985: Subramanian el al., 1981: Wankhede el al., 1974a: Becker y Lorenz. 1978.

La naturaleza química del almidón, especialmente el contenido de amilopectina y de amilosa, es también otro factor que repercute en la digestibilidad del almidón. La digestibilidad del almidón resultaba superior con una amilosa baja, como la del sorgo ceroso, que en los granos normales de sorgo, maíz y mijo perla (Hibberd et al., 1982). En ensayos de alimentación en ratas Elmalik et al., 1986) y en otras especies animales (Sherrod et al., 1969; Nishimuta et al., 1969) han confirmado la superioridad del sorgo ceroso sobre los tipos normales de grano en cuanto a materia seca y digestibilidad de la energía bruta.

La presencia de taninos en el grano es otro factor que contribuye a la mala digestibilidad del almidón en algunas variedades de sorgo (Dreher et al., 1984). Está demostrado que los taninos aislados del grano de sorgo inhiben una Xamilosa enzimática y por tanto están enlazados a los almidones del grano en

diversos grados (Davis y Hosenev, 1979).

Se ha señalado la misma temperatura para la gelatinización del almidón aislado y la de la harina muy molida del endospermo del sorgo. Por otro lado, la temperatura a la que la harina del sorgo calentada con agua se hace pasta, resulta ser unos 10°C superior a la de su almidón aislado.

Cagampang y Kirleis (1984) han notado que la calidad del sorgo cocido estaba muy relacionada con el contenido de amilosa total y soluble del grano y también con el contenido de proteína soluble. Subramanian et al. (1982) han observado que el poder de hinchazón del almidón y su solubilidad influyen considerablemente en la calidad de cocción del sorgo hervido. El aumento porcentual de peso del grano cocido guardaba una correlación negativa con la solubilidad del almidón a 60°C, temperatura a la que la mayor parte de los gránulos amiláceos alcanzan la fase de gelatinización. La potencia de hinchazón del almidón a 60°C y 90°C y de la solubilidad a 25°C y 50°C guardaban una correlación inversa con el contenido sólido de las gachas, que dependía directamente del contenido de almidón del grano. La temperatura de gelatinización del almidón no mostraba efecto alguno importante sobre la calidad de cocción del sorgo hervido.

La plasticidad de la masa de la harina de sorgo deriva principalmente de la gelatinización del almidón cuando dicha masa se prepara en agua. La pegajosidad de la harina cocida está en función de la gelatinización del almidón. Las gachas preparadas a base de endospermo duro del sorgo son menos pegajosas que las que se preparan con granos en los que hay una proporción mayor de endospermo harinoso (Cagampang et al., 1982).

La masa preparada en agua fría tiene poca adhesividad y resulta difícil enrollarla en forma delgada. Así pues, la modificación térmica del almidón cuando se prepara la masa en agua caliente determina sus propiedades de enrollamiento (Desikachar y Chandrashekar, 1982). Una mayor absorción de agua, una

baja temperatura de gelatinización, una viscosidad punta de la pasta con elevado índice de retroceso son las propiedades del almidón que resultan asociadas a la buena calidad del roti, un pan sin levadura, que es la forma más común en que se consumen el sorgo y el mijo perla en el subcontinente indio. Por otro lado, para unas gachas espesas como el mudde o sankati indio y el tef africano, las características deseables de almidón del grano son una alta temperatura de gelatinización, una mínima viscosidad de la pasta y una tendencia baja a la retrogresión. Hay que señalar que las características del almidón para obtener un buen roti han resultado ser exactamente las contrarias a las que conviene para unas buenas gachas. Así pues, las variedades de sorgo que no son idóneas para un buen roti lo pueden ser para unas buenas gachas. Almeida-Dominguez et al. (1991) han llegado a la conclusión de que el sorgo con baja amilosa o el sorgo ceroso producen masas pegajosas y no convienen para hacer tortillas.

Mijo perla

En los genotipos de mijo perla, el contenido de almidón del grano variaba de 62,8 a 70,5 por ciento, el azúcar soluble de 1,2 a 2,6 por ciento y la amilosa de 21,9 a 28,8 por ciento (Jambunathan y Subramanian, 1988). En algunas variedades indias de mijo perla de alto rendimiento se han encontrado valores inferiores para el almidón (56,3-63,7 por ciento) y para la amilosa (18,3-24,6 por ciento) (Singh y Popli, 1973). El componente predominante del azúcar total soluble (2,16-2,78 por ciento) fue la sucrosa (66 por ciento) seguida por la rafinosa (28 por ciento) (Subramanian et al., 1981). Otros azúcares detectados en cantidades medibles fueron la estaquiosa, la glucosa y la fructosa. En comparación con el sorgo, la proporción respectiva de sucrosa en el azúcar total era menor en el mijo perla.

Las propiedades pastificadoras del almidón del mijo perla eran por lo general análogas a las del sorgo, salvo su comportamiento durante una hora a 95°C (Badi et al., 1976). Las disimilitudes moleculares propias se han considerado el factor primordial de las diferencias fisicoquímicas en cinco almidones del mijo perla examinados (Beleia et al., 1980). El contenido amiloso del almidón elástico variaba dentro de

un margen estrecho (22-24 por ciento). La variación en la capacidad de ligazón o fijación del agua (83,6-99,5 por ciento) obedecía probablemente a las diferencias en la proporción relativa del almidón amorfo y cristalino del gránulo. El almidón amorfo tiene una mayor capacidad de absorción del agua respecto del almidón cristalino. En los cinco almidones, las temperaturas de gelatinización eran al inicio de 59°C a 63°C, a mitad de 65°C a 67,5°C y al final de 68°C a 70°C. La gelatinización del almidón del mijo perla se producía a una temperatura relativamente inferior a la observada para el almidón del sorgo (Cuadro 19). En general, se observó que los almidones que tenían un bajo índice de solubilidad y de hinchamiento a una temperatura inferior, por debajo de los 75°C, registraban una mayor solubilidad e hinchazón a 80°C o más. La temperatura punta para la pastificación de los cinco almidones era la misma, 76,5°C. Las diferencias en la viscosidad de la pasta eran mayores en magnitud después de mantener la pasta una hora a 95°C y durante el ciclo de enfriamiento. Lo cual demostraba por lo tanto que algunos almidones tendían a la retrogradación más que otros.

La viscosidad punta de la pasta en el almidón de la harina de mijo perla era mucho menor que la del almidón de sorgo (Badi et al., 1976). Resulta que el mijo perla tiene una actividad amilácea elevadísima, unas diez veces superior a la del grano de trigo (Sheorain y Wagle, 1973), a lo que se debe probablemente la baja viscosidad punta observada. Interesa señalar que Beleia y Varriano-Marston (1981 a,b) han observado que la amilasa del mijo perla era más activa contra el almidón del trigo que el almidón del propio grano de mijo perla. Esta observación revestía una gran importancia práctica. El pan preparado con harina de trigo mezclada con la harina de mijo perla en un 10 por ciento registraba un mejor volumen de la hogaza que la del pan normal preparado con harina de trigo que contuviese malta y azúcar (Badi et al., 1976). Según se observaba, la harina de mijo perla puede utilizarse satisfactoriamente como sucedáneo parcial de la harina de trigo para la preparación de galletas de pan y productos de pasta y por lo tanto puede sustituir a la malta y al azúcar en los productos de panadería. Subramanian et al. (1988) evaluaron el pan sin levadura, es decir, el roti preparado con harinas de mijo perla. Se

observa que la capacidad de hinchazón, la tracción de la harina hidrosoluble, la proteína hidrosoluble y el contenido de amilosa de la harina influyen en la calidad del roti. La capacidad de hinchazón de la harina guardaba una correlación alta y positiva dentro de todas las cualidades organolépticas del roti, a saber, el color, la textura, el sabor y la aceptabilidad. Por otro lado, el contenido de amilosa y la fracción de harina hidrosoluble guardaban una correlación negativa con todas las características organolépticas.

