

EFEITO DA COLHEITA MECANIZADA E DA SECAGEM ARTIFICIAL SOBRE A CAPACIDADE DE EXPANSÃO DE MILHO-PIPOCA

Patrícia Fontes Machado¹, Paulo Cesar Corrêa², Bárbara Heliodora Machado Mantovani³, Evandro Chartuni Mantovani³

RESUMO

Neste trabalho foram estudados o efeito da colheita mecânica, variando-se a velocidade do cilindro debulhador da colhedora e o teor de umidade dos grãos, assim como o efeito da temperatura do ar de secagem artificial sobre a capacidade de expansão de milho-pipoca. Dois cultivares de milho-pipoca, Zélia e CMS 43, foram colhidos e debulhados manualmente, e mecanicamente com três diferentes rotações do cilindro debulhador 500, 600 e 700 rpm. O produto foi submetido ao processo de secagem em camada fina até atingir o teor de umidade de $12 \pm 1\%$ b.u., com o ar a temperatura ambiente em torno de 23°C , e a altas temperaturas de 40 , 50 e 60°C , mantendo-se fluxo de ar constante de 1 m.s^{-1} . Depois da secagem, foi realizado o teste-padrão de qualidade, teste da capacidade de expansão, utilizando-se um pipocador elétrico com temperatura de resistência de 280°C , durante 4 min, para uma amostra de 30 ml. A capacidade de expansão foi expressa pela relação do volume de pipoca expandida pelo volume de grãos de milho-pipoca. De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que a colheita mecânica e a secagem a altas temperaturas são prejudiciais à capacidade de expansão do grão. O teor de umidade inicial de colheita de $15 \pm 1\%$ b.u. resultou em menores porcentagens de perda da capacidade de expansão, quando comparado ao teor de umidade de $19 \pm 1\%$ b.u. Quanto à secagem artificial, observou-se que o aumento da temperatura do ar provoca a diminuição da capacidade de expansão do milho-pipoca, em ambos os cultivares. Pode-se afirmar, ainda, que o milho-pipoca do cultivar Zélia apresentou os melhores resultados de capacidade de expansão, para todos os tratamentos, quando comparado ao cultivar CMS 43, o que provavelmente ocorreu em virtude de suas características genéticas que lhe conferem maior susceptibilidade aos danos, relativamente ao primeiro cultivar.

PALAVRAS-CHAVE: milho-pipoca, colheita, secagem.

ABSTRACT

Effects of the Mechanized Harvest and Artificial Drying Upon the Expanding Capacity of Popcorn

The effect of the mechanized harvest was studied by varying the speed of the harvesting sheller cylinder and the grain moisture contents. The effects from the artificial drying air temperature upon the expanding capacity of popcorn were also analyzed. Two popcorn culti-

1. M.S. Engenharia Agrícola.

2. Prof. Adjunto, Dep. Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000 - Viçosa - MG.

3. Ph.D., Pesquisador EMBRAPA - Milho e Sorgo (CNPMS), Sete Lagoas - MG.

vars (Zélia and CMS 430 were harvested and manually and mechanically shelled with three different rotations of the sheller cylinder (500, 600 and 700 rpm). The product was submitted to the thin layer drying process until reaching the moisture content of $12 \pm 1\%$ b.u. at an air environmental temperature around 23°C and at high temperatures of 40, 50 and 60°C maintaining a constant air flow of $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. After drying the quality pattern test, the expanding capacity test, was performed by using an electrical popping corn machine at a resistance temperature of 280°C over 4 min for a 30 ml sample. The expanding capacity was expressed by the ratio between the expanded popcorn volume and the popcorn grain volume. According to the results, it was concluded that the mechanical harvest and the drying at high temperatures are prejudiced to the grain expanding capacity. The initial harvest moisture content ($15 \pm 1\%$ b.u.) resulted lower percentages for the expanding capacity loss when compared with the moisture content of $19 \pm 1\%$ b.u.. Relatively to the artificial drying, it was observed that the increase of the air temperature causes a decreased popcorn expanding capacity in both cultivars. Yet it may be affirmed that the Zélia cv. Popcorn presented the best results in expanding capacity for all treatments when compared with CMS 43 cv., which probably is due to its genetic traits conferring it with greater susceptibility to injuries in relation to the first cultivar.

