

## MELHORAMENTO DE MILHOS ESPECIAIS

Elto Eugênio Gomes e Gama<sup>1</sup>

### INTRODUÇÃO

O Brasil obteve, no ano de 1995, uma safra recorde de 81,1 milhões de toneladas de grãos. Esse desempenho se deveu basicamente à produção de milho, que contribuiu com aproximadamente 80% do aumento da produção total de grãos. O milho é um alimento tradicional, altamente energético, produzido e consumido em todas as regiões do Brasil. É o cereal de maior importância plantado no País, em mais de 13 milhões de hectares, com uma produção aproximada de 36 milhões de toneladas de grãos (CONAB). Essa cultura que tem tido a sua produção em franco crescimento, com um aumento de 44,65% no período de 1985 a 1995 (Tabela 1).

Freqüentemente, as vantagens da utilização de novas tecnologias agrícolas pelo meio rural não chegam a ser sentidas com clareza pela população urbana, predominante no País. O desenvolvimento de cultivares de milho de alta qualidade protéica, alta concentração de óleo, milho doce, milho pipoca, milho de ciclo superprecoce e milho para silagem, trará benefícios tanto para os produtores rurais e agroindústrias como para os consumidores finais,

---

<sup>1</sup> EMBRAPA-CNPMS, Rodovia MG 424, Km 65, Cx. Postal 151, 35701-970 - Sete Lagoas, Minas Gerais.

aumentando a oferta e a qualidade dos produtos e reduzindo seus custos.

Tabela 1. Evolução da produtividade média em kg/ha, produção e consumo (1000 t métricas), área plantada (1000 ha) de milho no Brasil. CNPMS, 1996.

Ano	Prod. 1 <sup>1/</sup>	Prod. 2 <sup>2/</sup>	Produção	Consumo	Área Plantada
1986	1543	1900	20265	21688	12908
1987	1830	1900	26758	26350	14530
1988	1889	1250	25224	25320	13328
1989	2046	1250	26267	26140	13003
1990	1842	1758	22257	24800	12050
1991	1790	1829	24096	25288	13447
1992	2200	2072	30171	28500	13717
1993	2385	2000	29807	30775	12456
1994	24789	1451	33173	32732	14152
1995	2612	2054	36615	35350	14080

<sup>1/</sup> Produtividade 1

<sup>2/</sup> Produtividade 2

A cultura do milho apresenta grande versatilidade ou adaptabilidade às várias regiões e climas do planeta. O seu potencial de utilização foi descoberto pelos nossos índios bem antes da chegada de Cabral ao Brasil. Hoje, a produção de milho no País está dirigida para alimentação animal e humana e como fonte para muitos produtos específicos nas áreas industrial e comercial. O grande potencial de utilização do milho para fins especiais, baseado-se no seu uso e na demanda por novos produtos das novas

gerações, fornece um desafio ímpar ao melhorista de plantas.

O grão do milho é formado de vários componentes químicos de valor comercial. O grão desenvolvido e maduro é formado por 70 a 75% de amido, 8 a 10% de proteína total, e 4 a 5% de óleo. O peso seco do grão maduro é constituído de 80% e 10%, respectivamente, do endosperma e do embrião as suas duas maiores estruturas. O endosperma é quase todo (90%) constituído por amido e o embrião contém altos níveis de óleo (30%) e proteína (18%). O óleo e a proteína apresentam valor comercial e são subprodutos derivados da produção do amido. Os grãos imaturos de milho contém altos níveis de açúcares e menores quantidades de amido, óleo e proteína; entretanto, com o desenvolvimento do grão, ocorre o aumento dos conteúdos desses três componentes. Como o milho doce é utilizado no estágio imaturo de desenvolvimento (milho verde), o conteúdo de açúcares é o componente mais importante para a qualidade desse tipo de milho. Durante o desenvolvimento do grão, a sua composição pode ser alterada (devido à sua constituição genética) tanto em qualidade como em quantidade e também para as diferentes estruturas química do amido, proteína e óleo.

Neste trabalho será apresentado um resumo de informações obtidas de revisões de literatura sobre alguns tipos especiais de milho, ou seja, dos produtos resultantes da variabilidade genética existente no milho que afetam o desenvolvimento, a composição e a estrutura da planta e da espiga

## MINIMILHO

Minimilho (baby-corn) é o nome dado à inflorescência feminina (antes da polinização) ou ao sabugo jovem da espiguetta de uma planta de milho. O seu gosto é adocicado, especialmente se originar-se do milho doce. As espigas jovens (espiguetas), sabugo e folhas foram usadas no passado e durante muito tempo, pelos plantadores de milho, como hortaliça alimentar, complementada por diferentes tipos de temperos<sup>1</sup>. Com a evolução dos tempos e antes do desenvolvimento da indústria de enlatamento, as famílias já usavam como alimento do dia a dia o minimilho, sem o estilo-estigma e as palhas. Com o advento da indústria de enlatamento, esse produto tornou-se importante e provocou um crescimento na área plantada com o minimilho, à semelhança do acontecido com o milho verde (doce e de endosperma normal).

O minimilho é mais consumido na Ásia. Países como Tailândia, Sri Lanka, Taiwan, China, Zimbábue, Zâmbia, Indonésia, Nicarágua, Costa Rica, Guatemala e Honduras são os exportadores mais conhecidos<sup>1,5</sup>. Por exemplo, a Tailândia exportou, em 1993, 2.100 toneladas métricas de minimilho fresco para 22 nações<sup>3</sup>.

A produção do minimilho pode ser obtida do cultivo de qualquer tipo de milho, mas é o milho doce que tem sido usado com mais frequência. As cultivares de milho existentes no mercado podem ser plantadas para a produção do minimilho, em alta densidade, aproximadamente 120.000 plantas/ha <sup>2,4</sup>. Uma das vantagens desse cultivo

é que as espiguetas são colhidas com a metade do tempo que levaria para a produção de grãos. Entretanto, deve-se que, considerar que devido à elevada exigência de mão de obra para a colheita e o beneficiamento, o custo de produção do minimilho é mais elevado e requer tempo e trabalho consideravelmente maiores que para produção de grãos.

Com irrigação suplementar, os produtores podem usar a terra durante todo o ano para pelo menos cinco cultivos, considerando que cada cultivo gasta de 60 a 70 dias. Normalmente, a produção é de aproximadamente 1.250 kg/ha do minimilho sem palha, ou seja em um ano a produção pode chegar à 6.250 kg/ha<sup>1,5</sup>.