Mijo coracón

En las variedades de alto rendimiento de mijo coracón, analizadas por Wankhede et al. (1979a) el contenido medio de almidón fue del 60,3 (59,5-61,25) por ciento; de pentosano el 6,6 (6,2-7,2) por ciento; de celulosa el 1,6 (1,4-1,8) por ciento; de lignina el 0,28 (0,04-0,6) por ciento y de azúcar libre el 0,65 (0,59-0,69) por ciento. La sucrosa, el 33 por ciento, la glucosa y la fructosa, cada una el 12 por ciento, y la maltosa y rafinosa, cada una el 10 por ciento, eran los componentes principales del azúcar libre del mijo coracón. El contenido de amilosa del almidón en el mijo coracón fue del 16 por ciento (Wankhede et al., 1979b) e inferior a los valores del sorgo y análogo a almidones de otros tipos de mijo. En el mijo coracón la capacidad de hinchazón y de solubilidad en agua a 90°C del almidón aislado, fue menor al del sorgo y semejante al de los otros mijos. El alto valor de la viscosidad punta y el aumento de ésta al enfriarse sugiere una fuerte tendencia a la retrogradación del almidón. La reducción de la viscosidad de la pasta y la intensificación de la densidad de nutrientes, especialmente la densidad energética después del malteado del grano, ha sido la base sobre la que se han desarrollado los alimentos de destete con 70 partes de mijo coracón malteado y 30 partes de frijol mungo descascarado (Mallehi y Desikachar, 1982).

Otros mijos

Se ha señalado que el mijo cola de zorra y el mijo proso tienen tipos de endospermo glutinoso y no

glutinoso (Tomita et al., 1981). Mientras tanto se afirma que en los mijos coracón y de los arrozales sólo hay presente un tipo no glutinoso de endospermo. El almidón de las dos variedades de mijo cola de zorra consistía en amilopectina al 100 por ciento. Los almidones de todos los tres mijos resultaban más digeribles que el almidón de maíz en cuanto a la amilólisis in vitro mediante la amilasa pancreática. Los almidones glutinosos eran más digeribles que los tipos no glutinosos al igual que otros granos de cereales.

El incremento de la viscosidad de la pasta al enfriarla a 35°C y su ulterior levantamiento después de mantenerla así durante una hora indicaba la fuerte tendencia de los almidones del mijo a la retrogresión. Una de las variedades de mijo proso, el gran proso rojo, resultaba extraordinaria por cuanto su almidón, comparado con el de otras cinco variedades, tenía una mayor capacidad de ligazón con el agua y una temperatura superior de gelatinización.

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

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

Proteínas

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

El segundo gran componente de los granos de sorgo y mijo es la proteína. Los factores tanto genéticos como ambientales antes analizados repercuten en el contenido de la proteína del sorgo y de los mijos. En el sorgo, la variabilidad es a primera vista grande debido probablemente a que este cereal se cultiva en

situaciones agroclimáticas diversas que influyen en la composición del grano (Burleson et al., 1956; Waggle et al., 1967; Deosthale et al., 1972a). Las fluctuaciones en el contenido proteínico del grano van acompañadas por lo general de cambios en la composición aminoácida del grano y su proteína (Waggle y Deyoe, 1966).

La calidad de la proteína está en función primordialmente de su composición en aminoácidos esenciales y para analizar la calidad de la proteína Block y Mitchell (1946) han introducido el concepto de puntuación química. Según esta, idea el porcentaje de un aminoácido esencial que se hallaba en un déficit máximo frente a la cantidad presente en una proteína normal o de referencia se denominaba puntuación aminoácido o química de una proteína. La proteína del huevo o de la leche materna por su elevadísimo valor biológico, se consideraba como tipo de referencia. Las proteínas del sorgo y del mijo difieren en su perfil de aminoácidos esenciales (Cuadro 21). No obstante, la característica más común estriba en que resultaba que la lisina era el aminoácido más limitante en sus proteínas. El máximo déficit de lisina resultó hallarse en las proteínas del mijo de los arrozales. con un 31 como puntuación química, seguido de cerca por los 33 puntos del mijo pequeño. La proteína del sorgo con una puntuación de 37 no difiere mucho en cuanto a calidad de las proteínas del mijo pequeño y de los arrozales.

CUADRO 21 Composición de aminoácidos esenciales y puntuación química de las proteínas del sorgo y del milo (mg/g)

Grano	Iso-leucina	Leucina	Lisina	Metionina	Cistina	Fenilalanina	Tirosina	Treonina	Triptófano	Valina	Puntuación química
Sorgo	245	832	126	87	94	306	167	189	63	313	37
Mijo	256	598	214	154	148	301	203	241	122	345	63

perla											
Mijo coracón	275	594	181	194	163	325	-	263	191	413	52
Mijo cola de zorra	475	1 044	138	175	-	419	-	194	61	431	41
Mijo común	405	762	189	160	-	307	-	147	49	407	56
Mijo menor	416	679	114	142	-	297	-	212	35	379	33
Mijo de los arrozales	288	725	106	133	175	362	150	231	63	388	31
Mijo kodo	188	419	188	94	-	375	213	194	38	238	55

Fuentes:FAO, 1970a: Indira y Naik 1971.

La función primordial de una proteína alimentaria es cubrir las necesidades corporales de nitrógeno y de aminoácidos esenciales. Según la OMS (1985), la puntuación química de una proteína calculada en función de la pauta de necesidades de aminoácidos esenciales como referencia sería más Objetiva e indicativa de la capacidad de la proteína de satisfacer las necesidades humanas. Tales datos sobre la puntuación química en relación con la necesidad de aminoácidos de diferentes grupos de edad

(Cuadro 22) apuntan a que la capacidad inherente de las variedades existentes que se consumen comúnmente no era lo suficientemente adecuada para cubrir las necesidades de crecimiento de los niños de pecho y de los niños de corta edad, si bien todos ellos, salvo el sorgo, tal vez pudieran cubrir las necesidades de sostenimiento en los adultos.

CUADRO 22 Puntuación del aminoácido lisina para diferentes grupos de edad según el índice de la OMS de 1985

Grano	Niño de pecho (<1 año)	Preescolar (2-5 años)	Escolar (10-12 años)	Adulto
Trigo	43	46	62	100+
Arroz (descascarado)	57	61	82	100+
Maíz	41	43	58	100+
Sorgo	17-51	18-55	25-74	71-100+
Mijo perla	26-69	28-74	38-100+	100+
Mijo cola de zorra	28-38	30-40	40-55	100+
Mijo coracón	39-63	41-68	56-91	100+
Mijo kodo	46-52	48-55	65-74	100+
Mijo de los arrozales	26	27	37	100+
Mijo proso	23 72	24-74	32 98	93-100+

Fuentes: OMS 1985: Hulse et al., 1980.

Las proteínas de los granos según sus características de solubilidad se clasifican generalmente en cuatro fracciones de proteínas, a saber, la albúmina, que es hidrosoluble, la globulina, que es soluble en una solución salina diluida, la prolamina, soluble en alcohol, y la glutelina, que es extraíble en una solución alcalina o ácida diluida. En estudios sobre las fracciones de solubilidad con sorgo y mijos perla, coracón y cola de zorra se han obtenido cinco fracciones de proteína (Cuadro 23). Los niveles de albúmina y globulina eran en las variedades de mijo perla superiores a las del sorgo, mientras que la prolamina de enlace cruzado, la beta-prolamina obtenidas eran superiores en el sorgo que en el mijo perla.

CUADRO 23 Distribución de las fracciones de proteína en los granos de sorgo y mijo (porcentaje de la proteína total)

Fracción	Sorgo		Mijo perla		Mijo coracón		Mijo cola de zorra	
	Escala	Mediana	Escala	Mediana	Escala	Mediana	Escala	Mediana
Albúmina+globulina	17,1-17,8	17,4	22,6-26,6	25,0	17,3-27,6	224	11,6-29,6	17,1
Prolamina	5,2-8,4	6,4	22,8-31,7	28,4	24,6-36,2	32,3	47,6-63,4	56,1
Prolamina reticulada	18,2-19,5	18,8	1,8-3,4	2,7	2,5-3,3	2,78	6,4-17,6	8,9
Sustancia	3,4-4,4	4,0	4,7-7,2	5,5	-	-	5,2-	9,2

gluteinoide							11,9	
Glutolina	33,7- 38,3	35,7	16,4- 19,2	18,4	12,4- 28,2	21.2	-	6,7
Residuos	10.4- 10,7	10,6	3,3-5,1	3,9	16,1- 25,3	21.3	-	2,0
Total	91,2- 94,0	92,9	78,6- 87,5	83,9	74,7- 83,9	78,7	-	98,0

Fuentes: Jambunathan et al., 1984 (sorgo y jo perla); Virupaksha et al., 1975 mijo coracón); Monteneiro et al., 1982 (mijo cola de zorra).

Aparte de su perfil de aminoácidos esenciales, la fácil digestibilidad es una característica importante de una buena proteína. La evaluación de la calidad de la proteína mediante una puntuación química no tiene en cuenta la digestibilidad de la misma y los aminoácidos disponibles. Los métodos biológicos basados en mediciones del crecimiento y de la retención de N valoran la calidad nutricional general de la proteína. Estos métodos comprenden la determinación de la relación de eficiencia de las proteínas (REP), la utilización neta de proteínas (UNP), el valor biológico (VB) y la digestibilidad real de la proteína.

