

IMPORTÂNCIA DA SECAGEM DE GRÃOS DE MILHO

Raphaela Mulato_Cavalcante¹ e Flávia Daiana Montanuci²

¹Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Engenharia Campus do arenito, Rodovia PR 482 - KM 45. CEP: 87820-000, Cidade-Gaúcha-PR, E-mail: rafaella_cavalcanti@hotmail.com.

²Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de tecnologia Campus de Umuarama, Avenida Ângelo Moreira da Fonseca, Parque Danielle. 87506370, Umuarama, PR, E-mail: flamontanuci@yahoo.com

RESUMO: *O milho (Zea mays L.) é um cereal com propriedades nutritivas, utilizado como alimento humano ou ração animal. O grão de milho é constituído de endosperma, gérmen e pericarpo. A secagem de grãos é umas das etapas mais importantes do beneficiamento, tem como objetivo a retirada de água dos grãos a níveis que permitam a conservação, para que não ocorram perdas no período de armazenamento. Os métodos de secagem podem ser naturais ou artificiais: a secagem natural é caracterizada pela secagem com ar natural no campo e a artificial pode ser secagem estacionária, contínua, intermitente ou seca-aeração. A secagem contínua é caracterizada pela permanência constante do grão sobre ação de calor, sendo feita até o teor de umidade chegar entre 12 % e 13 % b.u (base úmida) para milho, ocorrendo em duas etapas à primeira tem como objetivo a secagem propriamente dita e a segunda a finalidade de resfriá-lo. A cinética de secagem é caracterizada por um alto índice de saída de água no início da secagem e diminui até atingir a umidade de equilíbrio.*

PALAVRA CHAVE: grãos, secagem, beneficiamento.

IMPORTANCE OF CORN GRAIN DRYING

ABSTRACT: *Corn (Zea mays L.) is a cereal with nutritive properties, used as human food or animal feed. The corn grain consists of endosperm, germ and pericarp. The drying of grains is one of the most important stages of the processing, the objective is to remove water from the grains at levels that allow the conservation, so that losses do not occur during the storage period. The drying methods can be natural or artificial: natural drying is characterized by drying with natural air in the field and the artificial can be stationary, continuous, intermittent or dry-aeration drying. Continuous drying is characterized by the constant permanence of the grain on the heat action, until the moisture content reaches between 12% and 13% bu (wet basis) for maize, occurring in two stages, the first objective is drying itself and the second the purpose of cooling it. The kinetics of drying is characterized by a high water exit index at the beginning of the drying process and decreases until equilibrium moisture is reached.*

KEY WORD: grain, drying, processing

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal com propriedades nutritivas, utilizado como alimento humano ou ração animal. O maior produtor mundial é os Estados Unidos, seguido pela China e o Brasil ocupando a terceira posição no ranking mundial, e também o segundo maior exportador mundial de milho (Peixoto, 2015).

O grão de milho é também denominado cariopse, constituído de endosperma, gérmen e pericarpo. Conforme as características dos grãos de milho podem ser classificados como

dentados, duro, farináceo, pipoca e doce (Paes, 2006). No Brasil é produzido principalmente o tipo duro e o dentado, por conter uma quantidade maior de endosperma farináceo é o mais utilizado na alimentação animal (Aschiri, 2015).

Para diferenciar um grão do outro é importante observar a forma e o tamanho deles (Paes, 2006). Os fatores importantes para que ocorra uma boa produção são as condições climáticas como radiação solar, disponibilidade hídrica e temperatura que são indispensáveis para que a produção seja máxima. É essencial a escolha correta do cultivar para obter o resultado desejado na produção. Hoje no Brasil existem cultivares adaptados para todas as regiões, a escolha do cultivar dependerá das condições de produção (Cruz et al., 2008).

