

Capítulo 2

Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho

Maria Cristina Dias Paes

2.1 Introdução

O milho é produzido em quase todos os continentes, sendo sua importância econômica caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia, como a produção de filmes e embalagens biodegradáveis. Cerca de 70% da produção mundial de milho é destinada à alimentação animal, podendo este percentual chegar a 85%, em países desenvolvidos. Em termos gerais, apenas 15% de toda a produção mundial destina-se ao consumo humano, de forma direta ou indireta (FAOSTAT, 2006).

Na safra de 2005, foram produzidos, no mundo, aproximadamente 700 milhões de toneladas de milho, sendo os maiores produtores os Estados Unidos, a China, o Brasil e o México, com produção de 280, 133, 35 e 20 milhões de toneladas, respectivamente. Mais de um bilhão de consumidores da África Subsaariana e da América Latina têm o milho como alimento básico e, em algumas situações, esse cereal constitui a única fonte diária da alimentação, a exemplo das populações do México e do Nordeste do Brasil, onde é a principal fonte de energia na dieta. O alto consumo de milho, por exemplo, 30-90 kg/per capita/ano, para a maioria dos países do oeste africano, satisfaz mais da metade das exigências totais de minerais em dietas das comunidades rurais, sendo tradicionalmente utilizado no preparo de pães, bebidas e mingaus ou papas, fermentados ou não, de textura fina a grossa. No Brasil, cerca de 4% do total da produção do milho, representando aproximadamente 1,6 milhão de toneladas, tem sido utilizada diretamente como alimento humano e cerca de 10% da produção, destinada às indústrias alimentícias, que transformam os grãos em diversos produtos, tais como amido, farinhas, canjica (mungunzá), flocos de milho e xaropes, entre outros

(ABIMILHO, 2006). Dados da última pesquisa de aquisição domiciliar do Brasil, realizada pelo IBGE, em 2002/2003, confirmam o milho como uma das mais importantes fontes alimentares da população brasileira. Na avaliação de consumo, a população da região Nordeste é a maior consumidora de milho, com per capita anual da ordem de 11 kg, cifra 40% superior à média nacional de consumo desse cereal (~7,7 kg). Mas o consumo de milho na zona rural brasileira é ainda mais expressivo, sendo a zona rural da região Sudeste a grande consumidora de milho e seus derivados, com consumo per capita de aproximadamente 31 kg, seguida pela zona rural da região Nordeste, com consumo de cerca de 20 kg/pessoa. Em todas as regiões brasileiras consumidoras de milho, as principais formas de aquisição domiciliar ainda são: o milho em grão, o milho em espiga ou enlatado, o creme de milho (fubá mimoso), os flocos de milho, o fubá (farinha de milho) e o pão de milho. Portanto, os produtos ou derivados obtidos através de moagem seca do milho são os mais apreciados, tendo participação efetiva como componente básico na dieta alimentar das camadas mais pobres da população.

2.2. Estrutura anatômica e composição química do grão de milho

Os grãos do milho são, geralmente, amarelos ou brancos, podendo apresentar colorações variando desde o preto até o vermelho. O peso individual do grão varia, em média, de 250 a 300mg e sua composição média em base seca é 72% de amido, 9,5% proteínas, 9% fibra (a maioria resíduo detergente neutro) e 4% de óleo. Conhecido botanicamente como uma cariopse, o grão de milho é formado por quatro principais estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta (Figura 2.1), as

quais diferem em composição química e também na organização dentro do grão.