Sorgo

Se ha observado una gran variabilidad en la composición de la proteína del sorgo en cuanto a aminoácidos esenciales (Hulse et al., 1980; Jambunathan et al., 1984). El contenido de lisina resultaba variar de 71 a 212 mg por g de N y los valores correlativos para la puntuación química variaban de 21 a 62.

Singh y Axtell (1973a) han identificado dos variedades de sorgo etíope con alto contenido de lisina, la IS 11758 y la IS 11167. El contenido medio de lisina del grano entero de la IS 11758 era de 3,13 g por 100 g de proteína con un contenido total de proteína del grano de 17,2 por ciento. De igual modo, la IS 11167 tenía un contenido elevado de lisina (3,33 g por 100 g de proteína) y contenía el 5,7 por ciento de proteína. El sorgo normal cultivado en condiciones análogas contenía un 12 por ciento de proteína y 2,1 g de lisina por 100 g de proteína. Los ensayos de alimentación en ratas han registrado una REP más alta para las variedades con alta lisina (1,78 y 2,05 respectivamente para la IS 11758 e IS 11167) mayor que para el sorgo normal (REP del 0,74 y 1,24).

Otro mutante de lisina elevada, el P721, resultó tener un 60 por ciento más de lisina que el sorgo normal. Van Scoyoc et al. (1988) han demostrado que la elevada lisina del P721 dependía fundamentalmente del aumento de la glutelina rica en lisina y de una reducción de la fracción de prolamina de escasa lisina del grano.

Ejeta y Axtell (1987) han observado que en todos los tres sorgos de lisina elevada el contenido de lisina de su germen no era diferente, pero que el contenido de lisina de su endospermo era superior al del sorgo normal.

Naik (1968) empleando el procedimiento modificado de extracción, ha observado grandes variaciones en la pauta de distribución de las fracciones proteínicas de las variedades de sorgo. La albúmina iba del 2 al 9 por ciento de la proteína total mientras que la globulina oscilaba del 12,9 al 16 por ciento, la prolamina del 27 al 43,1 por ciento y la glutelina del 26,1 al 39,6 por ciento. Se señalaron diferencias estacionales en la pauta de distribución de las fracciones de proteína (Virupaksha y Sastry, 1969) con las variedades de sorgo cultivadas en la estación rabi (seca), siendo sus valores relativamente inferiores en prolamina a los de otras temporadas.

Los estudios sobre la composición aminoácido de las fracciones de proteína señalada por Ahuja et al. (1970) han demostrado que las fracciones de albúmina y globulina contienen cantidades elevadas de lisina y triptófano y en general estaban bien equilibradas en su composición de aminoácidos esenciales. Por otro lado, la fracción de prolamina era sumamente pobre en lisina, arginina, histidina y triptófano, y contenía cantidades elevadas de prolina, ácido glutámico y leucina. Resultaba que la prolamina, presente en forma de sustancias proteínicas, era una fracción proteínica predominante y estaba asociada directamente con el contenido proteínico del grano. La glutelina, que es la segunda principal fracción proteínica del grano, es un componente estructural presente como matriz proteínica en el endospermo periférico e interior del grano de sorgo.

Los estudios tanto in vitro como in vivo han demostrado una amplia variabilidad en la digestibilidad proteínica de las variedades de sorgo (Axtell et al., 1981). Para las distintas variedades de sorgo se han señalado valores que van del 49,5 al 70 por ciento (Nawar et al., 1970) y del 30 al 70 por ciento (Sileno, 1977). Elmalik et al. (1986) ha observado que en las ratas la digestibilidad de la proteína de las variedades de sorgo con una textura de endospermo intermedia y córnea fue del 70,3 y 74,5 por ciento' valor inferior al observado para la proteína del maíz (78,5 por ciento). En algunas variedades de sorgo, los polifenoles condensados con los taninos presentes en los granos constituyen otro factor que influye desfavorablemente en la digestibilidad de la proteína y aminoácidos disponibles (Bach Knudsen et al., 1988a,b; Whitaker y Tanner, 1989).

En las variedades de sorgo sin tanino, Sikabbubba (1989) ha observado que la digestibilidad de la proteína guardaba una correlación inversa con la proteína total del grano ($r = -0,548$, $p < 0,1$), la prolamina total ($r = -0,627$, $p < 0,25$), la prolamina de enlace cruzado o beta-prolamina ($r = -0,647$, $p < 0,05$) y la digestibilidad de la beta-prolamina ($r = -0,727$, $p < 0,01$). Estudios en seres humanos realizados por Kurien et al. (1960) en muchachos de 10-11 años de edad, mostraron que una sustitución progresiva del arroz por sorgo, en una dieta predominantemente vegetariana, producía una disminución progresiva de

la digestibilidad de la proteína, que pasaba del 75 por ciento al 55 por ciento y una retención manifiesta del N que del 4,5 por ciento bajaba al 2,1 por ciento. También se realizaron observaciones anécdotas en muchachas de 10-11 años de edad alimentadas con proteínas de sorgo. En los estudios realizados sobre equilibrio del N realizados en niños de 6-30 meses, restablecidos de una malnutrición energético proteica, MacLean et al. (1981) han observado que en la alimentación las gachas preparadas a base de cuatro variedades de sorgo, incluidas dos con alto contenido de lisina (la P721 opaca y la IS11758), la digestibilidad media de la proteína era del 46 por ciento. Así pues, la digestibilidad de la proteína en el grano de sorgo resultó ser muy escasa frente a la del trigo (81 por ciento), maíz (73 por ciento) y arroz (66 por ciento) observada en anécdotas estudios realizados anteriormente. Sin embargo en un estudio llevado a cabo posteriormente (MacLean et al., 1983), los niños de corta edad alimentados con producto de sorgo descortezado y extruido registraba una gran mejora en la digestibilidad de la proteína, que pasaba del 46 por ciento al 81 por ciento y la cantidad de N retenida en una dieta a base de sorgo de grano entero se reforzaba del 14 al 21 por ciento. Los estudios in vitro (Mertz et al., 1984) realizados en el sorgo extruido también mostraban que el proceso de extrusión del grano de sorgo había mejorado la digestibilidad de la proteína y, por lo tanto, su valor nutritivo. También mejoró la digestibilidad de la proteína de sorgo después de convertir el grano en nasha unas gachas delgadas y fermentadas que se utiliza como alimento para niños de pecho en el Sudán (Graham et al., 1986). Los estudios referidos por Nicol y Phillips (1978) han mostrado una mejor retención del N cuando a hombres nigerianos de tipo normal se les alimentaba con sorgo machacado y aventado en casa con un contenido de fibra dietética reducido. Estas observaciones pusieron de relieve la importancia de la elaboración del grano para mejorar el valor nutritivo del sorgo. La menor digestibilidad de la proteína en el sorgo cocido se debió, según Hamaker et al. (1986), a la reducción de la solubilidad de la prolamina y a su digestibilidad por la pepsina.

Mijo perla

El mijo perla al igual que el sorgo tiene un contenido proteico que oscila generalmente entre el 9 y el 13 por ciento, pero se señalaron grandes variaciones en el contenido proteico, que iban del 6 al 21 por ciento (Serna-Saldivar et al., 1991). La lisina es también el primer aminoácido limitante de la proteína del mijo perla y se ha señalado una fuerte correlación inversa entre el nivel de proteína del grano y el contenido de lisina de la proteína (Deosthale et al., 1971). En las variedades de mijo perla con alto contenido de proteína, que va del 14,4 al 27,1 por ciento, también se han observado fuertes correlaciones inversas entre la proteína y la treonina, la metionina y el triptófano. El perfil de los aminoácidos esenciales muestra que la lisina, la treonina, la metionina y la cistina abundan más en la proteína del mijo perla que en las proteínas del sorgo y otros tipos de mijo. Su contenido de triptófano es también más alto (Cuadro 21).

Se observa una amplia variación en el contenido de lisina de la proteína del mijo perla con unos valores que van de 1,59 a 3,80 g por 100 g de proteína. Partiendo de una puntuación química calculada en relación con las necesidades de aminoácidos para los distintos grupos de edad resultaba que el mijo perla tiene un mayor potencial para cubrir las necesidades de lisina de niños en desarrollo (Cuadro 22) que la mayoría de los otros cereales. Pushpamma et al. (1972) observaron en los ensayos de alimentación de ratas una REP del 1,84 para el mijo perla frente a un valor de 1,74 para el mijo coracón 1,46 para el sorgo y 1,36 para el maíz. Lo cual ha corroborado la opinión de que la calidad proteica del mijo perla era muy alta en comparación con la de otros cereales. Si se enriquece la dieta de mijo perla con un 0,3 por ciento de lisina HCL, la respuesta de los animales en el crecimiento se reforzaba y casi era análoga a la dieta de los testigos alimentados con caseína (Howe y Gilfillan, 1970).