A secagem de grãos é definida como a retirada de água a níveis que possa conservar o produto para que não existam perdas no armazenamento do produto, assim possibilitando o armazenamento do produto por um longo tempo, deste modo caracterizado pelo processo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem (Milman, 2002). É realizada através de uma passagem de ar que forneça calor em forma de vapor, deve ser feita dentro de certos limites para que não ocorra a deterioração dos grãos durante a secagem. Pode ser realizada de forma natural ou artificial, a secagem natural é caracterizada pela secagem feita no campo por meio de ar natural e a artificial pode ser estacionária, contínua, intermitente ou seca-aeração, a secagem artificial pode ser realizada por meio de ventilação forçada em baixa temperatura o ar é aquecido até 10°C acima da temperatura ambiente e altas temperaturas o ar é aquecido superior 10 °C acima da temperatura ambiente (Souza e Silva, 2008).

A secagem continua é caracterizada pela permanência constante do grão sobre ação de calor, sendo feita até o teor de umidade chegar entre 12 % e 13 % b.u (base úmida) para milho, ocorrendo em duas etapas a primeira tem como objetivo a secagem propriamente dita e a segunda a finalidade de resfriá-lo. A secagem em silo é caracterizada pela secagem em baixa temperatura utilizada também quando se deseja secar o grão e armazenar após a secagem (Souza e Silva, 2008).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Mercado de milho

No cenário agrícola do Brasil, o milho é o cereal de maior produção, possuindo uma área cultivada de 15,12 milhões de hectares e produção de 82 milhões de toneladas, portanto é o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador mundial de milho (Peixoto, 2014).

O aumento da produção é reflexo dos ganhos em produtividade, sabendo que a expansão da área com a cultura do milho entre 2000 e 2013 foi de 20,5%, enquanto a produtividade teve uma evolução de 88,7% (Emygdio et al., 2013).

Segundo IBGE (2015), várias regiões apresentaram o volume da produção de cereais, leguminosas e oleaginosas de: 77,4 milhões de toneladas no Centro-Oeste; 72,2 milhões de toneladas na Região Sul; 16,9 milhões de toneladas no Sudeste; 18,0 milhões de toneladas no Nordeste e 5,0 milhões de toneladas no Norte. Comparado com a safra passada, constatou-se acréscimo de 50,2% da Região Nordeste. Na avaliação para 2014, o Mato Grosso foi considerado o maior produtor nacional, com 23,9%, seguido pelo Paraná (18,6%) e Rio Grande do Sul (16,1%), que somados representaram 58,6% do total nacional previsto.

O milho sempre teve grande importância econômica no Paraná, assim obtendo a maior produção média do país com 13,39 milhões de toneladas, a grande parte da sua produção é consumida no próprio estado, sendo designado à pecuária e avicultura, na sua grande maioria, absorvendo 65% do volume produzido. O Paraná é o segundo maior exportador de milho do Brasil, exportou em média 2,7 milhões de toneladas/ano, 37% do volume médio exportado pelo Brasil. Em termos de exportação o Paraná só fica atrás do Mato Grosso (Demarchi, 2011).

Com o surgimento de variedades melhores adaptadas às nossas condições de solo e clima e com técnicas culturais mais adequadas (adubações, tratamentos fitossanitários, etc.), ocorreu um aumento significativo na produtividade da cultura no nosso país, apresentando os melhores indicadores de produtividade entre os melhores a nível mundial (Barros et al., 2014).

Composição do grão de milho

Os grãos de milho, em sua maioria são amarelos ou brancos, podendo apresentar colorações variadas do preto ao vermelho. Apresentando um peso individual médio de, 250 a 300 mg, sua estrutura é composta de aproximadamente 72% de amido, 9,5% proteínas, 9% fibra e 4% de óleo, 2% de cinzas e 2% de açúcares (Mussolini, 2009).

O grão de milho é conhecido botanicamente por cariopse, sendo formado por quatro principais estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta (Figura 1), nas quais diferem em composição química e também na organização dentro do grão (Paes, 2006;)