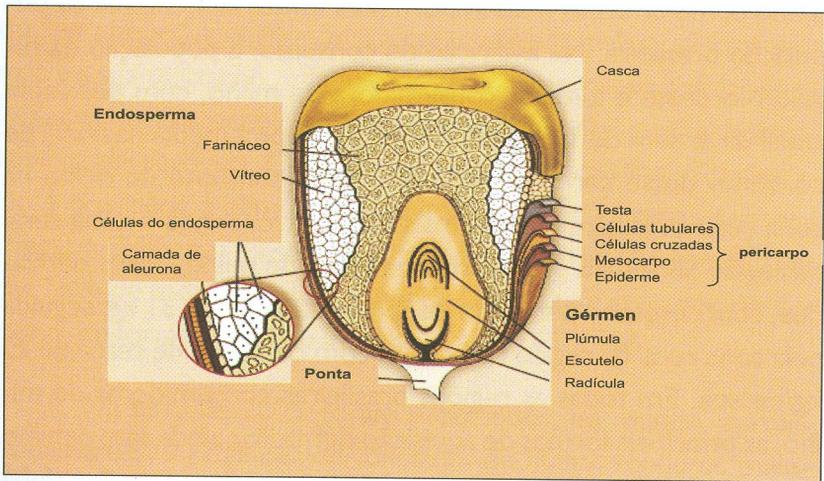


Figura 2.1. Anatomia do grão de milho e suas partes.

Fonte: adaptado de Encyclopedia Britannica (2006).

O endosperma representa aproximadamente 83% do peso seco do grão, consistindo principalmente de amido (88%), organizado na forma de grânulos. No endosperma, estão também presentes as proteínas de reserva (8%) do tipo prolaminas, chamadas zeínas. Essas proteínas formam os corpos protéicos que compõem a matriz que envolve os grânulos de amido dentro das células no endosperma. Com base na distribuição dos grânulos de amido e da matriz de proteína, o endosperma é classificado em dois tipos: farináceo e víteo. No primeiro, os grânulos de amido são arredondados e estão dispersos, não havendo matriz protéica circundando essas estruturas, o que resulta em espaços vagos durante o processo de secagem do grão, a partir dos espaços que antes eram ocupados pela água, durante o desenvolvimento do grão. Por outro lado, no endosperma víteo, a matriz protéica é densa, com corpos protéicos estruturados, que circundam os grã-

nulos de amido de formato poligonal, não permitindo espaços entre essas estruturas. A denominação vítreo/farináceo refere-se ao aspecto dos endospermas nos grãos quando sujeitos à luz. No endosperma farináceo, os espaços vagos permitem a passagem da luz, conferindo opacidade ao material. De forma oposta, a ausência de espaços entre os grânulos de amido e a matriz protéica promove a reflexão da luz, resultando em aspecto vítreo ao endosperma observado nessas condições. Essa propriedade tem sido aplicada para a identificação de materiais duros e farináceos, embora a vitreosidade e a dureza sejam distintas propriedades.

No endosperma, especificamente, na camada de aleurona e no endosperma vítreo, estão presentes os carotenóides, substâncias lipídicas que conferem a cor aos grãos de milho. Zeaxantina, luteína, beta-criptoxantina, alfa e betacarotenos são os principais carotenóides nos grãos de milho.

O gérmen representa 11% do grão de milho e concentra quase a totalidade dos lipídeos (óleo e vitamina E) (83%) e dos minerais (78%) do grão, além de conter quantidades importantes de proteínas (26%) e açúcares (70%).

Tabela 2.1. Percentagem do constituinte total indicado nas estruturas físicas específicas do grão de milho.

Fração	% grão	Amido	Lipídeos	Proteínas	Minerais	Açúcares	Fibras ou conteúdo celular
% da parte (base seca)							
<i>Endosperma</i>	82	98	15,4	74	17,9	28,9	
<i>Gérmen</i>	11	1,3	82,6	26	78,4	69,3	12
<i>Pericarpo</i>	5	0,6	1,3	2,6	2,9	1,2	54
<i>Ponta</i>	2	0,1	0,8	0,9	1,0	0,8	7,0

Fonte: Adaptado de Watson (2005)