La calidad de la proteína va asociada a la pauta de distribución de las fracciones de proteína en el grano. Sawhney y Naik (1969) observaron una gran variabilidad en las fracciones de proteína de las variedades de mijo perla. La albúmina iba del 6,1 al 26,5 por ciento (media del 15,1 por ciento), la globulina del 3,5 al 14,7 por ciento (media del 8,7 por ciento), la prolamina del 21,3 al 38 por ciento (media del

30,2 por ciento) y la glutelina del 23,8 al 37,7 por ciento (media del 30,3 por ciento). Al igual que en el caso de otros cereales, la albúmina y la globulina abundan en el contenido de lisina y de otros aminoácidos básicos, arginina e histidina. La fracción de globulina parecía ser muy rica en ácidos aminosulfúricos. La fracción de prolaminas caracteriza por su elevado ácido glutámico, la prolina y la leucina. También resultaba ser rica en triptófano. Se encomienda que la glutelina contenga más lisina y relativamente menos triptófano.

La digestibilidad real de la proteína en ratas alimentadas con mijo perla variaba dentro de un estrecho margen que iba del 94 al 97 por ciento (Singh et al. 1987) y no resultaba afectada por el contenido proteínico del cereal (Cuadro 24). El contenido de energía digestible era inferior en los tipos con proteína elevada debido a su alto contenido de prolamina. En los genotipos con elevada proteína en el grano, el contenido de lisina de la proteína era bajo, lo cual se reflejaba en sus bajos VB y UNP. Ahora bien, la proteína utilizable neta (porcentaje de proteína x UNP) partiendo de genotipos de elevada proteína fue de dos a tres veces superior a la de los mijos normales. Dassenko (1980) había observado que la digestibilidad de la proteína y energía en las ratas alimentadas con harina de mijo perla crudo era superior a la de las ratas alimentadas con harina de trigo crudo. Sin embargo, el daño que causa a la proteína el calor debido al tiempo más largo de cocción exigido para el chapatti de mijo se consideraba la causa de la reducción de la digestibilidad y de la baja REP del mijo perla. Kurien et al. (1961) había realizado estudios de equilibrio del N en muchachos de 11-12 años de un internado. La digestibilidad aparente de la proteína en una dieta a base de mijo perla era del 52,9 por ciento y el equilibrio de N era positivo.

CUADRO 24 Calidad de la proteína y energía digestible en mijos descascarillados (porcentaje)

Grano	Digestibilidad	Valor	Utilización	Energía
-------	----------------	-------	-------------	---------

	real	biológico	neto de la proteína	digestible
Mijo perla (bajo en proteína)	95,9	65,6	62,9	89,9
Mijo perla (alto en proteína)	94,6	58,8	55,7	85,3
Mijo cola de zorra	95,0	48,4	46,3	96,1
Mijo común	99,3	52,4	52,0	96,6
Mijo menor	97,7	53,0	51,8	96,1
Mijo de los arrozales	95,3	54,8	52,2	95,6
Mijo kodo	96,6	56,5	54,5	95,7

Fuentes: Singh et al., 1987 (mijo perla) Geervan y Eggum 1989 (otros mijos).

Milo coracón

El mijo coracón comparado con otros cereales comunes es relativamente pobre en contenido proteínico (Cuadro 17). Se nota una amplia variabilidad en la composición del grano, incluido su contenido proteínico (Hulse et al., 1980). Los factores tanto genéticos como ambientales parecen jugar un papel importante en la determinación de contenido proteínico del mijo perla (Pore y Magar, 1977; Virupaksha et al., 1975). La prolamina es la fracción principal de proteína en el mijo coracón (Cuadro 23). La elevada proteína de las variedades de grano blanco del mijo coracón se deba al contenido mayor de prolamina del grano y su proporción más elevada en la proteína era la causa del bajo contenido de

lisina y, por lo tanto, de la menor calidad proteínica (Virupaksha et al., 1975). Las diferencias en la composición aminoácida de las distintas variedades de mijo coracón eran grandes y, como en otros cereales, el contenido tanto de lisina como de metionina de la proteína guardaban una correlación inversa con el contenido proteico del grano. Las fracciones de la proteína mostraban también amplias variaciones en su composición de aminoácidos. Aunque resultaba que las fracciones de albúmina y globulina contenían un buen complemento de aminoácidos esenciales, la proteína de la prolamina contenía mayores proporciones de ácido glutámico, de prolina, valina, isoleucina, leucina y fenilalanina, pero resultaban bajas la lisina, la arginina y la glicina. La composición aminoácida de la prolamina era casi análoga a la de la proteína del endospermo.

Los estudios hechos in vitro han demostrado que las proteínas del mijo coracón y del mijo kodo eran resistentes a la digestión de la pepsina a menos que se cocieran previamente en un autoclave durante 15 minutos o se hirvieran al menos durante dos horas en agua. Ramachandra et al. (1977) han encontrado que algunas de las variedades de mijo coracón contenían taninos condensados en proporciones de hasta el 3,42 por ciento. La digestibilidad de la proteína del grano resultaba perjudicada por el tanino del mismo. En los estudios de equilibrio de N realizados por Subrahmanyam et al. (1955), se demostró que la dieta a base de mijo coracón bastaba para obtener un equilibrio positivo en los adultos. La digestibilidad de la proteína del mijo coracón resultaba ser del 50 por ciento en este estudio y los sujetos registraban unos equilibrios positivos de calcio y fósforo.

Doraiswamy et. al. (1969) había demostrado que el complementar la dieta de proteína del mijo perla con lisina o con proteína foliar además de la lisina, mejoraba considerablemente la retención del N en niños pequeños, los cuales registraban un mayor aumento también en su talla y peso. La utilización del mijo coracón en la alimentación de niños y bebés parecía, sin embargo, estar limitada debido a la escasa digestibilidad y a la gran cantidad necesaria para cubrir las necesidades. Los estudios hechos en ratas en crecimiento habían demostrado que en el caso del mijo coracón brotado los resultados en

cuanto a crecimiento de los animales eran mejores en comparación con los alimentados con grano crudo. Sin embargo, la calidad de la proteína a juzgar por la REP seguía inalterada (Hemanalini et al., 1 980). Los granos de mijo coracón germinados con su ulterior elaboración por secado, tostado y filtrado a través de un paño daban un producto bajo en fibra dietética. Los animales alimentados con este producto como fuente de proteína mostraban una retención de calcio mejorada, lo cual se debió probablemente al bajo contenido de fibra dietética de la harina.

Los granos malteados del mijo coracón tienen una actividad enzimática sacarífera considerablemente mayor, útil para la confección de cerveza. Esta actividad enzimática se ha demostrado que es superior a la del sorgo malteado, mijo perla o maíz (Reo y Mushonga, 1985). Los alimentos de destete con una baja viscosidad de la pasta caliente y una alta densidad energética se elaboraban utilizando una combinación de mijo coracón malteado, del cual se había removido la parte vegetativa, con frijol mungo. Una mezcla de 70 partes de granos malteados de mijo coracón y 30 partes de frijol mungo, con un contenido de un 10 por ciento de leche desnatada en polvo, tenía una REP del 2,7 y una UNP del 63 por ciento (Malleshi y Desikachar, 1982). Recientemente, Dublisch et al. (1988) prepararon una mezcla de arroz (42.5 partes), de mijo coracón (42,5 partes) y harina de soja desgrasada (15 partes) y prepararon un producto cocido extruido con una mejora considerable de la calidad de la proteína. Los valores de la REP después de la extrusión habían aumentado de 1,92 a 2,41. Se registraba una destrucción del 70-100 por ciento de la actividad inhibidora de la tripsina en el producto, el contenido de tanino era inferior a las cantidades medibles y el fósforo de fitina en tanto por ciento del fósforo total se reducía en un 4-13 por ciento. Estos cambios pudieran desde luego haber contribuido a mejorar la calidad de la proteína. El mijo coracón mezclado con harina de soja desgrasada (85: 15) por extrusión tenía una REP del 2,23 frente a un valor de 1,81 para la mezcla no elaborada.