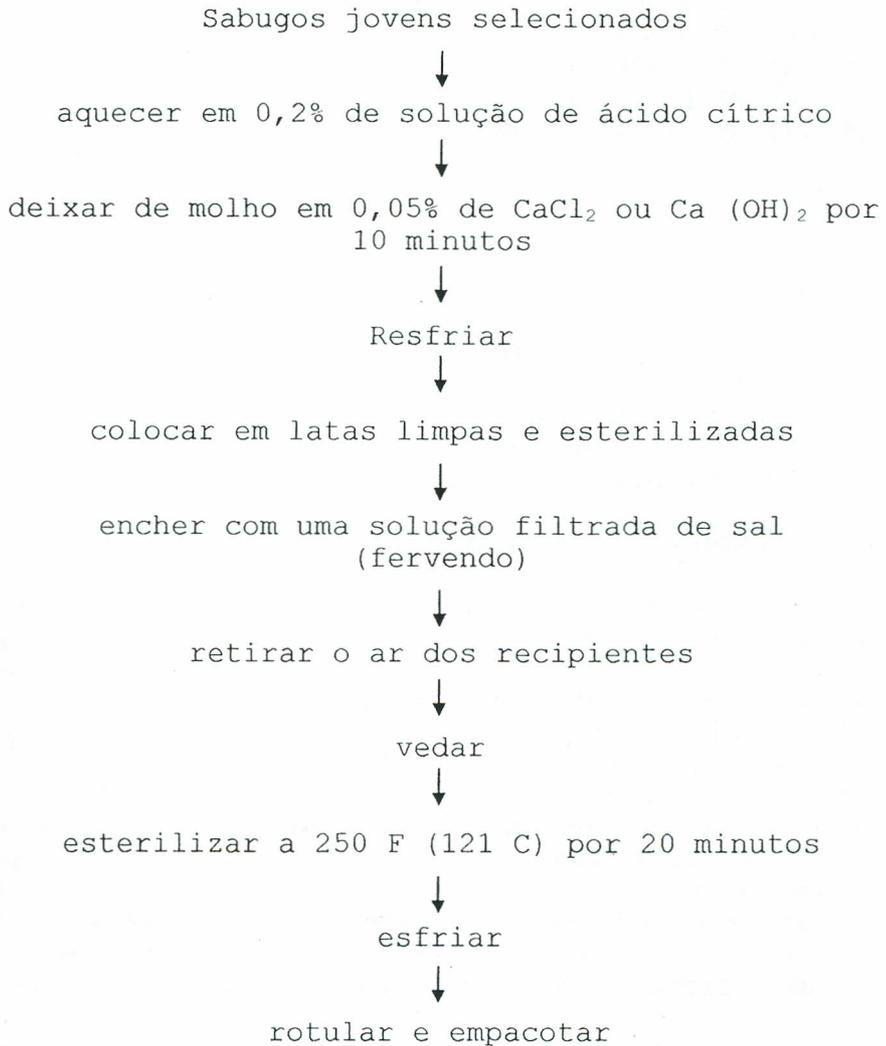
O minimilho exige um manuseio de pós-colheita à semelhança do milho produzido para grãos. A fase mais importante é a remoção das palhas dos sabugos jovens. Além disso, o transporte e os métodos de manuseios desse material são importantes em face da distância entre o local onde o minimilho é produzido e a fábrica onde será industrializado. Sabe-se que são utilizados dois tipos de materiais, fértil e macho-estéril. Se a cultivar não for macho-estéril, antes do pendão iniciar a liberação de pólen, este deve ser removido, para estimular o desenvolvimento mais rápido da espiguetas e, conseqüentemente, também aumentar o seu peso. Serão colhidas as primeiras espiguetas quando o estilo-estigma emergir de suas pontas. A espiguetas inferior (2<sup>a</sup>) será colhida poucos dias depois e assim sucessivamente. Uma cultivar considerada ideal seria aquela que produzisse pelo menos duas a três espiguetas por planta<sup>1,3,4</sup>.

Antes do transporte para a retirada das palhas da espiguetta jovem, as espigas são armazenadas e nesse período pode ocorrer a perda de água por evaporação e respiração. Ocorre a perda de 6,8% por um período de armazenagem de três dias. A qualidade também é reduzida em decorrência da maturação da espiguetta. É necessário, portanto, que o material colhido seja armazenado a baixas temperaturas.

Previamente ao cozimento e enlatamento, é necessário que as palhas sejam removidas dos sabugos frescos das espiguetas. Normalmente, 10 kg de espiguetas rendem 1,5 a 1,8 kg de sabugos jovens (rendimento aproximado de 15 a 18%).

O trabalho de remoção das palhas é feito manualmente, nas fábricas. Os subprodutos (folhas e estilos-estigmas) são usados na alimentação animal, através de silagem ou material fermentado. Esse material em geral contém 11,6% de matéria seca, 13,2% de proteína, 4,4% de gordura, 34,8% de fibra e 6,5% de cinza e 4,24 Mcal de energia bruta. O material fresco contém 14,1% de umidade, 1,6% de proteína, 1,4% de gordura, 0,9 de cinza e 8,5% de carboidrato<sup>1,5</sup>.

## Esquema do processo de enlatamento.



Para incrementar ainda mais o aroma deste produto, pode ser adicionado glutamato monodratado de monossódio.

Valor nutritivo do minimilho:

89,1% de umidade  
0,20% de gordura  
1,90% de proteína  
8,20% de carboidrato  
0,60% de cinza

100g de minimilho contém:

28mg de Ca  
86 mg de P  
0,10 mg de Fe  
64,00 IU de Vitamina A  
0,05 mg de tiamina  
0,80 mg de riboflavina  
11,00 mg de ácido ascórbico  
0,30 mg de niacina

### Melhoramento do mini milho

Os métodos de seleção mais utilizados no melhoramento do minimilho, de acordo com a literatura, têm sido seleção recorrente com meios-irmãos e com progênies endogâmicas S1. Entretanto, para se ter sucesso na produção do minimilho, devem ser levados em consideração os seguintes pontos:

1. Usar cultivares que sejam híbridos simples por sua uniformidade no florescimento, permitindo uma redução no número de colheitas (2 a 3 vezes) quando se compara com uma variedade.
2. É preciso usar cultivares com ciclo bem curto para florescimento feminino ( 45 a 50 dias)

que propiciaria um numero maior de cultivos por ano.

3. Cultivares de plantas baixas permitiriam plantios em alta densidades, acima de 110 a 120 mil plantas/ha, sem os problemas de competitividade que normalmente ocorrem com cultivares de plantas altas.
4. É importante que as plantas sejam prolíficas, permitindo um maior número de espiguetas por planta.

### MILHO DE ALTA QUALIDADE PROTÉICA

A desnutrição é um dos mais sérios problemas do Brasil. É opinião corrente que sua solução é complexa e depende da participação de todos os segmentos da sociedade. Dentro desse enfoque, pode-se afirmar que uma das maiores contribuições que a pesquisa agropecuária tem a oferecer é o desenvolvimento de tecnologias para a produção de alimentos baratos, mais nutritivos e de fácil produção e aceitação para consumo.

A produção anual de milho no Brasil, fornece cerca de 3,1 milhões de toneladas de proteínas. Entretanto, por apresentar baixos teores de dois aminoácidos essenciais, lisina e o triptofano, a proteína do milho comum é de baixo valor biológico, correspondendo nutricionalmente a cerca de 40% da proteína do leite<sup>14</sup>.

Em 1964, pesquisadores da Universidade de Purdue, nos Estados Unidos, descobriram que um mutante de milho, *opaco 2*, apresentava grãos com

níveis bem maiores de lisina e triptofano, aumentando o valor biológico da proteína do milho de cerca de 40 para 90% da proteína do leite. Contudo, apesar de inúmeros trabalhos comprovando o maior valor nutricional desse mutante na alimentação humana e de animais monogástricos, as cultivares de milho *opaco 2* não foram aceitas pelos agricultores, por apresentarem algumas características agrônômicas indesejáveis e produzirem menos que as cultivares normais.

O Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo, CIMMYT, localizado no México, em um programa de melhoramento genético de 13 anos, conseguiu superar os problemas associados ao *opaco 2* e desenvolveu variedades de milho denominadas "Quality Protein Maize" (QPM), tão produtivas quanto as de milho comum, apresentando grãos de endosperma mais densos e vítreos, de mesmo valor energético e com proteína de maior valor biológico<sup>6,7,12,14</sup>. Trabalhos semelhantes foram também conduzidos na África do Sul<sup>13</sup> para o desenvolvimento de milho QPM.

Estudos de nutrição infantil, conduzidos no Peru, demonstraram que crianças com dois anos de idade desenvolveram-se normalmente quando alimentadas com dietas contendo milho QPM como única fonte de proteína<sup>7</sup>. O mesmo grupo de pesquisadores comparou o efeito de duas dietas em dois grupos de crianças desnutridas, por um período de três meses. Uma dieta era composta por milho QPM (90% das calorias) e açúcar e a outra por uma fórmula padrão de leite. Os resultados obtidos indicaram que os dois grupos

de crianças não apresentaram diferenças significativas em suas taxas de crescimento. Segundo os autores, o milho de alta qualidade protéica pode vir a ser um importante suplemento do leite materno e, também, um alimento de grande valor para crianças desnutridas dos países subdesenvolvidos.