Essa fração é a única viva do grão e onde estão presentes as proteínas do tipo albuminas, globulinas e glutelinas, que diferem significativamente, em composição e organização molecular, daquelas encontradas no endosperma e, por conseguinte, diferenciando das primeiras em qualidade nutricional e propriedades tecnológicas. As proteínas de reserva, encontradas em maior abundância no grão de milho, são ricas nos aminoácidos metionina e cisteína, mas são pobres em lisina e triptofano, essenciais à nutrição humana e de alguns monogástricos (YOUNG & PELLET 1994). Por esse motivo, a qualidade da proteína, em milhos normais, é baixa, correspondente a 65% daquela presente no leite, considerada um padrão para a nutrição humana (PAES & BICUDO, 1997). Por outro lado, as proteínas de reserva possuem quantidades elevadas dos aminoácidos glutamina, leucina, alanina e prolina, que conferem alta hidrofobicidade ao resíduo protéico extraído do endosperma no processo de produção do amido de milho (SHOTWELL AND LARKINS, 1989). Esse produto é considerado, nos países desenvolvidos, como de grande importância industrial, sendo utilizado como matéria-prima para a fabricação de filmes comestíveis destinados ao revestimento de frutas, verduras e grãos, a fim de estender a vida de prateleira desses produtos. As zeínas são, ainda, utilizadas na fabricação de fibras para várias aplicações, no encapsulamento de sementes e na fabricação de embalagens biodegradáveis (LAWTON, 2002).

A composição do óleo presente no gérmen do milho é distinta da dos outros óleos vegetais quanto aos percentuais de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e polinsaturados (Figura 2.2). Entretanto, o óleo de milho possui composição de ácidos graxos polinsaturados (WEBER, 1983) semelhante aos óleos de soja e girassol. Nesses óleos vegetais, o principal componente é o ácido graxo linoléico, contendo um pequeno percentual do

ácido graxo linolênico, que são considerados essenciais à nutrição humana e a alguns animais, dada a incapacidade de síntese dos mesmos pelo organismo.

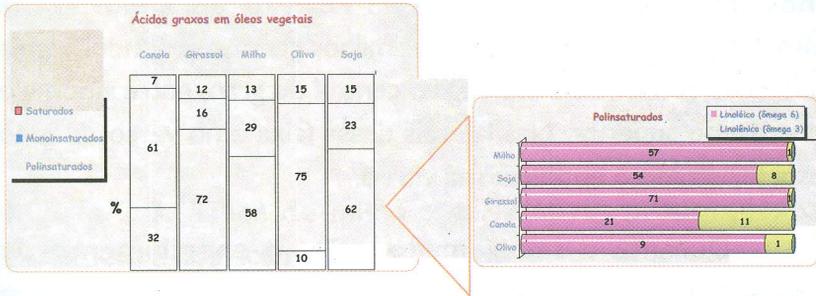


Figura 2.2. Composição química de alguns óleos vegetais (Fonte: LEE et al., 1998; MASSON, 1981)

O pericarpo representa, em média, 5% do grão, sendo a estrutura que protege as outras partes do grão da elevada umidade do ambiente, insetos e microrganismos. As camadas de células que compõem essa fração são constituídas de polissacarídeos do tipo hemicelulose (67%) e celulose (23%), embora também contenha lignina (0.1%).

A ponta é a menor estrutura, 2% do grão, e é responsável pela conexão do grão ao sabugo, sendo a única área do grão não coberta pelo pericarpo. Sua composição é essencialmente de material lignocelulósico.

2.3 Classificação do milho quanto ao tipo de grãos

Baseadas nas características do grão, existem cinco classes ou tipos de milho: dentado, duro, farináceo, pipoca e doce. A maioria do milho comercial produzido nacionalmente é do tipo duro ou “flint”, enquanto, nos países de clima temperado, a predominância é do tipo dentado.

A principal diferença entre os tipos de milho é a forma e o tamanho dos grãos, definidos pela estrutura do endosperma e o tamanho do gérmen (Figura 2.3). Milhos duros diferem dos milhos farináceos e dentados na relação de endosperma vítreo: endosperma farináceo. Nos milhos dentados, o endosperma farináceo concentra-se na região central do grão, entre a ponta e o extremo superior. Nas laterais dessa faixa e no verso do grão está localizado o endosperma vítreo.