Mijo cola de zorra

La proteína del mijo de cola de zorra también es deficiente en lisina. La riqueza del aminoácido lisina (Cuadro 22) de este mijo era comparable a la del maíz (Baghel et al., 1985). Monteiro et al. (1982) observó una gran variación en el contenido de proteína del grano y en su pauta de distribución en fracciones de diferente solubilidad. La prolamina (Cuadro 23) constituía la principal proteína de almacenamiento, que mostraba una correlación positiva con la proteína total del grano. La composición aminoácida de las fracciones de proteína y de la proteína total en distintas variedades ha confirmado y la lisina como el primer aminoácido limitante, seguida por el triptófano y los aminoácidos sulfurados.

Al aumentar la proteína del grano se reduce el contenido de lisina de la proteína. Se observó que la proteína tenía un contenido elevado de leucina. Naren y Virupaksha (1990) han observado que la prolamina es relativamente rica en metionina aminoácida sulfurada y que el estado sulfurado de los suelos afecta a la síntesis de la prolamina en el grano. En sus estudios sobre la digestibilidad de la proteína *in vitro*, Monteiro et al. (1988) han demostrado que del 90,5 al 96,9 por ciento de la proteína en el mijo cola de zorra era digerible por la pepsina, y del 89,7 al 95,6 por ciento gracias a la papaína. La mala digestibilidad con la tripsina (21,6 a 36,9 por ciento) mejoraba con un tratamiento previo a base de ácidos. La calidad de la proteína del grano descascarado (Cuadro 24) era mínima entre los mijos menores ensayados (Geervani y Eggum, 1989). El tratamiento térmico o los complementos de la lisina mejoraban la calidad de la proteína (Geervani y Eggum, 1989). Los experimentos de alimentación en las ratas en crecimiento han demostrado que, cuando se las alimenta con un 10 por ciento de proteína el equilibrio de N mejoraba pasando del 19 al 31 por ciento cuando la dieta a base de mijo de cola de zorra se enriquecía con lisina. La digestibilidad de la proteína y su VB también se reforzaban cuando la dieta se complementaba con lisina (Ganapathy et al., 1957). El complementar el mijo descascarado con garbanzas elevaba la REP de 0,5 a 2,2.

Mijo común

Aunque se ha señalado que la gama de contenido de proteína en el mijo común era muy amplia, los valores parecían hallarse más frecuentemente en el margen estrecho del 11,3 al 12,7 por ciento, con una media del 11,6 por ciento en materia seca (Serna-Saldivar et al., 1991). La proteína del mijo común es deficiente en lisina y treonina, y también es marginal su contenido de triptófano (Chung y Pomeranz, 1985). Los estudios hechos sobre la fracción de solubilidad de la proteína en el mijo común habrían demostrado que más del 50 por ciento de la proteína del grano es prolamina y que la siguiente fracción más importante es la glutelina, con un 28 por ciento. Resultaba que la fracción de prolamina era escasísima en lisina, arginina y lisina frente a la fracción de albúmina y globulina, y tenía más alanina, metionina y leucina (Jones et al., 1970). Cuando se daba como única fuente de proteína (8,4 por ciento) en la dieta, la REP para el mijo común resultaba ser del 0,95. Con arreglo a los datos compilados por Kuppuswamy et al. (1958), la dieta a base de mijo común con 9-11 por ciento de proteína tenía una REP del 1,2 y un V B de 56. Para ver la calidad de su proteína se comparó con caseína y gluten una proteína aislada (84,8 por ciento de proteína) por extracción con solución alcalina de mijo común (Tashiro y Maki, 1977). En un ensayo de alimentación durante 21 días en ratas jóvenes con un 10 por ciento de proteína en su alimentación, la REP del aislado proteínico del mijo común fue del 3,1 frente al 2,8 de la caseína. Los animales alimentados con harina de mijo entero como fuente de proteína dejaron de crecer. En las ratas adultas, el VB de la harina de mijo es también superior al de las demás fuentes proteínicas. En los ensayos in vitro, la proteína aislada resultaba digerible por la pepsina, y la pepsina-pancreatina pero no por la tripsina.

Otros mijos

Los mijos kodo, de los arrozales y pequeño fueron menos investigados desde el punto de vista nutricional. Los granos de mijo kodo se hallan encerrados en una cáscara dura y cornea que resulta difícil de eliminar. El contenido de fibra dietética del grano entero es muy elevado. Con un 11 por ciento de proteína aproximadamente, la calidad de ésta parecía ser mejor que la de las proteínas de otros

mijos y cereales (Cuadro 24). Aparte de la lisina, la proteína del mijo kodo tiene poco triptófano (Chung y Pomeranz, 1985). Al igual que con otros cereales de consumo humano, el valor nutritivo de la proteína del mijo kodo mejor al complementarlo con proteína de leguminosas (Rajalakshmi y Mujumdar, 1966). La REP del mijo kodo, complementada con hoja de garbanzos y hojas de amaranto aumentó del 0,9 al 1,9 (Patwardhan, 1961b).

El mijo de los arrozales y el mijo pequeño son comparables al mijo común en su contenido de proteína y grasa (Geervani y Eggum, 1989), y ambos tienen un contenido elevado de fibra dietética. Con una riqueza química de lisina del 31 y 33 por ciento, el mijo pequeño y el mijo de los arrozales son los de proteína de calidad más pobre entre los mijos existentes. Ambos son además comparables en su digestibilidad de la proteína, VB, UNP y contenido de energía digerible y, por lo tanto, en su valor nutritivo general.

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

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

Lipidos

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

Sorgo

El contenido de grasa cruda del sorgo es del 3 por ciento, que es superior al del trigo y arroz pero inferior

al del maíz. Las capas de germen y aleurona son los principales determinantes de la fracción de lípidos. El germen en sí aporta un 80 por ciento de la grasa total (Rooney y Serna-Saldivar, 1991). Como la grasa del grano se halla mayormente localizada en el germen, en los mutantes del sorgo con la gran fracción del embrión, el contenido de grasa es superior (5,8 a 6,6 por ciento) al normal (Jambunathan, 1980). Las variaciones en el contenido de grasa del grano se atribuyen en parte a los diferentes sistemas de solventes que se habrían utilizado para la extracción de la grasa del grano. Price y Parson (1975) han observado que la fracción de lípidos neutros era del 86,2 por ciento, de glicolípidos del 3,1 por ciento y de fosfolípidos del 10,7 por ciento en la grasa del sorgo.

No se señalaba ninguna diferencia importante en el contenido de grasa en diversas variedades de sorgo cultivado y silvestre (Stemler et. al., 1976). El ácido graso fue considerablemente superior en el kafir en el sorgo de cola de zorra y silvestre que en el sorgo bicolor, curra y guinea. En cambio, los tipos de sorgo cola de zorra eran los de más bajo contenido de ácido linoleico: mientras que las variedades bicolor, curra y guinea lo tenían en cantidad superior al sorgo silvestre y kafir. Los ácidos oleico y linoleico guardaban una correlación negativa entre sí. La composición de ácidos grasos de la grasa de sorgo (49 por ciento de ácido linoleico, 31 por ciento de oleico, 14 por ciento de palmítico, 2,7 por ciento de linoleico y 2,1 por ciento de esteárico) era análoga a la del maíz pero resultaba más insaturada (Rooney, 1978).

Mijos

Entre los mijos, el mijo coracón, el mijo cola de zorra y el mijo kodo resultaban contener una cantidad menor de grasa en el grano (Cuadro 17), mientras que el contenido de grasa del mijo común era análogo a la del sorgo. El contenido de grasa del mijo perla es el mayor entre los mijos.

Lai y Varriano-Marston (1980) no habrían observado diferencias notables en la composición de los ácidos grasos de cuatro poblaciones diferentes a granel de mijo perla. Jellum y Powell (1971) también

han encontrado que las diferencias en los procedimientos de extracción de los lípidos, así como su variabilidad genética, determinaban las diferencias en los contenidos del mijo perla en ácidos grasos. Los ácidos grasos principales en la grasa tanto libre como combinada fueron el linoleico, el oleico y el palmítico. Se señalaron diferencias claras en la composición de ácidos grasos en fracciones de lípidos neutrales, fosfolípidos y glicolípidos (Osagie y Kates, 1984). El lípido neutral fue máximo en el ácido linoleico y mínimo en el ácido palmítico; los fosfolípidos fueron mínimos en el oleico y máximos en el ácido palmítico; y los glicolípidos fueron máximos en el ácido linoléico.