Em 1983, a EMBRAPA/milho e sorgo a investir no desenvolvimento de milho QPM para as condições do Brasil <sup>6,7</sup>. Nesse programa está envolvida uma equipe multidisciplinar de pesquisadores atuando nas áreas de melhoramento genético e biologia molecular, nutrição humana e animal e difusão de tecnologia. Em 1988, foi lançada a primeira variedade QPM no Brasil, a BR 451. Esta variedade é produtiva, precoce e apresenta grãos brancos que, quando moídos, fornecem um fubá excelente para ser utilizado na fabricação de pães e massas <sup>8</sup>.

Em 1994, foi lançada no mercado uma nova variedade, a BR 473, que é tão produtiva quanto as variedades precoces comuns e deve ser produzida com as mesmas técnicas que os agricultores já estão acostumados a utilizar<sup>9</sup>. Seus grãos amarelos possuem cerca de 50% a mais de lisina e triptofano e fornecem alimentos e rações com aparência e sabor similares aos do milho comum. Na safra passada, cerca de 2.200 famílias, distribuídas em 15 assentamentos rurais, tiveram a oportunidade de plantar e utilizar os grãos dessa variedade. Em Minas Gerais, a EMATER avaliou o desempenho desse material em mais de 100 municípios. Na safra de 95/96, a BR 473 deverá ser plantada cerca de trinta mil hectares.

Através de ensaios biológicos com ratos, pesquisadores da EMBRAPA e da UNESP Botucatu relataram que a qualidade protéica dos grãos das variedades BR 451 e BR 473 corresponde, respectivamente, a 86,3% e 85% da caseína. De acordo com os autores, a substituição de milho normal por QPM pode contribuir para reduzir a prevalência da desnutrição e da pelagra em populações onde o milho é um importante componente da dieta.

Devido ao seu maior valor biológico, a proteína de milho QPM também é melhor aproveitada pelos organismos de animais monogástricos como suínos, aves, peixes e equídeos<sup>11</sup>. Entretanto, o efeito da utilização de milho QPM dependerá do tipo do animal, fase de desenvolvimento e qualidade da ração fornecida. Pesquisas preliminares conduzidas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais revelaram ganhos de 41% e 44%, respectivamente, para suínos nas fases inicial e de crescimento, alimentados com milho QPM em rações sem suplemento protéico. No caso de criações mais tecnificadas, que fornecem rações balanceadas, o ganho na utilização de milho QPM deverá ser na economia de uso de concentrado protéico, o que implicará a redução do custo das rações e, conseqüentemente, a disponibilidade de carne mais barata para os consumidores.

O lançamento do primeiro híbrido QPM, BR 2121, com alto potencial de produção e competitivo com híbridos normais, está previsto para a safra 1997/98. Já nesta safra (96/97), cerca de 3,5 mil hectares do BR 2121 foram plantados para testes por agricultores e granjas de diversas regiões do país.

Com o gradual aumento na oferta de sementes e a conseqüente produção de grãos de milho de alta qualidade protéica, há uma grande probabilidade de a sociedade, através de empresas produtoras de sementes, universidades, cooperativas, prefeituras, indústrias de rações e alimentos, sistemas integrados de produção de suínos e aves, produtores rurais, consumidores, programas de combate a desnutrição, etc vir a investir mais na sua utilização e se beneficiar de suas vantagens nutricionais

#### **Melhoramento do milho QPM:**

O programa de desenvolvimento de variedades QPM da EMBRAPA Milho e Sorgo tem como principal objetivo de dar continuidade á seleção das cultivares já lançadas no mercado, bem como desenvolver variedades de grãos de endosperma amarelo para agricultores de baixa renda e manter a variabilidade genética para tornar possível o desenvolvimento de novas variedades, linhagens e híbridos de performance similar ao milho normal cultivado no País. O programa conta com algumas populações experimentais, como: CMS 453 ( derivada da população 65 QPM) , CMS 474 (oriunda da introgressão 25% e 75% das BR 106 e população 66 QPM, respectivamente), CMS 455C (oriunda da introgressão 25% e 75% das CMS 14C e Pool 25 QPM, respectivamente), CMS 52 ( oriunda da sintetização de 12 linhagens elites QPM), CMS 475 (oriunda da introgressão 25% e 75% das Illinois High Protein e a CMS 52 QPM, respectivamente), CMS 476 ( oriunda da sintetização de 6 linhagens QPM), CMS 477 (oriunda do cruzamento entre a linhagem W64A e a

população 451 QPM) e CMS 478 (oriunda do cruzamento entre a linhagem BSSS 53 e a pool 23 QPM). Na EMBRAPA Milho e Sorgo tem sido usados os métodos de seleção recorrente intrapopulacional, com progênies de meios-irmãos e irmãos-germanos, para melhoramento das variedades já lançadas, e no desenvolvimento de novas cultivares com boas características de planta e de espigas, visando principalmente elevar a produção tanto em boas condições como em condições de estresses.

Quanto ao programa de híbridos, a principal ênfase está no desenvolvimento de linhagens de grãos semelhantes ao de endosperma normal e com a vantagem de melhor qualidade protéica. Durante o processo de seleção com autofecundação, são selecionadas as espigas com grãos vítreos e com um máximo de 25% de endosperma com textura opaca. Algumas linhagens introduzidas do CIMMYT também têm sido avaliadas para capacidade de combinação em cruzamentos com linhagens desenvolvidas pelo programa da EMBRAPA Milho e Sorgo. Mais recentemente, passou-se a utilizar o método de retrocruzamento modificado para a conversão de linhagens elites de endosperma normal existentes no programa de melhoramento da EMBRAPA Milho e Sorgo, em linhagens QPM<sup>10</sup>.

## MILHO DOCE

O milho doce difere basicamente do milho comum por conter um ou mais genes que provocam mudanças na sua qualidade (sabor, aroma, maciez e textura), aparência da planta e da espiga e na viabilidade das sementes. É a hortaliça mais

popular nos Estados Unidos e Canadá e sua utilização está em contínuo crescimento no leste da Ásia e em vários países do continente Europeu<sup>15</sup>.

O milho doce contendo o gene sugary (su) no endosperma existiu na América Central e do Sul desde o período Pré-Colombiano<sup>15,16</sup>.

Dos muitos genes mutantes recessivos conhecidos que afetam o desenvolvimento do endosperma, sendo que 14 deles têm sido usados e estudados para uso como milho doce<sup>3</sup>. Entretanto, somente oito genes têm sido utilizados na obtenção de cultivares para fins comerciais: Amilose Extender (ae), Brittle (bt), Brittle2 (bt2), Dull (du), Shrunken2 (sh2), Sugary (su), Sugary Enhancer (se) e Waxy (wx).

Esses genes mutantes podem ser divididos em dois grupos de acordo com o efeito que produzem nos carboidratos do endosperma<sup>17,18</sup>. O primeiro grupo de mutantes, bt1, bt2, sh1, sh2, e sh4, no estágio de grãos maduros produz muitos açúcares, em detrimento à redução do amido, e provoca um grande decréscimo no carboidrato total. Devido aos altos teores de açúcares, esse grupo de mutantes, com exceção do gene sh, pode ser usado, independente dos outros genes mutantes, na produção de milho doce, sendo os genes sh2, bt e bt2 mais utilizados em nível comercial. Devido ao elevado nível de açúcares, as cultivares com esse tipo de genótipo são comumente denominadas de superdoces ou extradoces. O segundo grupo (extradoces) de genes mutantes, ae, du, su2 e wx, altera os tipos e quantidades de amidos produzidos e geralmente resulta na produção de um pouco menos

de amido no grão maduro que os tipos não mutantes <sup>19,20</sup>. Esses tipos de genes provocam um pequeno aumento nos teores de açúcares quando comparados aos mutantes do primeiro grupo, e não são usados individualmente no melhoramento do milho doce. Entretanto, a ação gênica complementar de certas combinações duplas e triplas de genes desse grupo tem resultado na produção de níveis de açúcares à semelhança dos encontrados no primeiro grupo. Alguns híbridos comerciais têm sido produzidos com o genótipo triplo recessivo *ae du wx* <sup>21</sup>. É conhecida a existência de genes mutantes que não seguem as regras de comportamento desses dois grupos. O gene *su* é um exemplo, sendo que ainda não está completamente explicado o seu tipo de ação bioquímica <sup>22</sup>.