KEY WORDS: popcorn, harvest, drying.

INTRODUÇÃO

Atualmente ocorre um crescente aumento na produção e consumo da pipoca, em consequência do aprimoramento e popularização das máquinas elétricas e dos fornos de microondas para o pipoqueamento do milho-pipoca, havendo, com isto, uma maior preocupação com a qualidade deste produto. O milho-pipoca caracteriza-se por apresentar sementes duras e pequenas, que expandem-se ou estouram quando submetidas ao calor, em virtude da resistência do pericarpo associada à presença de água e óleo no grão. Esta capacidade de expansão representa o parâmetro mais importante, quando se faz referência à sua qualidade. A capacidade de expansão é influenciada por fatores, tais como: tamanho, forma do grão, teor de umidade de colheita, teor de umidade após a secagem, presença de danos, temperatura de secagem, dentre outros, PACHECO et al. (1996).

O teor de umidade, após a secagem, é um dos fatores que mais

afeta a expansão do milho-pipoca. Para LIEN e HAUGH (1975), o teor de umidade de máxima expansão situa-se na faixa de 10,5 a 15% b.u. Entretanto, DALBELLO e BIAGI (1996) afirmam encontrar-se na faixa de 10 a 11% b.u. e que, a capacidade de expansão diminui tanto com o aumento quanto com a redução do teor de umidade.

O teor de umidade, durante a colheita, é outro fator muito importante. LIEN e HAUGH (1975) recomendaram colher milho-pipoca com teor de umidade variando de 14 a 18% b.u., sendo que a máxima capacidade de expansão foi obtida com 17,4% b.u. e que, quando colhido com teores de umidade acima de 20,6% b.u. e abaixo de 14,5% b.u., o milho-pipoca mostrou um decréscimo no volume de expansão.

Bemis, citado por WHITE et al. (1981), observou que o milho-pipoca pode ser colhido com teor de umidade de até 31,5% b.u. sem haver diminuição na capacidade de expansão, desde que a secagem seja feita lentamente a baixas temperaturas. Para a debulha, en-

tretanto, é recomendado que o teor de umidade seja preferivelmente, abaixo de 15,3% b.u.

A presença de danos causados pela colheita pode provocar uma diminuição considerável na capacidade de expansão dos grãos de milho-pipoca. HOSENEY et al. (1983) elucidaram o mecanismo de como a pipoca estoura, demonstrando a grande importância de um pericarpo íntegro, uma vez que esta estrutura é que suporta a elevada pressão necessária para que ocorra a expansão. Se no pericarpo existirem trincas ou fendas, que não podem ser observadas a olho nu, a pressão ideal não poderá ser atingida e, conseqüentemente, a pipoca não se expandirá totalmente.

PACHECO et al. (1996) concluíram que a danificação mecânica provoca uma redução drástica no índice de capacidade de expansão e que a colheita do milho-pipoca, tanto para consumo "in natura" quanto para a produção de sementes, deve ser feita com o máximo cuidado, para minimizar os danos mecânicos e, assim, propiciar um produto com máxima qualidade fisiológica e, ou, capacidade de expansão.

De acordo com as Normas de Identidade e Qualidade de Milho Pipoca do Ministério da Agricultura e Abastecimento, que ainda não está em vigor, para que um milho-pipoca possa ser comercializado, é necessário que sua capacidade de expansão seja, no mínimo, de 15 ml.ml⁻¹, embora as melhores pipocas apresentem capacidade de expansão de 25 ml.ml⁻¹.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi dividido em três etapas, isto é, colheita e debulha, secagem e teste de capacidade de expansão. Foram utilizados os cultivares de milho-pipoca Zélia e CMS 43.

Colheita e debulha – Acolheita foi realizada em duas etapas, ou seja, com os teores de umidade de 19±1 e 15±1 % b.u.. Em seguida, o milho foi debulhado manualmente, e mecanicamente com rotação do cilindro debulhador fixada em 500, 600 e 700 rpm.

Secagem - a secagem foi feita em um secador de camada fina utilizando-se dois processos: uma secagem natural (temperatura ambiente de 23±2 °C), e outra artificial, durante a qual as temperaturas do ar de secagem foram controladas e fixadas em 40, 50 e 60 °C com a velocidade do ar de 1 m.s⁻¹. O milho-pipoca foi submetido à secagem até atingir o teor de umidade médio de 12±1% b.u.