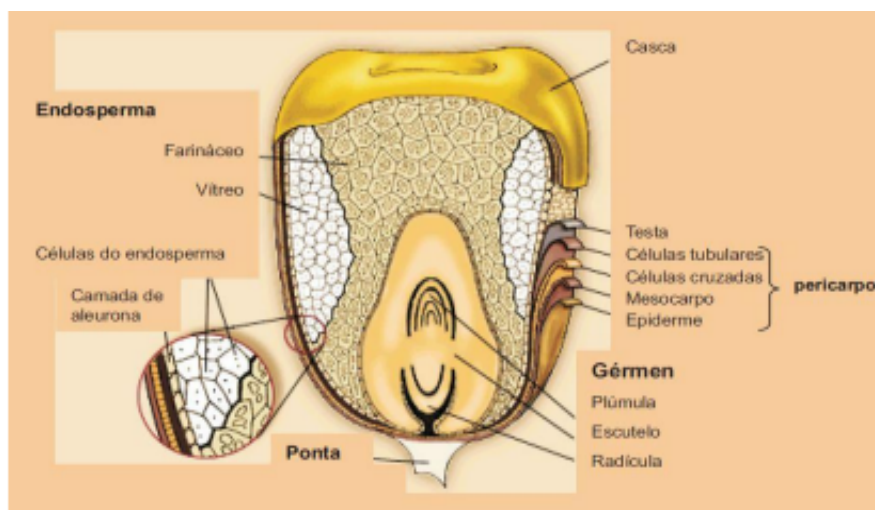


Figura 1: Anatomia do grão de milho e suas partes constituintes. (Paes, 2006)

O endosperma é a parte da semente que está envolvida pelo pericarpo e a que apresenta maior volume, sendo constituída de amido e outros carboidratos. O pericarpo é uma camada fina e resistente, compondo a parte externa da semente. A parte externa do endosperma que está em contato com o pericarpo denomina-se de camada de aleurona, a qual é rica em proteínas e enzimas com papel determinante no processo de germinação. O embrião, que se encontra ao lado do endosperma, possui primórdios de todos os órgãos da planta desenvolvida, ou seja, não é mais do que a própria planta em miniatura (Barros et al., 2014).

O germen 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%). A camada de aleurona e a camada vítrea do endosperma, onde estão presentes os carotenóides, são substâncias lipídicas que atribuem a cor aos grãos de milho. O pericarpo é a estrutura que protege o grão da elevada umidade do ambiente, insetos e microrganismos representado por 5% do grão. A ponta é a menor estrutura esta é responsável pela vinculação do grão ao sabugo, sendo a única área não coberta pelo pericarpo, representando 2% do grão (Paes, 2006).

Classificações dos grãos de milho

Conforme as características dos grãos de milho os mesmo podem ser classificados em cinco classes ou tipos de milho existentes: dentado, duro, farináceo, pipoca e doce. A maior parte do milho nacional comercialmente produzido é do tipo duro, e nos países com clima temperado o, mais utilizado é o milho dentado, por apresentar boa armazenagem e alta

germinação. O que irá diferenciar um grão do outro será sua forma e o tamanho, determinados pela estrutura do endosperma e o tamanho do gérmen (Paes, 2006).

Milho tipo duros diferem dos farináceos e dentados na relação de endosperma vítreo/endosperma farináceo. Nos milhos dentados, o endosperma farináceo se concentra 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. No entanto, durante a secagem do grão ocorre o encolhimento do endosperma, que se concentra na parte superior do grão, o que o caracteriza como dentado (Paes, 2006).

O grão de milho tipo pipoca é uma cariopse e tem como principal característica a capacidade de estourar quando submetido a uma fonte de calor, composto por pericarpo, camada aleurona, endosperma e embrião. O pericarpo tem papel fundamental no milho tipo pipoca, pois é dele que se resulta a capacidade de suportar pressão. O endosperma é composto por uma extremidade cristalina dura e outra de amido mole, quanto mais cristalino o grão maior sua capacidade de expandir (Pereira Filho et al., 2015).

O grão de milho tipo duro é composto por um volume contínuo de endosperma vítreo, o que resulta em grãos lisos e arredondados, com aspecto duro. No grão farináceo o endosperma é completamente farináceo assim como o milho dentado. No grão de milho tipo dentado, na lateral e no verso do grão se encontra o endosperma vítreo, e o endosperma farináceo está localizada na região central do grão entre a ponta e o extremo superior. Já os grãos de milho doce possuem aparência enrugada por converter os açúcares em amido e o grão passa acumular fitoglicogênio (Paes, 2006).