Os genes mutantes atualmente mais em uso apresentam outras importantes qualidades para consumo in natura. Essas novidades são normalmente comparáveis ao milho doce padrão, como o gene *sugary*. Nos milhos com o genótipo *su* (segundo grupo), os açúcares são convertidos mais rapidamente para fitoglicogêneos (WSP) em ambas as formas de pré-colheita ou de pós-colheita, chegando a uma redução de 50% ou mais do nível de sucrose após o primeiro estágio de colheita <sup>17,23</sup>. Conclui-se que o período de colheita para esse tipo de milho é muito curto. Entretanto, os milhos com os mutantes do primeiro grupo mantêm altos níveis de sucrose e, após o primeiro estágio de colheita, ainda possuem o dobro de açúcar, quando comparados aos milhos com o gene *su*, indicando um maior período de colheita.

São vários os genes que modificam o endosperma do milho comum aumentando o teor de sacarose e polissacarídeos intermediários (principalmente WSP) devido á ação inibidora de síntese completa do amido. Os genes "brittle" e "shrunken" são os mais utilizados atualmente. No grão maduro tipo brittle o endosperma apresenta-se muito enrugado enquanto que no tipo shrunken esse enrugamento é menor; entretanto, ambos os tipos de grãos têm fenótipos semelhantes <sup>24</sup>. Esses dois tipos de genes, quando presentes individualmente no grão, dobram o teor de açúcar, além de reduzirem a conversão de açúcares em amido em temperatura ambiente, reduzindo, assim, a necessidade de refrigerações após a colheita <sup>33</sup>.

Em geral, num programa de melhoramento de milho doce, busca-se a obtenção de materiais desejáveis para consumo "in natura" e para a industrialização. Isso significa a consolidação tanto da qualidade como da produção. É desejável um produto que tenha aroma e maciez, grãos de tamanho grande, de cor intensa e espigas uniformes, o que inclui a textura e a consistência dos grãos, aspecto, tamanho e forma das espigas e o teor de açúcares nos grãos. O paladar do milho é também determinado pelo seu aroma típico. Já foram identificados sete componentes que produzem aromas no milho doce, sendo um deles o sulfito de dimetil <sup>11</sup>. A textura do pericarpo é fator primário da qualidade. Esse caracter é controlado geneticamente e é de natureza quantitativa, podendo ser melhorado através de seleção <sup>21</sup>. Uma textura muito tenra, apesar de desejável pelo consumidor, pode ser

prejudicial, já que fatores ambientais podem provocar o rompimento do pericarpo, depreciando o produto e expondo o endosperma à infestação por patógenos. Importantes subsídios para o melhoramento do milho doce, foram apresentados por Andrew et al.<sup>29</sup>, Helm et al.<sup>26</sup>, Flora & Willey<sup>25</sup>, quanto ao período de maturação e grau de espessura do pericarpo do milho comum. A coloração do sabugo e do endosperma do grão é muito importante, tendo sido dada preferência à cor branca para o sabugo e branca ou amarela para o endosperma. Por ser o milho doce consumido na espiga, algumas características ligadas à aparência, como número e forma das fileiras, comprimento e largura dos grãos, forma e tamanho das espigas etc., têm que ser consideradas. Hansen et al.<sup>28</sup>, trabalhando com linhagens de milho doce, encontraram herança quantitativa para o controle desses caracteres, tendo sido altamente significativos os efeitos das capacidades geral e específica de combinação.

Nos Estados Unidos, foi verificado que as cultivares de milho doce existentes possuíam base genética estreita<sup>23</sup>. No princípio, procuravam derivar linhagens de híbrido simples entre linhagens elites de milho doce. Normalmente, linhagens superiores eram usadas como progenitores recorrentes em programas de retrocruzamentos. As linhagens convertidas e selecionadas, genotipicamente homozigotas, eram usadas para a produção de híbridos simples. Esse método tinha como vantagem a manutenção do pericarpo tenro e com boas características hortícolas. Entretanto, a base genética do

material continuava estreita. Para contornar essa situação, foram criados compostos de milho doce de ampla base genética para alta produção, alta qualidade, resistência a pragas e doenças.<sup>27,30</sup> O material Hawaiian Supersweet # 9 é um exemplo de composto de ampla base genética<sup>31,32</sup>.

A tendência atual do mercado é a utilização de híbridos simples. As razões da preferência por esse tipo de híbrido<sup>39</sup> são basicamente devido à qualidade e à maciez do pericarpo, sabor e aroma; aspecto e tamanho desejáveis das espigas; uniformidade (quanto à maturação); e maior produção que híbridos triplos e duplos<sup>36</sup>. Alguns resultados, quanto a aspectos fenológicos de híbridos simples de milho doce, foram apresentados por Hansen & Baggett<sup>28</sup>, Gnoatto<sup>37</sup>, Tavares & Zinsly<sup>42</sup> e Sprague<sup>41</sup>. Um dos métodos mais rápidos para a obtenção de linhagens de milho doce é o de retrocruzamento. Alguns autores<sup>38,34,35</sup> têm demonstrado a eficiência desse método no melhoramento de plantas. Silva et al.<sup>40</sup>, mais recentemente usaram essa metodologia para a obtenção da cultivar Nutrimaiz, que contém os genes  $su_1$  e  $o_2$ .

### **Programa de milho doce na EMBRAPA Milho e Sorgo**

Os trabalhos de melhoramento de populações, bem como o desenvolvimento de híbridos de milho doce, tiveram início na EMBRAPA/Milho e Sorgo a partir de 1979, com a introdução de materiais básicos de algumas universidades americanas, como as de Minnisota, Illinois, Flórida e Hawaii. Nos anos 80, através do uso de métodos

simples de seleção massal e de progênies S1, foram melhoradas para adaptação às condições brasileiras, três populações contendo os genes sugary e brittle e com diferentes características de planta e espiga. Como resultado desse programa conjunto, entre a EMBRAPA Milho e Sorgo e Embrapa Hortaliças, após cinco ciclos de seleção, foram liberadas para uso público as variedades de milho doce BR 400 ( superdoce e precoce ), BR 401 ( doce e precoce ) e BR 402 ( doce e tardia ).

Através de autofecundações de plantas dessas cultivares, foram obtidas progênies endogâmicas que após as devidas seleções, foram cruzadas em sistemas de dialelo, para a determinação da capacidade de combinação. Após os devidos testes de campo e de laboratório, foram lançados três híbridos simples, o BR 410, com o gene sugary (em utilização pela indústria Peixe), e os BR 420 e 421, com o gene brittle.

O método de retrocruzamento tem sido bastante utilizado no melhoramento do milho doce, devido à importância dos genes maiores do endosperma, como também outros caracteres de herança simples.

Em 1990, iniciou-se um trabalho de formação de novas linhagens de milho doce, através da introdução dos genes brittle e shrunken em linhagens elites de endosperma normal do programa de melhoramento de milho da EMBRAPA Milho e Sorgo. Foram feitos pelo menos dois cruzamentos para o progenitor recorrente (75%), com seleção para características desejáveis à qualidade de milho doce. As linhagens selecionadas foram cruzadas em dialelo e em testcross, para a obtenção de híbridos simples

experimentais. Esses materiais experimentais foram testados no ano agrícola de 1995/96, em várias regiões do País junto a indústrias de processamento desse produto. Espera-se obter a curto prazo híbridos de milho doce que se destinam à indústria, com adequada uniformidade de maturação e tipo desejável de espiga e também para ser consumido "in natura" como milho verde.