Durante a secagem do grão, o encolhimento do endosperma farináceo resulta na formação de uma indentação na parte superior do grão, caracterizando o milho como dentado. O milho duro possui um volume contínuo de endosperma vítreo, que resulta em grãos lisos e mais arredondados, com uma aparência dura e vítrea. Nos grãos do tipo farináceo, existe a mesma indentação do milho dentado, porém o endosperma é completamente farináceo, resultando em uma aparência opaca.

Os grãos de milho-pipoca possuem o pericarpo mais espesso, com o endosperma predominantemente vítreo, porém os grãos possuem menor tamanho e formato mais arredondado. Já os grãos de milho-doce, quando secos, possuem aparência enrugada, isto porque os genes “sugary” ou “brittle” previnem a conversão dos açúcares em amido e o grão passa a acumular fitoglicogênio, um polissacarídeo solúvel (TOSELLO, 1987; HOSENEY, 1994; JOHNSON, 2000).

Geralmente, a classificação do milho quanto ao tipo dos grãos procede quando os grãos já estão secos e ainda aderidos ao sabugo, uma vez que, numa mesma espiga, pode haver grãos com aparência de dois tipos, devendo ser classificado com base na predominância.

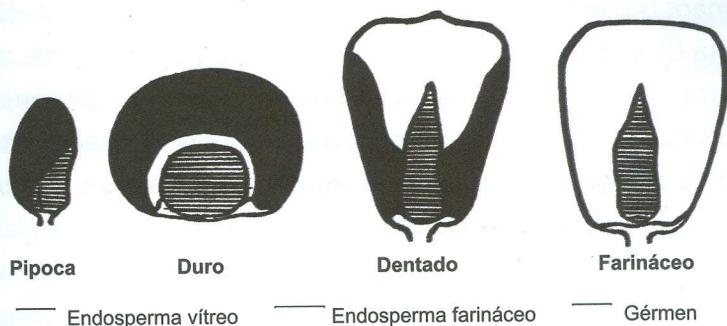


Figura 2.3. Tipos de milho e as relativas proporções do endosperma farináceo e vítreo.

2.4 Importância nutricional do milho

O milho é considerado um alimento energético para as dietas humana e animal, devido à sua composição predominantemente de carboidratos (amido) e lipídeos (óleo). A proteína presente nesse cereal, embora em quantidade significativa, possui qualidade inferior a de outras fontes vegetais e animais, exceto a proteína do milho especial de alta qualidade protéica ou QPM (quality protein maize), resultado de melhoramento genético a partir do mutante opaco-2. Nesse material, as quantidades dos aminoácidos lisina e triptofano encontram-se aumentadas no grão, conferindo uma qualidade nutricional superior à proteína. Farinhas integrais dos milhos QPM e normal apresentam valor biológico de 82 e 65%, respectivamente, comparativamente à proteína do leite (caseína), quando avaliadas em estudos com ratos e outros animais monogástricos.

O óleo de milho possui uma composição de ácidos graxos que o define como de grande importância para a dieta humana, principalmente para a prevenção de doenças cardiovasculares e o combate ao colesterol sérico elevado. Outro importante aspecto

dos lipídeos no milho está relacionado ao conteúdo dos tocoferóis (vitamina E) e dos carotenóides. Os tocoferóis fazem parte da estrutura de hormônios e também atuam como potente antioxidantes, enquanto os carotenóides, principalmente zeaxantina e luteína, possuem ação anticâncer, devido à sua propriedade antioxidante. Zeaxantina e luteína fazem parte da região macular da retina dos olhos, sendo importantes na integridade da mácula, garantindo a manutenção da visão e a prevenção da degeneração macular, doença que aflige especialmente os idosos, e que leva à cegueira. Já os carotenos (alfa e beta) podem ser convertidos em retinol, uma substância pro-vitamina A, possuindo, portanto, importante valor para a nutrição humana. Essas substâncias são também importantes na coloração da carne de aves e gema dos ovos, propriedades de importância comercial na cadeia produtiva de aves.