Condições de clima e solo para a cultura do milho

No período de crescimento e desenvolvimento do milho, a cultura necessita de índices adequados dos fatores climáticos principalmente: temperatura, radiação solar e disponibilidade hídrica, para que seu potencial genético de produção alcance o máximo. Quando o milho está no período de emergência até a floração a temperatura indicada é entre 24°C e 30°C, com temperatura de 21 °C há uma maior produção de matéria seca. A planta de milho necessita acumular quantidades distintas de energia para um melhor desenvolvimento (Cruz et al., 2008).

A necessidade hídrica da cultura do milho dependerá principalmente das condições climáticas do local. Para um alto rendimento de grãos, a quantidade de água consumida durante

o ciclo completo da cultura varia entre 500 e 800 mm, dependendo do clima da região. No período vegetativo e de maturação a cultura é relativamente intolerante a déficits hídrico, haverá uma diminuição nos rendimentos dos grãos, caso ocorra o déficit hídrico durante a floração, resultará em um rendimento baixo ou até mesmo nulo de grãos devido a secagem dos estigmas. Quando ocorre este déficit hídrico durante o período vegetativo este efeito é menor. Caso ocorra déficit hídrico durante a formação de grão haverá uma diminuição no tamanho do grão, ocasionando diminuição de rendimento (Magalhães et al., 2006).

A radiação solar é muito importante para a planta de milho, pois é através dela que ocorre o processo fotossintético, caso não haja radiação solar a planta é impedida de fazer este processo, não expressando seu máximo potencial produtivo (Cruz et al., 2008).

O milho é cultivado em qualquer tipo de solo, mais ocorre uma melhor resposta quando o mesmo é cultivado em solos bem estruturados que permitem a circulação da água e do ar e alta disponibilidade de nutrientes (Barros et al., 2014).

A textura do solo é relacionada com a estrutura do solo, capacidade de troca catiônica e retenção de água. Os solos com teores de argila em torno de 30 - 35% permitem drenagem adequada, proporcionam boa capacidade de retenção de água e de nutrientes, sendo os tipos de solos mais recomendados para cultura de milho. Devem ser evitados os solos do tipo arenoso, pois apresenta teor de argila inferior a 15%, baixa capacidade de retenção de água e nutrientes. Os solos arenosos perdem mais água por evaporação e são mais secos. O milho por ser uma planta com sistema radicular tem grande potencial de desenvolvimento, é desejável que o solo apresente profundidade maior que um metro, porque solos rasos dificultam o desenvolvimento das raízes e possuem menor capacidade de armazenamento de água (Landau et al., 2009).

Variedade

O desenvolvimento de uma lavoura de milho dependerá do potencial genético da semente, das condições do solo e do clima. Mais de 50% do rendimento final é responsabilidade da variedade, isso significa que a escolha correta da semente pode ser a razão do sucesso ou insucesso da lavoura. Hoje existe variedades adaptadas a todos os tipos de regiões do país (Cruz et al., 2008).

A escolha da variedade dependerá se é para consumo humano ou para silagem. Se objetivo for silagem é importante escolher variedades com alta produção de massa verde, se o

objetivo for grãos para consumo humano é importante escolher variedades com alta produtividade, bom equilíbrio entre colmos, folhas e espigas. É bom evitar variedades com hiper e super precoces, com elevada população de plantas, pois acarreta em um teor maior de fibras. Os grãos dentados são os mais indicados para consumo “in natura”, pois são mais moles e de fácil trituração, recomendado para animais. O milho doce é cultivado para o consumo humano, pois são aquele com maior teor de açúcar (Emygdio et al., 2013).

Os híbridos podem ser simples, duplos e trílineo. Os híbridos simples são obtidos através do cruzamento entre duas linhagens puras. Os híbridos duplos resultam do cruzamento entre dois híbridos simples e o híbrido trílineo é obtido através do cruzamento entre duas linhagens puras e um híbrido simples. Os híbridos podem ser convencionais ou transgênicos (Barros et al., 2014).