### MILHO PIPOCA

O local mais provável de origem do milho pipoca parece ser a América Central e do Sul <sup>43</sup>. Segundo Erwin <sup>44</sup>, a origem do milho pipoca é atribuída a uma mutação que deve ter ocorrido no milho de endosperma flint. Entretanto, as discussões ainda persistem a respeito de sua origem, relação com outros tipos de milho comuns e o relacionamento existente dentro das 100 raças de milho pipoca <sup>45</sup>.

O melhoramento de milho pipoca precisa reunir, numa mesma cultivar, características que satisfaçam ao produtor, ou seja, aumentem a produtividade e, ao mesmo tempo, ao consumidor, que está interessado na qualidade (pipocabilidade, espessura do pericarpo, maciez e textura da pipoca expandida).

O trabalho de melhoramento é dificultado por correlações genéticas negativas entre a capacidade de expansão (CE) e caracteres importantes como produtividade <sup>46,47,48</sup>, o número de dias do plantio ao florescimento, altura da planta e da espiga, diâmetro da espiga e o peso de grãos <sup>49</sup>. O comprimento e a largura dos grãos

são negativamente correlacionados com a CE; entretanto, a espessura e a densidade dos grãos e a maciez da pipoca são positivamente correlacionados com a CE<sup>50</sup>. Essas correlações devem ser trabalhadas pelo melhorista para que o produto final obtido através de seleção seja satisfatório para o mercado consumidor.

Mesmo com essas dificuldades, existe uma peculiaridade que facilita muito o melhoramento do milho pipoca. Dentre os caracteres qualitativos, a capacidade de expansão é considerada a mais importante característica e é controlada por quatro ou cinco genes maiores<sup>44,46</sup>. Apesar de ter uma herança poligênica, o caráter capacidade de expansão tem um coeficiente de herdabilidade que pode atingir a 0,96<sup>43,52,53</sup>. Em duas populações de milho pipoca, selecionadas através do método de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos, os coeficientes de herdabilidade para CE encontrados, foram da ordem de 0,60<sup>54</sup>. Assim, a utilização de métodos simples, como seleção massal estratificada e seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos, pode proporcionar bons progressos na seleção para esse caráter. Resultados animadores foram mostrados no melhoramento intrapopulacional para a capacidade de expansão<sup>52, 55</sup>, bem como no melhoramento interpopulacional para aumentar a média de produção, CE e resistência ao acamamento<sup>57</sup>. Sabe-se também que linhagens com alta CE tendem a transferir essa característica para seus cruzamentos<sup>50</sup>. A utilização de híbridos poderá trazer marcantes ganhos em produtividade e qualidade. Nos EUA, a produtividade aumentou, no

período de 1920 a 1973, de 1,8 t/ha para 3,3 t/ha; em grande parte, esses ganhos foram devido à introdução e no melhoramento de híbridos de milho pipoca, os quais comumente apresentam CE maior que 40<sup>58</sup>. Nos países que exploram o milho pipoca de forma mais econômica, a maioria das cultivares encontradas no mercado de sementes é do tipo híbrido triplo ou duplo. A principal razão é o baixo potencial de produção das linhagens, quando comparado a linhagens de milho comum. Como o milho pipoca é muito mais sensível à endogamia que o milho comum, é recomendável que se utilizem linhagens S2 para a produção de sementes economicamente viáveis de híbridos comerciais.

### **Programa da EMBRAPA Milho e Sorgo**

É muito importante para o melhorista de milho pipoca estar atualizado com todos os segmentos acerca das necessidades e das demandas da indústria do milho pipoca, para melhor direcionamento de seu programa de melhoramento. Esses segmentos de utilização e consumo do milho pipoca indicam a existência de demandas específicas quanto ao desenvolvimento de cultivares, variedades e híbridos e ao germoplasma a ser usado no programa do melhorista.

Na EMBRAPA Milho e Sorgo, os melhoristas de milho têm dedicado pequena parte de suas atividades a essa cultura. O programa de melhoramento de populações de milho pipoca em andamento tem utilizado dois compostos de grãos de coloração amarela (CMS 43) e de coloração

branca (CMS 42). Esses compostos foram formados através da recombinação de alguns melhores materiais, selecionados principalmente para tolerância às principais doenças foliares, existentes no BAG da EMBRAPA Milho e Sorgo. Essas duas populações foram selecionadas por mais de cinco ciclos de seleção massal estratificada e posteriormente continuou-se usando a seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos. Durante o processo de melhoramento, tem-se procurado selecionar para os caracteres desejáveis de planta e também para as seguintes características de grãos: coloração do grão e da pipoca, tamanho do grão, tipo do grão, forma da pipoca etc.

Está previsto o lançamento de uma variedade derivada da população CMS 43, de grãos de coloração amarela, porte alto e de ciclo intermediário, para o ano de 97.

### MILHO DE CICLO PRECOCE

Com a acelerada ampliação de áreas irrigadas no Brasil e a busca constante de maximização do uso dessas terras, através de mais de um plantio por ano, o milho superprecoce seria uma boa opção para esta demanda, uma vez que pode ser plantado em sucessão a leguminosas e gramíneas. As vantagens da cultura de ciclo mais precoce são muitas e dependem de cada caso. Nos Estados da região Sul, esse tipo de material poderá ser usado no plantio da "safrinha". No Paraná, pode-se plantar entre os meses de janeiro e março, em sucessão à soja. Em Santa

Catarina e Rio Grande do Sul, em várias regiões se faz o plantio em sucessão com milho e feijão, logo após a colheita do fumo. Mais recentemente, na Alta Mogiana, no Estado de São Paulo, vem crescendo o cultivo de milho em sucessão à soja. Nos Estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, o plantio de milho de "safrinha", já vem se constituindo em uma prática de larga utilização, em sucessão ao cultivo tradicional da soja, uma vez que a distribuição das chuvas permite o plantio de uma nova cultura. Sendo a colheita da soja efetuada normalmente entre o final de janeiro e a primeira quinzena de fevereiro, há a possibilidade de entrar uma nova cultura, desde que o período chuvoso se estenda até meados de maio. Com o plantio de milhos superprecoces, haverá o aproveitamento total da estação chuvosa, melhor aproveitamento da adubação residual da soja (que é pesada), rotação de cultura ideal, garantia de duas colheitas por ano agrícola, maior retorno econômico para os produtores e a vantagem adicional de escapar das geadas que ocorrem nos meses de junho/julho.

Para a região Norte, materiais desse tipo permitiriam uma colheita segura antes do início das chuvas pesadas. Já para a região Nordeste, a vantagem é poder aproveitar melhor a curta estação chuvosa, com possibilidades de escapar do estresse hídrico no período de florescimento e, dessa forma, ter assegurada a colheita da lavoura. Reduzindo o tempo em que a cultura é mais exigente por água, haverá, conseqüentemente, maior disponibilidade de água para as outras culturas que são plantadas em consórcio com o milho.

Em regiões que utilizam tecnologias mais modernas, como a irrigação, por exemplo, o plantio de cultivares de ciclos mais precoces permitiriam uma melhor utilização do solo, pois poderiam ser efetuados até três plantios por ano, além de facilitar um planejamento de plantio de culturas, para que o produto a ser comercializado fosse colhido na época de preços mais elevados (entressafra).

O fator limitante, além do reduzido número de germoplasmas disponível no Brasil, é o desconhecimento relativo a esses materiais básicos (populações) de milho superprecoce quanto às características genéticas e potencial produtivo, para serem usados num programa de melhoramento de âmbito público e privado. A caracterização heterótica dessas populações poderá ajudar em muito a identificação de materiais para seleção, extração de linhagens e obtenção de híbridos.

Várias firmas produtoras de sementes de milho vêm desenvolvendo trabalhos para atender a demanda de mercado por híbridos de ciclo superprecoces, conforme é mostrado pelos resultados dos ensaios nacionais de milho superprecoces<sup>57</sup>. Apesar de já existirem alguns materiais comerciais ditos de ciclo superprecoce, há a necessidade de identificação de materiais básicos superprecoces para servirem em seus programas de melhoramento.