Devido ao conteúdo lignocelulósico nos grãos do milho verde e nos derivados integrais do grão seco, esses produtos do milho são considerados importantes fontes de fibras, especialmente do tipo insolúveis (hemicelulose, celulose e lignina), que correspondem à fração fibra em detergente neutra nas avaliações para alimentação animal. Quando os grãos secos são processados, a exemplo da moagem seca, os produtos resultantes chegam a perder até 80% do conteúdo fibroso do grão, não sendo mais considerados boas fontes de fibra. Alimentos fibrosos têm sido recomendados na dieta humana para o controle de colesterol, melhora da constipação intestinal, prevenção do câncer de intestino e da diverticulite, possuindo, portanto, valor funcional importante.

Os minerais, que somam de 3 a 6%, estão concentrados no gérmen (78%), embora estejam também presentes na cama-

da de aleurona, a última camada do endosperma. O mineral encontrado em maior abundância no milho é o fósforo (0,3 ppm), presente na forma de fitatos de potássio e magnésio. Enxofre ocorre no grão em quantidades significantes, embora na forma orgânica, como parte dos aminoácidos sulfurados. Outros minerais estão também presentes no milho em quantidades menores, sendo os mais importantes: cloro, cálcio, sódio, iodo, ferro, zinco, manganês, cobre, selênio, crômio, cobalto e cádmio.

2.5 Usos do milho e sua importância tecnológica

Os derivados do milho são utilizados na composição de vários produtos, entre os quais destacam-se aqueles listados na Tabela 2.2.

O milho não possui apenas aplicação alimentícia: os usos dos seus derivados estendem-se às indústrias química, farmacêutica, de papéis, têxtil, entre outros de aplicação ainda mais nobres. Entretanto, são dois processos que dão origem aos produtos utilizados nos demais processos industriais, a moagem seca e a moagem úmida. No Brasil, a principal indústria moageira de milho é a do tipo “moagem seca”, enquanto, nos países mais desenvolvidos, a principal forma de processamento do milho é a “moagem úmida”.

A qualidade física e química dos grãos é, portanto, determinada pelo seu destino ou uso final. Existem, hoje, no mercado, milhos com alto teor de óleo (6 a 7,5%) e alto teor de proteína (> 12%), destinados à alimentação animal; alto teor de amilose (milho waxy), com propriedades importantes para a indústria alimentícia e de papel; alto teor de amilopectina (milho ceroso), para a indústria alimentícia e também de produção de adesivos; alto teor de ácido graxo oléico, para a produção de margarinas e tam-

bém óleos de fritura especiais; alto teor de aminoácidos (lisina e triptofano), com melhor qualidade protéica e milhos com amido de fácil extração, destinados à indústria de produção de álcool a partir de milho.

Novos conceitos de qualidade do milho têm surgido com as novas demandas e os resultados de pesquisas. Em um futuro próximo, o milho não será mais considerado uma commodity, dada à importância de seus usos e a existência de cultivares com propriedades distintas.

Tabela 2.2. Produtos derivados do milho ou que contêm seus componentes isolados ou transformados industrialmente.