Segundo Embrapa (2014), estão sendo disponibilizado na safra 2013/2014 467 variedades de milho, sendo 253 variedades transgênicos e 214 variedades convencionais. Pela primeira vez, o número de variedades transgênicas é maior do que o das variedades convencionais. Os transgênicos disponíveis no mercado para controle das lagartas são cinco: o evento TC 1507, marca Herculex I ®; o evento MON 810, marca YieldGard ®; o evento MON 89034, marca YieldGard VT PRO ®; o evento Bt11, marca Agrisure TL ®; o evento MIR162, marca TL VIP ®. A dois eventos transgênicos disponíveis no mercado que apresentam resistência ao herbicida glifosato aplicado em pós-emergência: o evento NK603 Milho RoundupReady 2 e o evento GA21. Pode ser encontradas oito variedades transgênicas resistentes a insetos da ordem lepidóptera (borboletas e mariposas) e tolerantes ao herbicida glifosato, sendo que quatro apresentam os eventos Milho TC1507 x NK603 e quatro apresentam os eventos Milho MON810 x NK603.

A variedade DKB 240 pro 2, é um híbrido precoce transgênico, com altura de planta de 2,20- 2,30 m, com classificação dentado amarelo, com finalidade para produção de grãos (Dekalb, 2015).

Importância da secagem para o grão de milho

A secagem de grãos é umas das etapas mais importantes do beneficiamento, tem como objetivo a retirada de água dos grãos a níveis que permitam a conservação, para que não ocorram perdas no período de armazenamento. A secagem é a passagem do ar fornecendo calor em forma de vapor, este sistema é caracterizado por processo denominado adiabático. O

processo de secagem deve ser controlado dentro de certos limites determinados para evitar danos físicos, químicos e biológicos. Pode-se utilizar ar aquecido ou ar não aquecido, em qualquer um dos casos ocorrerá à evaporação da água, pois o ar não saturado em contato com os grãos provoca a evaporação (Milman, 2002).

A secagem com ar aquecido tem como principal vantagem a redução no tempo de secagem e desvantagem o alto custo com energia para aquecer o ar e o prejuízo devido à elevação da temperatura onde ocorrem perdas que podem chegar a 12% (Milman, 2002).

A temperatura, a umidade relativa, a velocidade do ar de secagem, a taxa de secagem do produto, o teor de água inicial e final do produto, o sistema de secagem empregado e o tempo de residência do produto na câmara de secagem são os principais parâmetros que podem estar associados à perda de qualidade dos grãos e sementes durante o processo de secagem.

Segundo Silva et al. (1995) em relação a secagem deve ser dada atenção a temperatura da massa de grãos e a temperatura do ar de secagem. Embora deva haver grande preocupação com a temperatura do ar de secagem em sistemas de altas temperaturas, a temperatura atingida pelos grãos ou sementes é mais importante para a prevenção de danos. Quando se trata de sementes esta preocupação deve ser ainda maior, devido aos danos ao embrião que podem ser causados por temperaturas excessivas.

Os métodos de secagem podem ser naturais ou artificiais: a secagem natural é caracterizada pela secagem com ar natural no campo e a artificial pode ser secagem estacionária, contínua, intermitente ou seca-aeração. A secagem natural é um método utilizado em regiões tropicais, normalmente as condições climáticas são favoráveis e necessitam de um baixo investimento, o início da secagem ocorre após a maturação fisiológica quando o grão apresenta alto teor de umidade, a secagem ocorre através da movimentação do ar com ação do vento e da energia solar. Neste caso o produto fica exposto, assim estão sujeitos a ataque de pragas (Souza e Silva, 2008).

A secagem artificial é caracterizada pela ventilação forçada em baixa temperatura (10°C acima da temperatura ambiente) ou altas temperaturas (superior a 10°C acima da temperatura ambiente) também pode ser utilizada a secagem combinada que consiste utilizar secadores com altas temperaturas quando o grão apresenta uma alta umidade e depois o mesmo é transferido para um sistema de baixa temperatura onde se completará a secagem (Souza e Silva, 2008).