A característica de ciclo curto, em plantas de milho, constitui em um importante atributo para diversos caracteres. As vantagens relativas de genótipo de ciclo curto têm sido relatadas na literatura, considerando-se vários aspectos. Reitz<sup>58</sup>, comenta a vantagem de se conseguir boa

produção onde ocorre o estresse de água. Estudos mais detalhados têm mostrado que o ótimo ciclo da planta está relacionado com o estresse ambiental, onde genótipo de ciclos tardios foram melhor adaptados a condições úmidas, enquanto genótipos de ciclo curto foram melhor adaptados a ambientes com problemas de estresse de água<sup>58, 59, 60, 61, 62</sup>. A redução no potencial de produção de materiais precoces pode ser compensada até certo ponto pelo aumento da densidade de plantio<sup>64, 65, 66</sup>. Existem, no entanto, alguns pontos que são relatados como desvantajosos quando se comparam milhos precoces com tardios. A manutenção de um sistema fotossintético ativo até a maturação fisiológica é muito importante para o desenvolvimento do milho; assim é que a fonte de assimilados parece limitar a produção de grãos de híbridos muito precoces<sup>67</sup>. O acamamento também é um problema sério em materiais precoces; Mortimore & Ward<sup>68</sup> mostraram que altos níveis de açúcares solúveis nos colmos na fase da maturação fisiológica estavam associados com tolerância ao acamamento. O problema de colmo de baixa qualidade em milho de ciclo precoce é relativamente grande<sup>69</sup>. Essas desvantagens, todavia, podem ser perfeitamente compensadas dentro de um programa de melhoramento, desde que o melhorista fique atento para esses pontos que são considerados negativos. Cross et al.<sup>70</sup> estudaram os efeitos de densidade, maturação e prolificidade em híbridos precoces e tardios e concluíram que, em média os precoces foram mais produtivos, com mais acamamento, grãos mais pesados e mais prolíficos quedos híbridos tardios. Blum & Arkin<sup>71</sup>

concluíram que a densidade do comprimento de raiz e o total da raiz por planta é reduzido em plantas de ciclo curto, e isto é uma vantagem em termos de densidade de comprimento de raiz por unidade de área foliar. Segundo Blum <sup>64</sup> a duração do desenvolvimento da planta está geneticamente ligada ao número de folhas e também ao tamanho das folhas; assim, genótipos de ciclos precoces tendem a ter um baixo índice de área foliar.

Num programa de seleção que visa identificar genótipos para uso no melhoramento, quanto mais informações forem obtidas melhor será o conhecimento do problema. Na escolha de materiais básicos que serão usados num programa de híbridos, as informações relativas à capacidade de combinação e aos efeitos genéticos que influenciam em caracteres agronômicos importantes devem ser consideradas de extrema importância, pois servirão de base para a escolha de populações que apresentem potencial heterótico.

### **Programa da EMBRAPA Milho e Sorgo**

Em 1993, foi iniciado um programa de melhoramento de milho de ciclo superprecoce, com o objetivo principal de formar sintéticos de base estreita e extrair linhagens para a formação de híbridos. Inicialmente, foi feito um dialelo entre 15 materiais introduzidos e sintetizados na EMBRAPA Milho e Sorgo e foram obtidos 105 híbridos interpopulacionais. Esses híbridos foram testados em 20 regiões do País, para estudo da capacidade de combinação entre os materiais. Baseando-se na média dos resultados

de produção, foram selecionadas as melhores oito populações que foram autofecundadas, um mínimo de 500 plantas de cada uma delas, para a obtenção de progênie endogâmicas. Essas progênie estão tendo a endogamia avançada com seleção e com avaliações em altas densidades de plantios. Espera-se para o ano agrícola de 97/98, iniciar os testes para as avaliações de híbridos simples experimentais em vários locais do País.

Num programa de seleção que visa identificar genótipos para uso no melhoramento, quanto mais informações forem obtidas melhor será o conhecimento do problema. Na escolha de materiais básicos que serão usados num programa de híbridos, as informações relativas à capacidade de combinação e aos efeitos genéticos que influenciam em caracteres agrônômicos importantes devem ser consideradas de extrema importância, pois servirão de base para a escolha de populações que apresentem potencial heterótico.

Os melhoristas de planta, através de manipulação genética, têm modificado o conteúdo do amido, da proteína e do óleo do grão do milho, com o objetivo de atender as demandas para alimentação animal, indústria de alimentos e outros usos industriais do milho. Assim é que novos milhos especiais, como ceroso, alta amilose e alto teor de óleo têm sido desenvolvidos e postos em uso para cultivo em muitas regiões produtoras de milho.

Além dos quatro tipos de milho já discutidos em detalhes acima, serão incluídos também alguns milhos especiais que considero de menor importância.

- Milho CEROSO<sup>72,73</sup>, que não é um tipo novo de milho, é uma variação do amido do milho normal e foi primeiramente encontrado na China, em 1908. Essa característica é controlada geneticamente por um único gene recessivo, o gene waxy (wx). O milho ceroso que contém 100% de amilopectina, que é uma forma de amido com sub unidades de glicose ramificadas e de alto peso molecular, é diferente do milho normal, que contém de 72 a 75% de amilopectina e 25 a 28% de amilose (moléculas de glicose não ramificadas). Esse tipo de milho é mais utilizado nas fábricas de moagem úmida de milho, e, devido às suas propriedades físico-químicas, é utilizado nas indústrias alimentícias como estabilizador e engrossante (sopas, cremes, gomas, sorvetes etc.) e também na fabricação de papel com adesivo.
- Milho para ALTA AMILOSE<sup>72</sup>, também denominado em outros países de amilomilho, é o milho que apresenta mais de 50% de amilose. O gene mutante amilo extender (ae), presente na forma homozigota na semente de milho, aumenta significativamente o conteúdo de amilose no endosperma. O milho normal possui em média até 27% de amilose e em alguns híbridos de alta amilose contém até 60% de amilose. Esse tipo de milho é produzido para uso exclusivo em indústrias de moagem úmida. O amido de alta amilose é usado no fabrico de tecidos, filmes, plásticos, adesivos, doces etc.

- Milho com ALTO TEOR DE ÓLEO<sup>72</sup>: contém no embrião das sementes aproximadamente de 7 a 8% de óleo, que corresponde a 2 ou 3% a mais do que o conteúdo encontrado no milho comum. A qualidade do óleo depende da quantidade relativa de ácidos graxos saturados e insaturados na semente. O óleo de milho é altamente poli-insaturado e com alto conteúdo de ácido linoleico fazendo com isso uma excelente fonte de energia e de ácidos graxos essenciais para animais e seres humanos. Além desse fator, esse tipo de milho apresenta adicionalmente uma maior quantidade e qualidade de proteína. Isso é explicado pelo fato de que o tamanho do embrião é maior e contém proteína de mais alta qualidade que aquela encontrada no endosperma. O carácter alto teor de óleo é controlado por muitos genes. Em geral, as cultivares de milho com alto teor de óleo apresentam baixa produtividade.
- Milho AZUL<sup>73</sup>. Este tipo de milho é historicamente muito importante para utilização tanto como alimento como para fins religiosos pelo povo mexicano. Esta coloração é devido à pigmentação de coloração azul encontrada na camada de aleurona logo abaixo do pericarpo. Diferentemente dos outros tipos de milho, onde ocorreram investimentos para o melhoramento e seleção de cultivares superiores que respondem a aplicação de tecnologia, o milho azul é produzido de variedades de polinização aberta que apresentam baixa produtividade e de uso sob condição de baixa tecnologia. Em pesquisas

conduzidas no Novo México -USA, foi observado que o milho azul apresentava-se semelhante ao milho opaco 2, com um teor de lisina superior ao daqueles encontrados nos milhos comuns. Também que a maioria dos milhos azuis apresentavam altos teores de ferro e zinco. O milho azul apresenta uma consistência granulosa e um gosto, rascante e adocicado, diferentes de outros milhos desenvolvidos para a produção de farinhas. As farinhas produzidas do milho azul são muito utilizadas para o fabrico de tortilhas, piki (pão papel), chaquegue (semelhante a farinha de milho), atole (bebida de farinha de milho), nixtamal (canjica cozida) e outros alimentos típicos consumidos especificamente no México e norte dos USA.