La composición de ácidos grasos del mijo común y del mijo cola de zorra no era diferente de la del sorgo (Hulse et al., 1980). El mijo común resultó contener un 1,8-3,9 por ciento de lípidos, y un 24 por ciento aproximadamente de la grasa del grano se hallaba en el componente del embrión. El perfil de los ácidos grasos mostraba que el ácido graso saturado ascendía en total a 17,9-21,6 por ciento mientras que los ácidos grasos insaturados iban del 78 al 82 por ciento. La grasa sin refinar extraída del grano de mijo común contenía de 8,3 a 10,5 mg de vitamina A y de 87-96 mg de vitamina E por cada 100 g. Al refinarlo se perdía toda la actividad de la vitaminas A mientras que se registraba una pérdida importante en el contenido de vitamina E. Esta también está presente en la grasa extraída del grano de sorgo.

CUADRO 25 Composición mineral del sorgo y de los mijos (mg/100 g de materia seca)

Grano	Número de cultivares	P	Mg	Ca	Fe	Zn	Cu	Mn	Mo	Cr
Sorgo	6	352	171	15	4,2	2,5	0,44	1,15	0,06	0,017
Mijo perla	9	379	137	46	8,0	3,1	1,06	1,15	0,07	0,023

Mijo coracón	6	320	137	398	3,9	2,3	0,47	5,49	0,10	0,028
Mijo cola de zorra	5									
Entero		422	81	38	5 3	2,9	1 60	0,85	-	0 070
Sin cascara		360	68	21	2 8	2,4	1 40	0,60	-	0030
Mijo común	5									
Entero		281	117	23	4,0	2,4	5,80	1,20	-	0,040
Sin cascara		156	78	8	0,8	1,4	1,60	0,60	-	0,020
Mijo menor	5									
Entero		251	133	12	13 9	3 5	1 60	1,03	-	0 240
Sin cascara		220	139	13	9 3	3 7	1 00	0,68	-	0 180
Mijo de los arrozales	5									
Entero		340	82	21	9,2	2,6	1,30	1,33	-	0,140
Sin cascara	267	39	28	5,0	3,0	0,60	0,96	-	0,090	
Mito kodo	5									
Entero		215	166	31	3,6	1,5	5,80	2,90	-	0,080
Sin cascara	161	82	20	0,5	0,7	1,60	1,10	-	0,020	

Fuentes: Sankara Rao v Deosthale. 1480 (sorgo) 1983 (mijos perla y coracón). ineditos (otros mijos)

Minerales

La composición mineral de los granos de sorgo y de los mijos es muy variable (Cuadro 25). Más que los factores genéticos, son más bien las condiciones ambientales que predominan en la región de cultivo las que determinan su contenido de minerales.

Sorgo

En el grano del sorgo, la materia mineral está distribuida desigualmente y se halla más concentrada en el germen y en el revestimiento de la semilla (Hubbard et al., 1950). Pedersen y Eggum (1983) han demostrado que en las harinas de sorgo se verifica una reducción progresiva en los contenidos de minerales como fósforo, hierro, zinc y cobre en relación a los índices cada vez más bajos de extracción. Asimismo, perlar el grano para eliminar el revestimiento fibroso de la semilla daba lugar a una gran reducción en el contenido mineral del sorgo (Sankara Rao y Deosthale, 1980). Sin embargo, estos estudios han demostrado también que, in vitro, la disponibilidad de hierro a juzgar por el hierro ionizable expresado en tanto por ciento del hierro total era superior en el grano perlado. El descascarillado aumenta la disponibilidad de hierro porque la cascara es rica en fitato, un compuesto que ligándose al hierro y a otros minerales impide su biodisponibilidad (véase el Capítulo 6). Mbofung y Ndjouenkeu (1990) han observado que el porcentaje del hierro soluble e ionizable era superior en las gachas preparadas con sorgo descascarillado mecánicamente que en las preparadas con grano molido en la forma tradicional a base de mortero y mano. Esta mayor disponibilidad se atribula a la eliminación efectiva de la cascara rica en fitato en la molienda mecánica y también en parte a una mayor destrucción del fitato durante el remojo de los granos antes de su descascarillado.

En estudios en mujeres de la India se ha demostrado que la absorción de hierro era superior cuando se

hacía en un cultivar de sorgo sin tanino que en un cultivar con alto contenido de tanino (Gillooly et al., 1984). El perlado del grano mejoraba la absorción del hierro tanto en los cultivares de bajo como de alto nivel de tanino. Radhakrishnan y Sivaprasad (1980) habían evaluado la biodisponibilidad del hierro en sujetos normales y anémicos alimentados con dietas basadas en dos variedades de sorgo que contenían por cada 100 g 20 y 136 mg de tanino y 160 y 273 mg de fósforo de fitina, respectivamente. En sujetos normales, la absorción de hierro en el sorgo de contenido bajo y alto de tanino era básicamente similar. Sin embargo, en los sujetos anémicos, la absorción era muy inferior en el sorgo de alto contenido de tanino. Igualando el contenido de fitato de las harinas de los dos sorgos, desaparecía la diferencia en la absorción de hierro. Se llegó a la conclusión de que, en los niveles de taninos presentes en las dos variedades de sorgo, los taninos tienen un papel secundario en la determinación de la biodisponibilidad del hierro.

Gillooly et al. (1984) no hallaron diferencia alguna en la absorción de hierro en las gachas preparadas con grano malteado o sin maltear. Ellos han observado que, agregando ácido ascórbico, se favorecía la absorción de hierro en ambos tipos de gachas, mientras el consumo de tén influía desfavorablemente en la absorción de hierro. La absorción de hierro variaba en un estrecho margen del 72 al 83 por ciento en ratas alimentadas con ácido cítrico, básico o neutral tén de sorgo, gachas de maíz o aceda (gachas fermentadas de sorgo) (Stuart et al., 1987). Sin embargo, resultó que la absorción de zinc era muy superior (el 97 por ciento) en ratas alimentadas con aceda a las alimentadas con gachas de maíz y los tres tipos de tén (67-78 por ciento).

Las cervezas hechas con adiciones de sorgo y semola de maíz son muy comunes en los países africanos. Derman et al.

(1980) han observado que, en comparación con las gachas preparadas a base de estos dos granos, la absorción de hierro era más de doce veces en la cerveza hecha con sorgo o maíz. Van Heerden (1989) ha observado que la cerveza hecha con adición de sorgo más que con semola de maíz era una fuente

concentrada no solo de vitaminas como tiamina y ácido nicotínico sino también de varios minerales, en particular cobre, manganeso, hierro, magnesio, potasio y fósforo. Con cantidades apreciables de proteína y almidón, la cerveza de sorgo con ningún fitato detectable en ella constituye una fuente importante que contribuye a la ingesta diaria de vitaminas y minerales en las poblaciones africanas.

Mijo perla

Se habían señalado amplias variaciones en la composición mineral y de oligoelementos del mijo perla y como en el caso del sorgo la composición del suelo y su naturaleza se consideraban como el factor ambiental principal que determinaba el contenido menor al del grano (Hoseney et al., 1987; Jambunathan y Subramanian, 1988). La elaboración del mijo perla hasta conseguir una harina con un índice del 75 por ciento de extracción redujo el contenido de calcio e hierro en un 66 por ciento (De Wit y Schweigart, 1970). Estudios realizados por Dassenko (1980) han demostrado fuertes pérdidas de calcio, magnesio y sodio pero no de hierro y potasio en la molturación del mijo perla en harina con un 67 por ciento de extracción. En los estudios sobre alimentación de ratas, Ifon (1981) llegó a la conclusión de que la absorción de hierro por animales anémicos, alimentados con mijo perla como fuente de hierro (2 mg por kg de peso) ascendía al 35,7 por ciento frente al 29,7 por ciento en el sorgo, 37,5 por ciento en el maíz, 40 por ciento en la soja y 33,3 por ciento en el guandú o bambara. En estudios de biodisponibilidad utilizando pollos, Nwokolo (1987) observó que la disponibilidad de magnesio en el mijo perla era superior a la del sorgo. Sin embargo, el mijo resultó pobre en zinc, hierro y manganeso disponibles en comparación con el sorgo.

El malteado del mijo perla y de los granos de mijo perla y coracón reforzaba varias veces su contenido ionizable de hierro y también aumentaba considerablemente el contenido de zinc, lo que indicaba el mejoramiento en la disponibilidad in vitro de estos dos elementos (Sankara Rao y Deosthale, 1983). En estudios realizados por Klopfenstein et al. (1985), se observó que las ratas alimentadas con mijo perla

complementado con carbonato cálcico en su dieta seguían creciendo perfectamente después de siete semanas de alimentación mientras que las nutridas con mijo sin complemento dejaban de crecer pasadas cuatro semanas. Se llegó a la conclusión de que el calcio era un factor más limitante que la lisina u otros nutrientes en el mijo perla cuando se da a ratas en crecimiento.