Na secagem natural o milho permanece na lavoura até que grão atinja umidade adequada para o armazenamento este processo é interessante para aqueles produtores que não dispõem de secadores na propriedade ou mesmo para aqueles agricultores que plantam para o consumo na própria propriedade para a alimentação dos animais. Na secagem artificial, a umidade do milho deve chegar entre 13% e 14% assim este produto pode ser armazenado até por um ano (Pimentel et al., 2015).

A secagem em silo é também conhecida como secagem durante o armazenamento, porque após a secagem o produto pode permanecer armazenado. A secagem de grãos em silo utilizando ventilação forçada com ar natural ou baixa temperatura é um processo lento, pois produz um pequeno fluxo de ar passando pela massa de grão diminuindo a capacidade de evaporação de água do produto. Para alcançar o teor de umidade desejado o potencial de secagem do ar provocado pelo ventilador deve ser de 2 a 3 °C sendo suficiente para secagem e armazenamento seguro, este método de secagem é econômico e tecnicamente eficiente (Souza e Silva, 2008).

A secagem em silo pode ser feita em lotes com o silo cheio sendo uma secagem lenta, a umidade deste grão deve estar no máximo a 20% ou pode ser realizado o enchimento gradual do silo por mais de uma camada. É um método mais rápido, exige um fluxo de ar menor, contudo é necessário maior cuidado e controle do processo de secagem. A secagem em qualquer um dos processos poderá ser a temperatura ambiente ou com ventilação forçada realizando a secagem com ar aquecido (Pimentel et al., 2015).

Na secagem contínua o grão permanece constantemente sobre ação de calor, até que seu teor de umidade alcance o desejado. A secagem ocorre na maioria das vezes em duas etapas, na primeira um fluxo de ar quente passa pela massa de grãos, secando a massa e na segunda o fluxo de ar passa pelos grãos em temperatura ambiente com a finalidade de resfriá-lo. A secagem contínua é recomendada para grande quantidade de produto, por ter como vantagem a redução do tempo total de secagem, por não ser necessária a operação de carga e descarga do secador mais por outro lado ocorre a desvantagem por haver uma diferença na umidade da camada superior com a camada inferior (Souza e Silva, 2008).

Uma vantagem da secagem contínua é reduzir o tempo total de secagem. Entretanto durante este processo há uma diferença na umidade que está presente na superfície e no interior da semente, por isso a necessidade de um fluxo menor de grãos para que o ar atravesse o fluxo de forma uniforme (Souza e Silva, 2008; Carvalho, 2005).

Os secadores intermitentes caracterizam pela passagem dos grãos várias vezes durante a secagem, assim a semente sofre a ação do calor durante pequenos intervalos de tempo, após a passagem pelo secador o grão retornará ao depósito inicial que funcionará como uma câmara de espera onde não é submetido à ventilação, até a passagem de toda o grão quantas vezes forem necessárias para secar totalmente o produto até a umidade de equilíbrio (Carvalho, 2005; Souza e Silva, 2008).

De acordo com Carvalho (2005) a umidade inicial da semente é importante para determinar o tipo de secagem, pois com uma umidade entre 18 e 20% em base úmida, pode ocorrer dos grãos ficarem um tempo excessivo no secador causando alterações das suas características de qualidade fisiológicas.

A vantagem da secagem intermitente é que a quantidade de água que está sendo removida do grão é maior do que na secagem convencional. O ar quente encontra os arredores do grão onde contém o teor de umidade mais elevado, assim quando a semente está na câmara de repouso a umidade sai do centro para as extremidades que facilita a secagem e decai a possibilidade de haver algum tipo de incidências (Souza e Silva, 2008).

Problemas do excesso de secagem

A secagem exagerada do milho na planta provoca perdas de qualidade e de matéria seca dos grãos devido o processo de respiração, isto ocorre pela oxidação de carboidratos. A perda de peso pela respiração acontece por influência do clima local, pelas características da variedade e pelo sistema de cultivo. O fator respiração é o principal responsável pela deterioração do milho. Quando a secagem é em alta temperatura o excesso de secagem procede em grãos suscetíveis a danos mecânicos quando o mesmo for direcionado ao beneficiamento, para que isso não aconteça é importante ficar atento a temperatura de secagem e ao tempo de exposição do produto, estes fatores devem ser controlados. Grãos destinados à alimentação devem ser secos com temperatura menor que 55°C e aqueles destinados a ração animal secagem inferior a 82°C, para que não comprometa a qualidade e o aumento do percentual de grãos quebrados (Pimentel et al., 2015).