As práticas culturais usadas para a produção desses milhos especiais são as mesmas utilizadas para o milho comum. Entretanto, devem ser tomados certos cuidados para que não ocorra a contaminação do campo plantado com esses tipos de milho especiais, através de cruzamentos com pólen do milho comum. Se ocorrer essa contaminação, as sementes colhidas das plantas dos tipos ceroso e alta amilose serão todas normais; entretanto, as sementes colhidas no tipo alto óleo terá um teor intermediário entre os milhos comum e alto óleo. Portanto, esses tipos de milho especiais devem ser cultivados isolados de plantios com o milho comum.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabem-se que o milho é considerado uma cultura diversificada, pois apresenta muitos tipos e usos especiais. Os vários tipos de milho que hoje estão sendo utilizados pelo homem surgiram na natureza devido a um passado histórico de processos de seleção, baseados no reconhecimento de características próprias, em associação às diversidades genéticas. Fontes adicionais para o refinamento e o desenvolvimento dos milhos especiais têm sido fornecidas devido à continuidade das atividades de análise de variação genética desses materiais. A habilidade do biotecnologista no sentido de utilizar a variabilidade genética na especificidade de genes poderá vir a ser um potencial para se manipular a variabilidade genética no sentido de produzir com mais precisão os milhos especiais do futuro. Entretanto, devido a sua necessidade intrínseca, todo esse processo deverá ir além do biotecnologista. Hoje, está bem claro que a modelagem dos milhos especiais para utilização futura deverá ser acompanhada dos conhecimentos em primeira instância dos biotecnologista, melhoristas, bioquímicos, e especialistas de produtos. A habilidade das gerações futuras de cientistas em utilizar os germoplasmas de milho e a variabilidade genética existente para criar novos caminhos e novas variações na diversificação da composição do milho provirão as bases para o desenvolvimento da próxima geração de milhos especiais.

## LITERATURA CONSULTADA

1. Jinda Jan-Orn, Thip Lekagul, William Warren. 1988. Baby Corn Production. Field Crops Research Institute. Technical Report, N<sup>o</sup> 1, Bangkok 10900, Thailand.
2. Myanmar, S. H.B. 1993. The Effect of Spacing and Population on Baby Corn Yield. 11<sup>o</sup> Regional Training Course. Bangkok, Thailand. p 297-306.
3. Lekayul, T.; S. Pernmankong; G. Chut Haew and V. Benjasil. 1981. Field corn variety for young ear corn production. Thailand National Corn and Sorghum Program Annual Report. Kasetsart University and Department of Agriculture. CIMMYT, Bangkok, Thailand. P.201-203.
4. Bar-Azur, A. & Saadi, H. 1989. Prolific maize Hybrids for Baby corn. Field crops institute, ARO, Newe Ya'ar Experiment Station. Haifa, Israel. P 3.
5. Galinat, W.C. & Lin, B.Y. 1988. Baby corn: Production in Taiwan and future outlook for production in the United States. Economic Botany. 42, 132-134.
6. Vasal, S.K.; Villegas, E.; Bjarnason, B.; Gelaw, B.; Goertz, P. (1980). Genetic modifiers and breeding strategies in developing hard endosperm *opaque-2* MATERIALS. P. 37-71. In. W.G. Pollmer and R. H. Phillips (eds). Improvement of quality traits of maize for agrain and silage use. Nijhoff, The Hague.
7. Bjarnason, M.; Vasal, S.K. (1992). Breeding of quality protein maize (QPM). Plant Breeding Reviews, 9:181-216.
8. Magnavaca, R. Quality Protein Maize development in Brazil (1992). IN: MERTZ, E.T. (ed.) Quality protein maize. St. Paul, MN: AACC, p. 225-38.

9. Guimarães, P.E.O.; Santos, M.X.; Gama, E.E.G.; Parentoni, S.N.; Silva, A.E.; Pacheco, C.A.P.; Lopes, M.A.; Paiva, E. (1994b). Sintético amarelo precoce de milho de alta qualidade protéica (QPM). Relat.Tec. Anu. CNPMS 1992/93. p. 222.
10. Guimarães, P.E.O.; Santos, M.X.; Silva, A.E. (1994d). Metodologia prática e rápida de obtenção de novas populações QPM com 25% de genótipos normais elites. Relat. Tec. Anu. CNPMS 1992/93. p. 222-3.
11. Lopez-Pereira, M.A. (1992). The economics of quality protein maize in animal feed: case studies of Brazil and El Salvador CIMMYT Economics Working Paper 92-06. México, D.F. 45p.
12. CIMMYT world maize facts trends: Maize research investments and impacts in developing countries. (1992). Mexico. CIMMYT, 57p.
13. Gevers, H. O. ; Lake, J. K. Development of modified *opaque-2* maize in South Africa
14. National Research Council. 1988 . Quality - Protein maize. National Academic Press, Washington, D.C.
15. Hendry, G.W., Archaeological evidence concerning the origin of sweet maize, J. Am. Soc. Agron., 22, 508, 1930.
16. Grobmand, A., Salluana, W., and Servilla, R., Races of Maize in Peru, Nat. Acad. Sci. Nat. Res. Council Pub. 915, Washington, DC, 1961.
17. Boyer C. D. and Shannon. J. C. The use of endosperm genes for sweet corn improvement, *Plant Beeding Rev.*, 5, 139, 1984.

18. Nelson, O.E., Genetic control of polysaccharide and storage protein synthesis in the endosperms of barley maize, and sorghum, in *Advances in Cereal Science and Technology*, Vol. 3, Pomeranz, Y., Ed., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 1980.
19. Creech, R.G., Genetic control of carbohydrate synthesis in maize, *Genetics*, 52, 1175, 1965.
20. Creech, R.G. Carbohydrate synthesis in maize. *Adv. Agron.* 20, 275, 1968.
21. Garwood, D.L. and Creech, R.G., Pennfresh ADX hybrid sweet corn, *HortScience*, 14, 645, 1979.
22. Boyer, C.D. and Shannon, J., Carbohydrates of the kernel, in *Corn: Chemistry and Technology*, Watson, S.A. and Ramstad, P.E. Eds., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 1987.
23. Garwood, D. L., McArdle, F. J., Vanderslice, S.F., and Shannon, J.C. Postharvest carbohydrate transformations and processed quality of high sugar maize genotypes, *J.A.M. Soc. Hort. Sci.*, 101, 400, 1976.
24. Coe, E.H., Jr., Neuffer, M.G. and Hoisington, D.A., The genetics of corn, in *Corn and Corn Improvement*, Sprague, G.F. and Dudley, J.W. Eds., American Society of Agronomy, Madison WI, 1988.
25. Flora, L.F. and Wiley, R. C., Sweet corn aroma, chemical components, and relative importance in the overall flavour response. *J. Food Sci.*, 39, 770, 1974.
26. Helm, J.L., Ferguson, V.S., and Zuber, M.S., Interaction of dosage effects on amylase content of corn at the Du and wax loci, *J. Hered.*, 60, 259, 1969.