Mijo coracón

Salvo por su contenido altísimo de calcio y manganeso, la composición del mijo coracón en minerales y oligoelementos es comparable a la del sorgo. Babu et al. (1987) informan de algunas variedades con alto contenido proteínico (8 a 12,1 por ciento) y variedades de alto rendimiento de mijo coracón que también eran ricas en calcio (294-390 mg por 100 g). Estudios realizados en muchachas de 9-10 años por Joseph et al. (1959) han demostrado que la sustitución del arroz con mijo coracón en una dieta a base de arroz no sólo mantenía un equilibrio positivo en el N sino también mejoraba la retención de calcio. Por lo tanto, el mijo perla podría utilizarse para superar la deficiencia de calcio en la dieta de arroz. Los estudios hechos in vitro han demostrado que la biodisponibilidad de hierro era escasa en variedades de grano de cultivo común y muy pigmentadas de mijo coracón debido a su contenido de tanino. La eliminación o la reducción del tanino, bien sea por extracción con algún disolvente bien por germinación del grano, aumentaba el contenido de hierro ionizable. Estos estudios habrían demostrado también que la disponibilidad de hierro expresada en contenido de hierro ionizable era superior en las variedades de mijo coracón de grano blanco y sin tanino (Udayasekhara Rao y Deosthale, 1988).

Otros mijos

En comparación con los granos cerealeros de consumo más común, incluido el sorgo, la materia mineral total en contenido de ceniza era relativamente superior en los mijos común, pequeño, cola de zorra, kodo y de los arrozales. Estos mijos, denominados muchas veces mijos menores, se conocían también

por su alto contenido de cascara fibrosa en el grano. Generalmente, estos granos para consumo humano se descascarillan para eliminar la cascara gruesa y luego consumirlos. Junto con la cascara en todos los cinco mijos se producen grandes pérdidas de nutrientes. El grado de estas pérdidas por descascarillado era variable y dependía del contenido mineral de las especies de mijos menores (datos inéditos de Sankara Rao y Deosthale) (Cuadro 25).

Lorenz (1983) observó que el contenido de las variedades de mijo común en fitato iba de 170 a 470 mg por 100 g de grano entero. En el descascarillado se producía una reducción del 27 al 53 por ciento en el contenido de fitato del mijo. Sankara Rao y Deosthale (datos inéditos) hallaron que con el descascarillado la reducción en fósforo de fitina era del 12 por ciento en el caso del mijo común, del 39 por ciento en el mijo pequeño, del 25 por ciento en el kodo y del 23 por ciento en el mijo de los arrozales.

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

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

Vitaminas

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

Sorgo

El sorgo y los mijos son en general ricas fuentes de vitaminas B. Algunas variedades de endospermo amarillo de sorgo contienen beta-caroteno, que podrá ser convertido en vitamina A por el cuerpo

humano. Blessin et al. (1958) han aislado los carotenoides de sorgo y los han separado para identificarlos como gluteína, ceaxantina y beta-caroteno. Suryanarayana Rao et al. (1968) han analizado varias variedades de sorgo para ver cuál era su contenido en betacaroteno. Las variaciones a este respecto eran muy grandes y los valores iban de 0 a 0,097 mg por 100 g de la muestra de grano. Dada la naturaleza fotosensitiva de los carotenos, y la variabilidad debida a factores ambientales, es probable que sea limitada la importancia de las variedades de sorgo de endospermo amarillo como fuente alimentaria de vitamina A.

En el grano de sorgo también se han encontrado cantidades detectables de otras vitaminas liposolubles, a saber, D, E y K. El sorgo tal como se consume comúnmente no es una fuente de vitamina C. Al germinar, se sintetiza una cierta cantidad de vitamina C (Taur e! al., 1984) en el grano y al fermentar se produce un ulterior aumento del contenido de vitamina. Los ensayos de alimentación en conejillos de indias han demostrado que en las dietas a base de trigo, arroz, maíz o mijo perla la necesidad de vitamina C en los animales para su crecimiento óptimo se quintuplicada respecto de la de animales alimentados con caseína (Klopfenstein et al., 1981 a,b,c). Estudios recientes han demostrado también que las necesidades de los conejillos de indias por lo que respecta a la vitamina C en dietas isonitrogenadas, isocalóricas y nutricionalmente suficientes, a base de sorgo, eran de 40 mg por día frente a 2 mg en la dieta a base de caseína. Niveles superiores de ácido ascórbico alimentario tenían por lo que se ve un efecto economizador de la niacina en la dieta a base de sorgo.

Lo que es bastante interesante es que los animales alimentados con 40 mg de ácido ascórbico tenían bajos niveles de colesterol en sangre e hígado. La importancia de estas observaciones, por lo que se refiere a la nutrición de poblaciones que consumen fundamentalmente sorgo, requiere una investigación más a fondo.

Entre las vitaminas B, las concentraciones de tiamina, riboflavina y niacina que hay en el sorgo son

comparables a las del maíz (Cuadro 17). Se han observado amplias variaciones en los valores señalados especialmente para la niacina por diferentes investigadores (Hulse et al., 1980). Tanner et al. (1947) señalaron el altísimo contenido de niacina de 9,16 mg por 100 g del sorgo. El sorgo etíope con alto índice de lisina tenía también un contenido muy elevado de niacina, con unos valores por 100 g que iban de 10,5 mg en ISI 1167 a 11,5 en ISI 1758, frente a 2,9-4,9 mg en el sorgo normal (Pant, 1975).

La niacina en los granos de cereal existe en forma combinada que es alcalino soluble pero que se considera biológicamente indisponible para el hombre (Goldsmith et al., 1956). Ghosh et al. (1963) observaron que el 80,90 por ciento de la niacina en los granos de sorgo se hallaba en forma combinada, estaba disponible para el crecimiento del microorganismo empleado en el ensayo de niacina sólo después del tratamiento alcalino del extracto. Adrian et al. (1970) aplicaron diferentes procedimientos de extracción y llegaron a la conclusión de que en el sorgo el 20-28 por ciento de la niacina era extraíble en agua fría y por lo tanto biológicamente disponible, comparada con el 45 por ciento del maíz. Belavady y Gopalan (1966) en sus estudios en perros habían observado que la niacina del grano de sorgo se hallaba totalmente disponible, observación que era muy distinta de la de Ghosh et al. (1963) y Adrian et al. (1970). En recientes estudios de Carter y Carpenter (1981, 1982) se había demostrado que la niacina del grano de sorgo se hallaba presente como un complejo de gran peso molecular. Resultaba disponible biológicamente para las ratas después de un tratamiento con solución alcalina del grano pero no después de hervir en agua. En los cereales hervidos, la niacina total por 100 g en el grano de arroz era de 7,07 mg, en el de trigo de 5,73 mg, en el de sorgo de 4,53 mg, y en el de maíz de 1,88 mg. La proporción de la niacina total disponible para las ratas era en el arroz un 41 por ciento, en el trigo un 31 por ciento, en el sorgo un 33 por ciento y en el maíz un 37 por ciento. Así pues, la biodisponibilidad de la niacina en los granos de cereales resultó ser limitada (Wall y Carpenter, 1988).

Otras vitaminas B presentes en el sorgo en cantidades notables por 100 g son la vitamina B6 (0,5 mg), la folacina (0,02 mg), el ácido pantotémico (1,25 mg) y la biotina (0,042 mg) (United States National

Research Council/ National Academy of Sciences, 1982).

Mijos

Los datos disponibles son muy escasos por lo que respecta al contenido vitamínico del mijo perla, el mijo coracón y otros mijos de menor importancia. El contenido de los mijos en tiamina y riboflavina no era muy diferente del sorgo (Cuadro 17). En cambio, el contenido de niacina en algunos de ellos era inferior. Ghosh et al. (1963) encontraron que, como en el sorgo, el 80-90 por ciento de la niacina en los granos de mijo perla no era biológicamente disponible. Sin embargo, Adrian et al. (1970) encontraron que el 31-40 por ciento de la niacina del mijo perla era extraíble en agua fría y por lo tanto biológicamente disponible. En el mijo pequeño, la niacina total era muy alta (10.88 mg por ciento), un valor el doble o el triple superior al existente en otros cereales. Sin embargo, sólo el 13 por ciento de ese contenido era extraíble en agua fría.