Os tipos de secadores e de secagem podem influenciar sobre a qualidade final do produto. A formação de trincas é relacionada ao gradiente de umidade e de temperatura que se forma no interior do grão, quando este gradiente se torna muito grande provoca o aparecimento de tensões internas que se manifestam na forma de trincas. O surgimento das trincas geralmente acontece nas últimas etapas da secagem durante o resfriamento rápido devido ao choque

térmico. São recomendadas temperaturas inferiores a 70°C e resfriamento lento para evitar a ocorrência de rachaduras (Souza e Silva, 2008).

Na secagem a temperatura é de suma importância nos resultados que determinam a qualidade dos grãos e das sementes, portanto as sementes que sofreram secagem de forma inadequada terão dificuldade em manter a germinação. Temperaturas elevadas causam danos prejudiciais aos grãos como redução na germinação, oxidações de lipídeos e desnaturação de proteínas sendo o resultado das transformações bioquímicas, outro dano causado pelas mudanças bruscas de temperatura (Souza e Silva et al., 2008).

Cinética da secagem dos grãos de milho

Segundo Leite et al., (2005) o conteúdo de umidade do milho comum diminui com o tempo até atingir um valor constante. Isso ocorre porque a quantidade de água removida pelo ar de secagem nas camadas inferiores é transferida para as camadas imediatamente acima destas, até este parâmetro atingir o equilíbrio em toda massa de grãos, que é quando o conteúdo de umidade final desejado é atingido e a altura de cada camada e, conseqüentemente, da camada total, é reduzida para um valor mínimo. Neste instante, a massa total dos grãos também fica constante para as condições de secagem consideradas.

Segundo Montanuci et al. (2016) o coeficiente de difusão mássica durante a secagem variou de $1,17 \times 10^{-8}$ a $2,17 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ na secagem em estufa e de $1,35 \times 10^{-8}$ a $2,06 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ na secagem em silo, sendo em ambos os secadores diretamente proporcionais à temperatura de 40, 60 e 80°C. Além da influência da temperatura os autores relatam diferenças entre as amostras coletadas na parte superior e inferior do silo protótipo: na parte inferior a difusividade mássica foi maior devido à maior manutenção da temperatura. Oliveira et al. (2012) relatam valores de difusividade para o milho de $1,54 \times 10^{-13}$ a $4,85 \times 10^{-13} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ em temperaturas de 40, 55, 70, 85 e 100 °C.

Segundo Prasad et al. (2010), o aumento da temperatura altera a taxa de difusão afeta o comportamento da absorção. Um aumento excessivo da temperatura, embora aumente a taxa de secagem, pode prejudicar a integridade da estrutura do grão, promover a gelatinização do amido e afetar o comportamento de ganho de peso durante a hidratação contida em vários tipos de processamento de alimentos à base de milho.

Considerações finais

A secagem seja de forma natural ou artificial é imprescindível no que se refere a conservação de alimentos já que a umidade em condições elevada permite o desenvolvimento microbiológico dos alimentos e sua decomposição, se a secagem for de forma correta torna-se possível o armazenamento dos grãos por longos períodos para atender a demanda das indústrias com qualidade. O método de secagem e o uso de secadores dependem em geral das condições ambientais, dos níveis de produção e da qualidade do produto que se deseje obter, por isso é importante a avaliação da secagem e da difusividade da água durante a secagem para garantir a qualidade do produto final.