27. Ito, G.M. and Brewbaker, J.L., Genetic advance through mass selection for tenderness in sweet corn, *J. Amm. Soc. Hort. Sci.*, 106, 469. 1981.
28. Hansen, L. A., Baggett, J.R. and Rowe, K.E., Quantitative analysis of ten characteristics in sweet corn, *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 102, 158, 1977.
29. Andrew, R.H., Brink, R.A., and Neal, N.P., Some effects of waxy and surgary genes on endosperm development in maize. *J. Agric. Res.*, 69, 355, 1944.
30. Brewbaker, J.L. and Banafunzi, N., Hawaiian Supersweet #6 corn, *HortScience*, 10, 427, 1975.
31. Brewbaker, J.L., Hawaiian Supersweet #9 corn, *HortScience*, 12, 355, 1977.
32. Brewbaker, J.L., Breeding tropical supersweet corn, *Hawaii Farm Science*, 20, 7, 1971.
33. Alexander, D.E. Breeding Special Nutritional and Industrial types. p. 869-880. In G.F. Sprague and J.W. Dudley (ed.). *Corn and Corn Improvement*. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin. 1988.
34. Briggs, F.N. The use of backcross method in crop improvement. *Amer. Nat.*, 72:285-292. 1938.
35. Briggs, F.N., & R.W. Allard. The current status of the backcross method of plant breeding. *Agron. Jour.* 45:131-138. 1953.
36. Du Plessis, J.G. Breeding for quality in sweet corn. *Hort. Science* 9:79-81. 1970.
37. Gnoatto, T.L. Analise de cruzamentos dialelicos entre linhagens de milho (*Zea mays* L.) de diversas origens. ESALQ/USP. Piracicaba 1969. 80p. Tese Mestrado.
38. Harlan, H.V. & M. N. Pope. The use and value of backcross in small grain breeding. *Journ. Hered.* 13:319-322. 1922.

39. Jugenheimer, R. W. Corn : Improvement , Seed Production and Uses. John Wiley & Sons. N.Y. 670p. 1976.
40. Silva, W.J., da; J.P.F. Teixeira; P. Arruda and M.B. Lovato. Nutrimaiz a tropical sweet maize cultivar of high nutritional value. *Maydica* XXIII (1978):129-136.
41. Sprague , G. F. Corn and Corn Improvement. Academic Press. N.Y. 699 p. 1955.
42. Tavares, F.C.A. & J.R. Zusley. Correlações fenotípicas em variedades de milho e respectivos híbridos. *Rela. Cient. do Depto. e Inst. de Genética. ESALQ/USP. Piracicaba. SP. 5:159-167. 1971.*
43. Brunson , A. M. Popcorn, in *Corn and corn Improvement, Sprague, G.F., Ed., American Society of Agronomy Madison, WI, 1955, 423.*
44. Erwin, A.T., The origin and history of popcorn, *Zea mays L. var. indurata (Sturt.) Bailey mut. everta (Sturt) Erwin. Agron. KJ., 41, 53, 1949.*
45. Goodman, M.M. and Brown, W.L. Races of corn, in *Corn and Corn Improvement, Sprague, G.F. and Dudley, J.W. Eds. American Society of Agronomy, Madison, WI, 1988, 39.*
46. Crumbaker, D.E., Jonhson, I.J., and Eldredge, J.C., Inheritance of popping volume and associated caracteres in crosses between popcorn and dent corn. *Agron. J. , 45, 105, 1953.*
47. Clary, G., A study of the inheritance of expansion in piopcorn, thesis, Purdue University, West Lafayette, IN, 1954.
48. Ashman, R.B., Correlation between popping expansion volume and percent oil. Purdue University annual report to the north central region 105 popcorn prtoduction committee , Purdue university, West Lafayette, IN, 1990.

49. Verma, R.K. and Singh, T.P., Interrelation among certain quantitative traits in popcorn. Mysore Journal of Agricultural Sciences, India. 13(1):15-8, 1979.
50. Lysterly, P. J. Some genetic and morphologic characters affecting the popping expansion of popcorn. J. Am. Soc. Agron., 34:986-99, 1988.
51. Ashman, R. b., Popcorn, Purdue University, Cooperative Extension Service, Plant Disease Control, Bulletin BP-4, 1983.
52. Weaver, B. L. and Thompson, A. E., Fifteen generations of selection for improved popping expansion in white bulless popcorn. III. Agric. Exp. Stn. Bull., 616, 1, 1957.
53. Tirado-Soto, C. S., Thomas-Compton, M. A., and Compton, W.A., Heritability and Genetic Correlation Estimates in the Supergold Popcorn Variety, Univ. of Nebraska annual report to the North Central Region 105 Popcorn Production Committee. University of Nebraska. Lincoln, 1985.
54. Pacheco, C.A.P., Gama, E.E G., Santos, M.X., Guimarães, P.E.O, Silva, A.E., Ferreira, A.S. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos em progênies de meios irmãos das populações de milho CMS 42 e CMS 43. In: Congresso nacional de milho e sorgo, 19, porto alegre, RS, 1992.
55. Lima, M., Zinsly, J.R. and Moro, J.R. Seleção massal estratificado no milho de pipoca visando o aumento da produtividade, caracteres agrônômicos e capacidade de expansão. Relatório técnico da ESALQ, Piracicaba, (7): 83-88, 1973.
56. Thomas, W.I. and Grissom, D.B. Cycle evaluation of reciprocal recurrent selection for popping volume, grain yield, and resistance to root lodging in popcorn. Crop Sci. 40:197-200, 1957.

57. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. Ensaio Nacional de Milho Superprecoce, 1990. 48p. mimeografado.
58. Reitz, L.P. Breeding for more efficient water-use-is it real or a mirage, Agric. Meteorol., 14, 3, 1974.
59. Fischer, R. A. and Turner , N. C. Plant productivity in the arid and semiarid zones. Ann. Plant. Physiol., 29, 277, 1978.
60. Saeed, M. and Francis, C.A., Yield stability in relation to maturity in grain sorghum. Crop Sci., 23, 683, 1983.
61. Bidinger, F. R. , Mahalakshmi, V. , Talukdar, B.S., and Alagarswamy, G. Improvement of drought resistance in millet, in Brought Resistance in Crop Plants With Emphasis on Rice, International Rice Research Institute, Los Barros, Philippines, 1982, 357.
62. Laing, D.R. and Fischer, R.A., Adaptation of semidwarf wheat cultivars to rainfed conditions, Enphytica, 26, 129, 1977.
63. Saeed, M., Francis, C.A. and Rajewski, J.F., Maturity effects on genotype x environment interaction in grain sorghum, Agron. J., 76, 55, 1984.
64. Blum, A., Effect of plant density and growth duration on sorghum yield under limited water supply. Agron. J., 62, 333, 1970.
65. Duncan, W. G. Plant Spacing , Density , Orientation and Light Relationships as Related to Corn Genotypes Proc. Annu. Hybrid Corn Sorghum Res. Conf. AM. Seed Trade Assoc. 27:159-167. 1972.
66. Troyer, A.F. Yield as Influenced by Maturity and Population. Proc. Annu. Hybrid Corn Sorghum Res. Conf. Am. Seed Trade Assoc. 22:91-93.1968.

67. Tollenaar, M. & Daynard, T.B., Leaf Senescence in short-season Maize Hybrids. *Can. J. Plant Sci.*, 58:869-874, 1978.
68. Mortimore, C.G. & Ward, G.M. Root and Stalk Rot of Corn in Southwestern Ontario III. Sugar Levels as a Measure of Plant Vigor and Resistance. *Can. J. Plant Sci.* 44:451-457. 1964.
69. Daynard, T. B. Source - sink Relations in Corn Paper Presented to DEKALB Biennial Research Conference, Guadalajara, Mexico, 1977.
70. Cross, H. Z.; Kamen, J.I & Brun, L. Plant Density, Maturity and Prolificacy Effects on Early Maize: *Can. J. Plant Sci.* 67:35-42. 1987.
71. Blum, a. and Arkin, G.F., Sorghum root growth and water-use as affected by water supply and growth duration. *Field Crops Res.* 9, 131, 1984.
72. Thomison, P. Specialty Corns : Waxy, High Amylose, High Oil, and High Lysine corn. Columbus, Ohio, Department of Horticulture and Crop Science. 1995, 2p.
73. Dickerson, G.W. Specialty Corns. New Mexico State University. U.S. Department of Agriculture Cooperating. 1992. 7p.