Khalil y Sawaya (1984) llegaron a la conclusión de que, en comparación con la harina de mijo perla, el pan preparado con mijo siguiendo el método tradicional era considerablemente inferior en tiamina, ácido pantotámico y ácido fólico. La harina de mijo resultó ser relativamente alta en ácido pantotámico. En nueve variedades de mijo perla, el contenido de tiamina variaba de 0,29 a 0,40 mg por 100 g, con una media de 0,34 mg (Chauhan et al., 1986). La germinación de los granos de mijo perla, mijo coracón y mijo cola de zorra durante 48 horas aumentó el ácido ascórbico respectivamente a 4, 5 y 6 mg por 100 g. Se daba también un aumento pequeño pero importante en el contenido de tiamina (Malleshi y Desikachar, 1986a) Opoku et al. (1981) han señalado la existencia de aumentos en tiamina, riboflavina, ácido ascórbico, vitamina A y tocoferol en el mijo perla germinado durante 48 horas y cocido al horno a 45°C, pero resultó que la niacina había disminuido en un 30 por ciento aproximadamente. Aliya y Geervani (1981) observaron un aumento de la tiamina (90 por ciento) y de la riboflavina (85 por ciento) en la fermentación de la harina de mijo perla. En cambio, la cocción al vapor de la pasta

fermentada disminuye el contenido de tiamina (64 por ciento) y el de riboflavina (28 por ciento) por debajo de los valores iniciales de la pasta no fermentada. Dassenko (1980) observó pérdidas análogas al fermentar la harina de mijo perla. Al cocerla no había cambio en el contenido vitamínico del producto fermentado.

Fibra dietética

Se emplea la expresión fibra dietética para describir una variedad de polisacáridos vegetales indigestibles, en particular la celulosa, las hemicelulosas, las pectinas, los oligosacáridos, las gomas y varios compuestos lignificados. Según la definición modificada de Trowell (1976), la fibra dietética se define como la suma de la lignina y polisacáridos que no están hidrolizados por las enzimas endógenas del tracto digestivo humano. Kamath y Belavady (1980) observaron que el principal componente de fibra insoluble del sorgo era la celulosa y variaba del 1,19 al 5,23 por ciento en las variedades de sorgo. En cualquier material de semilla hay dos fuentes de fibra alimentaria, a saber: la cáscara o el pericarpio y los componentes estructurales de la pared celular. Las paredes de las células vegetales contienen muchos componentes no carbohidratados además de lignina como proteínas, lípidos y material inorgánico, que modifican las propiedades de los polisacáridos. Se han propuesto varios métodos para la medición de la fibra dietética total que hay en los alimentos. Cada uno de esos métodos tiene algunas limitaciones que pueden ser uno de los elementos que expliquen las variaciones observadas en los valores dados para el contenido en fibras dietéticas de varios alimentos.

Sorgo

Bach Knudsen y Munck (1985) se encontraron con que la variedad Dabar de un sorgo sudanés de bajo contenido de tanino y de consumo común tenía un contenido total de fibra dietética del 7,6 por ciento

mientras que la variedad Feterita sudanesa de alto contenido de tanino tenía un contenido total de fibra dietética del 9,2 por ciento. Una gran proporción de la fibra dietética total en ambas variedades era hidrosoluble, un 6,5 por ciento en la variedad Dabar y un 7,9 por ciento en la Feterita. La fibra ácido-detergente de las dos variedades era también diferente en sus valores, siendo del 2,9 por ciento en la Dabar y del 3,6 por ciento en la Feterita. La contribución de los polifenoles a la fracción de lignina de la fibra dietética era la causa de los valores más altos de fibra dietética en las variedades de alto contenido de tanino. La cocción del sorgo como gachas de grano integral reduce la disponibilidad de energía a causa principalmente de la formación de un almidón resistente a la enzima y por lo tanto aumentaba aparentemente el contenido de fibra dietética de ambas variedades de sorgo. La fermentación a un pH 3,9 ayudaba a superar la formación de almidón resistente e impedía asimismo la formación de lignina durante la cocción. En comparación con el trigo, el centeno, la cebada o el maíz, la fibra dietética total en las dos variedades de sorgo era baja. La cantidad de proteína ligada a la fibra dietética total así como a la fibra ácido-detergente en el caso de las variedades de sorgo era muy superior a las del trigo y otros cereales alimenticios. Al cocerlo se daba un aumento en este enlace en los casos de sorgo con alto contenido de tanino, y de nuevo la fermentación o la acidificación a un pH 3,9 inhibía el enlace de la proteína. Estas observaciones indicaban, por lo tanto, que el método tradicional sudanés de fermentación presentaba importantes ventajas bajo el aspecto nutricional.

La fibra dietética tiene algunos efectos desfavorables sobre la disponibilidad de determinados nutrientes. Estudios en ratas comunicados por Ali y Harland (1991) han demostrado que en las dietas a base de sorgo ricas en fibra dietética y fitato, la concentración de zinc y hierro en la tibia de las ratas era considerablemente inferior respecto de una dieta no basada en sorgo con bajo contenido de fibra dietética. El descortezamiento del grano es uno de los métodos utilizados para eliminar la fibra. Cornu y Delpuch (1981) llegaron a la conclusión de que, en una dieta compuesta de sorgo al 80 por ciento, la digestibilidad aparente del N en adultos se reducía del 65,4 al 60,5 por ciento cuando el sorgo

descascarillado de la dieta se sustituta por grano integral. La materia fecal total en una dieta a base de sorgo de grano entero era superior. El N y el material insoluble en ácido fórmico aumentaba también en las heces. Karim y Rooney (1972) señalaron que el contenido de pentosano del sorgo variaba de 2,51 a 5,57 por ciento. Los pentosanos tal como se dan en las paredes celulares de los granos de cereales son una mezcla heterogénea de polisacáridos, muchos de los cuales contienen proteínas. Earp et al. (1983) identificaron en el pericarpio, la aleurona y el endospermo del sorgo beta-glucanes enlazados y mezclados. Estos betaglucanes son hidrosolubles y constituyen soluciones viscosas y pegajosas. Esta propiedad es importante para el malteado del sorgo y para hacer cerveza. Klopfenstein y Hosney (1987) observó que las ratas alimentadas con pan preparado a base de harina blanca, enriquecida con beta-glucano (7 por ciento según peso) tenían un colesterol en suero muy inferior a las alimentadas con pan de harina no enriquecida. Los glucanes aislados de la avena, la cebada, el trigo y también el sorgo mostraron la propiedad de reducir el colesterol.

Mijos

Kamath y Belavady (1980), empleando el método de Southgate et al. (1978), llegaron a la conclusión de que la fibra dietética total en el mijo perla (20,4 por ciento) y en el mijo coracón (18,6 por ciento) era superior a la del sorgo (14,2 por ciento), trigo (17,2 por ciento) y arroz (8,3 por ciento). Asimismo, Singh et al. (1987) utilizaron también el método Southgate y llegaron a la conclusión de que el contenido total de fibra dietética del mijo perla era del 17 por ciento. No se dispone de suficientes datos sobre los componentes de la fibra dietética en el caso de los mijos. Bailey et al. (1979) han aislado del mijo perla pentosano presente en la pared celular de los granos, que contiene una mezcla de polisacáridos heterogéneos. Se observó que el pentosano del mijo perla extraído con diferentes solventes, que incluyen un 80 por ciento de etanol, agua y álcali, contienen siete azúcares, entre los que sobresalen la arabinosa, la xilosa y la galactosa, seguidas por la ramnosa y la fucosa. Emiola y de la Rosa (1981) estudiaron también el pentosano del mijo perla extraíble en agua y álcali pero sus resultados

variaban de los de Bailey et al. (1979), que se señalaron una pauta idéntica para el pentosano del mijo perla soluble en agua y alcali con la fucosa más bien que con la ribosa como uno de los azúcares. Emiola y de la Rosa (1981) observaron que en el mijo perla el polisacárido no amiláceo hidrosoluble constituía el 0,66 por ciento y el polisacárido no amiláceo hidroinsoluble de 3,88 por ciento. Con una ulterior purificación, estos valores se reducen al 0,42 por ciento y 0,97 por ciento, respectivamente, para el polisacárido hidrosoluble y para el hidroinsoluble. Wankhede et al. (1979a) informaron que en el mijo coracón y cola de zorra el contenido de pentosano era del 6,6 y 5,5 por ciento, respectivamente. Muralikrishna et al. (1982) estudiaron también el perfil de carbohidratos del mijo pequeño, el mijo kodo y el mijo de los arrozales y llegaron a la conclusión de que la hemicelulosa A en estos mijos era un betaglucano no celulósico y la hemicelulosa B estaba compuesta de hexosa, pentosa y ácido urónico.

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