Teste de capacidade de expansão - este teste foi realizado em um pipocador elétrico, sendo as amostras de 30 ml de grãos de milho-pipoca colocadas no pipocador, quando a temperatura de sua resistência, controlada por termostato, era de 280 °C. As amostras permaneciam no pipocador durante 4 min, em constante agitação, tempo este necessário para que ocorresse a completa expansão. Transcorridos os 4 min, a pipoca era coletada e seu volume medido. A capacidade de expansão foi calculada dividindo-se o volume de pipoca expandida pelo volume de grãos de milho-pipoca.

A análise estatística dos resultados foi realizada utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4x4, com três repetições. Os fatores foram representados pelas seguintes combinações: (a) umidade inicial de colheita ($19\pm 1\%$ e $15\pm 1\%$ b.u.); (b) métodos de debulha (manual e mecânica, com 500, 600 e 700 rpm); e (c) temperaturas do ar de secagem (23 ± 2 , 40, 50 e 60 °C).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste F, com nível de significância de 1% e 5%, comparando-se as médias pelo teste de Scott Knott, a nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1, observa-se, que o milho-pipoca do cultivar Zélia colhido com $19\pm 1\%$, debulhado manualmente e seco à temperatura de 23 ± 2 °C apresentou a melhor capacidade de expansão; a colheita mecânica apresentou-se, estatisticamente, diferente da colheita manual. Em geral, independentemente da temperatura do ar de secagem, e para os dois teores de umidade estudados, na colheita mecânica não foram observadas diferenças significativas para as diferentes velocidades do cilindro. A capacidade de expansão sofreu decréscimos significativos à medida que aumentava a temperatura do ar de secagem. As temperaturas de 23 ± 2 e 40 °C foram consideradas iguais, estatisticamente, assim como as temperaturas de 50 e 60 °C. Neste caso, foi importante considerar o tempo consumido pelo processo de secagem: 60 horas e 2 horas, para a secagem natural e a 40 °C respectivamente.

Para o cultivar Zélia, colhido e trilhado manualmente, comparando-se o processo de secagem natural com a secagem a 60 °C., o teor de umidade de colheita de $15\pm 1\%$ b.u. apresentou menores porcentagens de perda da capacidade de expansão (14%), quando comparado àquele de $19\pm 1\%$ b.u., (28%).

Para o cultivar CMS 43, o comportamento dos resultados da capacidade de expansão foi bastante semelhante ao do cultivar Zélia.

As porcentagens de perda da capacidade de expansão, para o milho-pipoca do cultivar CMS 43, foram superiores às do cultivar Zélia em todos os tratamentos. Este resultado mostra que o cultivar CMS 43 é mais susceptível aos danos causados tanto pela colheita quanto pela secagem.

Pelas Normas do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, o cultivar Zélia foi considerado como sendo de ótima qualidade para a comercialização, exceto quando colhido com teor de umidade de $19\pm 1\%$ b.u., debulhado mecanicamente e seco à temperatura de 60 °C. O cultivar CMS 43 apresenta padrão necessário para sua comercialização, quando colhido com teor de umidade de $19\pm 1\%$ b.u., debulhado manualmente e seco a 23 ± 2 °C e, quando colhido com teor de umidade de $15\pm 1\%$ b.u., debulhado manualmente ou com rotação de 600 rpm e seco a 23 ± 2 ou 40 °C.

Os resultados obtidos para capacidade de expansão foram submetidos à uma série de análises estatísticas visando à obtenção do modelo matemático que melhor descrevesse o efeito

Quadro 1. Resultado dos testes de capacidade de expansão para o milho-pipoca colhido com dois teores de umidade e submetido a quatro métodos de debulha e quatro temperaturas de secagem