REFERÊNCIAS

- ASCHERI, J. L. R. **Milho dentado. Embrapa 2015** Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fdyq37d002wx5a900e1ge51octw8i.html>. Acesso em: 15 março 2015
- BARROS, J. F. C.; CALADO J. C. **A cultura do milho**. Portugal: Apostila técnica Universidade de Évora, 2014. p.51.
- CARVALHO, N. M de. **A secagem de sementes**. 2 ed, Jaboticabal: Funep, 2005, 184 p.
- CRUZ, J.C.; KARAM ,D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P.C. **A cultura do milho**. Sete Lagoas- Mg: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 517.
- DEKALB, **Super safra milho**. DEKALB 2015. Disponível em: <http://www.ourosafra.com.br/super-safra-milho-dekalb>. Acesso em: 19 março 2015.
- DEMACHI, M. Análise da conjuntura Agropecuária. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/milho_2011_12.pdf. Acesso em: 17 fevereiro 2015.
- Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Comentarios/lspa_201403comentarios.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Comentarios/lspa_201403comentarios.pdf). Acesso em: 26 fevereiro 2015.
- EMYGDIO, B.M.; SCHNEID. A.P.; ROSA. A.; TEIXEIRA. M. C.C. **Indicação técnicas para o cultivo de milho e sorgo no rio grande do sul safras 2013\2014 e 2014**. Brasília- DF: Embrapa, 2013. p 124.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística produção agrícola-** Ibge.
- LANDAU, E.C.; SANS L.M.A.; SANTAN, D.P. **Cultivo do milho**. Embrapa 2009. Sete Disponível http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/climaesolo.htm. Acesso em: 28 fevereiro 2015.

LEITE, J.C.A.; SOUSA, R.F.; SILVA, A.S.; GOUVEIA, J.P.G.; SILVA, M.M.; SOUSA, A.G. Simulação de secagem de milho (*Zea mays* L.) utilizando o modelo matemático de Thompson. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.5, n.2, 2005.

MAGALHÃES, P.C.; GOMIDE R.L. **Fisiologia da cultura do milho**. Sete Lagoas - Mg: Embrapa Milho e Sorgo, p. 15-33, 2006.

MILMAN, M.J. **Equipamentos para pré-processamento de grãos**. Pelotas - Rs: Universidade UFPEL, p 206, 2002.

MONTANUCI, F. D.; CAVALCANTE, R. M.; PERUSSELLO, C. A.; JORGE, L. M. M. Comparison of Drying Kinetics of Maize in Oven and in Pilot Silo Dryer: Influence on Moisture Content and Physical Characteristics. **International Journal Food Engineering**, v.12, n.6, p. 599–606 2016.

MUSSOLINI, R. C. **Caracterização físico-química e rendimento da moagem úmida de quatro híbridos de milho**. 58 f. Dissertação (pós-graduação - Ciências de Alimentos) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2009.

OLIVEIRA, D.E.C.; RESENDE. O.; CAMPOS, R.C.; CHAVES T.H. **Revista brasileira milho e sorgo**, v.11, n.2, p.190-201,2012.

PAES, M.C.D **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho**. Sete Lagoas - Mg: Embrapa, 2006. (Circular Técnica, Tb).

PEIXOTO, C. M. **O milho no Brasil, sua importância e evolução**. Pioneer. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/165/o-milho-no-brasil-sua-importancia-e-evolucao>. Acesso em: 05 fevereiro 2015.

PERERIA FILHO, I.A, CRUZ.J. C, PACHECO. C.A.P, COSTA.R.V. **Milho pipoca**. Sete Lagoas-Mg: Embrapa 2015 Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy9zxynl02wx5ok0pvo4k359f3bo9.html>. Acesso em: 27 fevereiro 2015.

PIMENTEL, M.A.G, FONSEC M.J.O. **Secagem e Armazenamento**. Sete Lagoas - Mg: Embrapa sorgo e milho. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/colsecagem.htm. Acesso em: 09 de março de 2015.

PRASAD, K.; VAIRAGAR, P. R.; BERA, M. B. Temperature dependent hydration kinetics of *Cicerarietinum* splits. **Food Research International**, v. 43, n. 2, p. 483–488, 2010.

SILVA, J. S., AFONSO, A.D.L., GUIMARÃES, A.C. Estudos dos métodos de Secagem. In: Silva, J.S. **Pré-processamento de Produtos Agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995, p.105-143.

SOUZA E SILVA J.S. **Secagem e armazenamento de produtos agrícolas**. Ed aprenda fácil, Viçosa- Mg: 2008. p 560.