Acetato de cálcio e magnésio	Grits
Adesivos (colas, pastas, mucilagens, gomas, etc)	Herbicida natural
Álcoois etílico e butílico	Inseticidas
Alimentos para bebê	logurtes
Alimentos congelados	Ketchup
Alumínio	Lápis de cor e de cera
Amido e glucose (mais de 40 tipos)	Licorice
Antibióticos (penicilina)	Maioneses
Asbestos para materiais de condicionamento térmico	Manteiga de amendoim
Aspirina e outros medicamentos	Manufatura de papéis
Automóveis (volante, estofamento, cabeça do cilindro, pneus, acabamento de borrachas sintéticas)	Margarinas
Balas e confeitos	Molhos para saladas
Batata chips	Mostarda preparada
Baterias para veículos	Óleo comestível
Bebidas gasosas	Pães e biscoitos
Cafés e chás instantâneos	Papéis de parede
Carpets, tapetes.	Papéis e papelões, (corrugados e laminados)
Carreadores de cor em papéis, tecidos e tinta para impressão	Pasta de dentes
Cereais matinais	Pigmentos
Cerveja	Plásticos degradáveis
Chiclete de goma	Polidor para sapatos
Coberturas em madeira, papel e metal	Pós para sobremesas
Combustível (etanol)	Produtos de chocolates
Copos e pratos de papel	Produtos farmacêuticos
Cosméticos	Produtos maltados
Couro acabado	Queijos ou requeijões cremosos
Cremes de barbear	Ração animal e alimentos para animais de estimação
Dextrose (utilizada desde soluções intravenosas a coberturas para bolos)	Refrigerantes
Escurecedor de couro.	Suplementos para alimentação animal (vitaminas e aminoácidos)
Explosivos – fogos de artifício	Salgadinhos tipo chips, tortillas e outros
Farinhas ou fubás de milho	Tacos e tortillas
Fibra de vidro	Tecidos e gomas
Filmes fotográficos	Tinta latex
Fraldas descartáveis	Tinta para máquinas de etiquetas de preço
Frutose seca e xaropes (usados em refrigerantes, misturas alimentícias, etc)	Vegetais enlatados
Geléias e doces em conserva	Whisky
Giz para quadro negro	Xaropes

2.6 Referências

ABIMILHO. **Brasil**: estimativa de consumo por segmento. [Apucarana], 2006. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/estatistica4.htm>. Acesso em: 26 abr. 2006.

MASSON, L. Relative nutritional value of various dietary fats and oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 58, n. 3, p. 249-255, 1981.

ENCYCLOPEDIA BRITANNICA ONLINE. **Corn**: layers and structures of corn kernel. Chicago, 2007. Disponível em: <http://www.britannica.com/eb/art-162?articleTypeld=1>. Acesso em: 14 abr. 2006.

FAOSTAT. **Agricultural data**. [Rome]: FAO, 2006. Disponível em: <http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=agriculture>. Acesso em: 2 maio 2006.

HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. 2. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1994. 378 p.

JOHNSON, L. A. Corn: the major cereal of the Americas. In: KULP, K.; PONTE, J. A. (Ed.). **Handbook of cereal science and technology**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 31-80.

LAWTON, J. W. Zein: a history of processing and use. **Cereal Chemistry**, St. Paul. v. 79, p. 1-18, 2002.

LEE D. S.; NOH B. S.; BAE S. Y.; KIM, K. Characterization of fatty acids composition in vegetable oils by gas chromatography and chemometrics. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 358, n. 2, p. 163-175, 1998.

PAES, M. C. D.; BICUDO, M. H. Nutritional perspectives of Quality Protein Maize. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON QUALITY PROTEIN MAIZE, 1994, Sete Lagoas. **Quality Protein Maize: 1964-1994: proceedings**. [West Lafayette]: Purdue University, 1997. p. 65-78. Editado por Brian A. Larkins, Edwin T. Mertz.

SHOTWELL, M. A.; LARKINS, B. A. The molecular biology and biochemistry of seed storage proteins. In: MARCUS, A. (Ed.). **The biochemistry of plants: a comprehensive treatise**. San Diego: Academic Press, 1989. p. 297-345.

TOSELLO, G. A. Milhos especiais e seu valor nutritivo, In: VIEGAS, G. P.; PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. I, p. 375-409.

WATSON, S. A. Description, development, structure and composition of the corn kernel. In: WHITE, P. J.; JOHNSON, L. A. (Ed.). **Corn chemistry and technology**. 3. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 2005. p. 69-106.

WEBER E. J. Variation in corn (*Zea mays* L.) for fatty acid compositions of triglycerides and phospholipids. **Biochemical Genetics**, New York, v. 21, p. 1-13, 1983.

YOUNG V. R.; PELLETT P. L. Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 59, p. 1203S-1212S, 1994. Supplement.