Cultivar	Velocidade Do Cilindro Debulhador (rpm)	Temperatura do ar de secagem (°C)							
		23 ± 2		40		50		60	
	Teor de Umidade Inicial (% b.u.)								
		19	15	19	15	19	15	19	15
Zélia	Manual	27,94 A	24,99 B	25,16 B	24,16 B	22,28 C	22,66 C	20,17 D	21,49 C
	500	24,11 B	23,05 C	21,44 C	21,11 C	18,94 D	20,38 D	15,78 E	19,90 D
	600	24,27 B	22,44 C	21,44 C	23,11 C	18,66 D	21,28 C	17,98 E	20,16 D
	700	23,77 B	22,72 C	20,16 D	21,94 C	18,22 E	20,11 D	16,94 E	19,11 D
CMS 43	Manual	20,94 A	20,78 A	18,94 A	20,77 A	15,50 B	15,66 B	13,39 C	15,28 B
	500	17,88 B	17,16 B	14,22 C	16,77 B	12,16 D	14,33 C	10,33 D	12,66 C
	600	17,28 B	19,27 A	15,39 B	16,77 B	12,22 D	14,50 C	11,00 D	13,78 C
	700	16,33 B	17,94 B	14,00 C	15,33 B	10,77 D	11,50 D	8,83 D	11,55 D

As médias seguidas de uma mesma letra, nas colunas e nas linhas para cada variedade, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de SCOTT KNOTT.

da temperatura sobre a qualidade de milho-pipoca de ambos os cultivares. O seguinte modelo foi obtido dessas:

$$CE = a + b.t$$

em que

CE = capacidade de expansão, adimensional;

a e b = parâmetros da regressão; e

t = temperatura do ar de secagem, °C

Os resultados dos parâmetros a, b e os respectivos coeficientes de cor-

relação (R^2) para cada tratamento de colheita são apresentados no Quadro 2.

CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos permitiu concluir que:

- a colheita e a debulha manuais apresentaram os melhores resultados de capacidade de expansão, e diferem significativamente da colheita e debulha mecânicas;

Quadro 2. Estimativas dos parâmetros a, b e coeficiente de correlação, R^2 , das equações obtidas para todos os tratamentos

Cultivar/teor de umidade inicial de colheita	Velocidade do cilindro debulhador (rpm)	b	a	R^2
Zélia 19±1% b.u.	Manual	-0,213	33,145	0,99
	500	-0,222	29,667	0,97
	600	-0,182	28,415	0,97
	700	-0,188	27,889	0,99
Zélia 15±1% b.u.	Manual	-0,096	27,475	0,95
	500	-0,086	24,845	0,97
	600	-0,065	24,539	0,81
	700	-0,101	25,346	0,93
CMS 43 19±1% b.u.	Manual	-0,209	26,267	0,96
	500	-0,205	22,549	0,99
	600	-0,178	21,687	0,96
CMS 43 15±1% b.u.	700	-0,208	21,493	0,97
	Manual	-0,169	25,458	0,76
	500	-0,125	20,629	0,86
CMS 43 15±1% b.u.	600	-0,155	22,800	0,98
	700	-0,190	22,305	0,92

- o teor de umidade de colheita de $15 \pm 1\%$ b.u. proporcionou porcentagens de perda da capacidade de expansão menores do que o teor de umidade de $19 \pm 1\%$ b.u., para os dois cultivares, quando o processo de secagem à temperatura ambiente, é comparado ao processo de secagem artificial a altas temperaturas;
- o aumento da temperatura do ar, no processo de secagem com aquecimento artificial, provocou a diminuição da capacidade de expansão do milho-pipoca, para ambos os cultivares; e
- o cultivar Zélia mostrou-se mais resistente aos danos causados pela colheita e secagem do que o cultivar CMS 43.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DALBELLO, O., BIAGI, J.D. Influência do teor de umidade, tamanho e massa específica dos grãos na capacidade de expansão do milho-pipoca (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25, 1996, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, CD-ROM, 1996.
- HOSENEY, R. C., ZELEZNAK, K., ABDELRAHMAN, A. Mechanism of popcorn popping. **Journal of Cereal Science**, v.1, p. 43-52, 1983.
- LIEN, R. M., HAUGH, C. G. The effect of field shelling on popcorn quality. **Transactions of the ASAE**, v.18, n.5, p. 855-858, 1975.
- PACHECO, C. A. P., CASTOLDI, F. L., ALVARENGA, E. M. Efeito do dano mecânico na qualidade fisiológica e na capacidade de expansão de sementes de milho pipoca. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, n.2, p.267-270, 1996.
- WHITE, G. M., ROSS, I. J., PONELEIT, C. G. Fully-exposed drying of popcorn. **Transactions of the ASAE**, v.24, n.2, p.466-468, 1981.