

EFEITOS DA TEMPERATURA E DO FLUXO DE AR DE SECAGEM SOBRE DE GRÃOS DE MILHO PIPOCA NA EXPANSÃO

JUCIANO GABRIEL DA SILVA¹; VALMOR ZIEGLER²; JORGE TIAGO SCHWANZ
GÖEBEL³ MAURÍCIO DE OLIVEIRA⁴; MOACIR CARDOSO ELIAS⁵

¹Universidade Federal de Pelotas -jucianogabriel@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas-vamgler@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas -

⁴Universidade Federal de Pelotas- oliveira.mauricio@ibest.com.br

⁵Universidade Federal de Pelotas, E-mail: eliasmc@uol.com.br

1. INTRODUÇÃO

Os grãos de milho pipoca (*Zeamays everta*) são produzidos principalmente no continente americano e utilizados exclusivamente para o consumo humano. No Brasil, a produção anual de milho pipoca é de 80 mil toneladas (MIRANDA *et al.*, 2011). Nos últimos anos houve um aumento das exigências dos consumidores por produtos de melhor qualidade, principalmente relacionados às propriedades nutricionais e sensoriais, o que tem incentivado pesquisas com diferentes formas de expansão dos grãos para atender essa demanda dos consumidores (PARAGINSKI *et al.*, 2016). Os grãos de milho pipoca se diferenciam dos demais por possuírem um endosperma vítreo mais espesso do que o grão de milho (*Zeamays*) (QUINN *et al.*, 2005), sendo essa característica uma das responsáveis pela expansão desses grãos.

Os grãos, após atingirem a maturação fisiológica, necessitam ser colhidos, e muitas vezes a colheita é realizada com umidade acima da indicada para o armazenamento. Em consequência disso, os grãos precisam ser secos até a obtenção de níveis de umidade desejados para a conservação no armazenamento. Malumba *et al.* (2009) estudaram efeitos da temperatura do ar na secagem de grãos de milho (*Zeamays*) sobre propriedades do amido e verificaram que aumentos da temperatura na secagem provocaram reduções no rendimento de extração, no poder de inchamento, na solubilidade, no pico de viscosidade e na viscosidade de quebra do amido. Setiawan *et al.* (2010) avaliaram propriedades do amido isolado de grãos de milho secos em temperatura ambiente (35°C) e em secador artificial (80°C), verificando que ocorreram as maiores alterações quando os grãos foram secos na temperatura de 80°C. Faltam, no entanto, estudos avaliando as condições de secagem sobre propriedades tecnológicas de grãos de milho pipoca.

A pipoca, embora seja um produto consumido em horas de lazer, possui boa qualidade nutricional pelo seu teor de fibras na dieta, em média 17,79%, pelo conteúdo de amido resistente e também pelo seu baixo valor calórico (PARK *et al.*, 2000), se for preparada sem óleo ou gordura, possuindo de 25 a 55 Kcal em um volume de 250 mL. Para que os grãos de milho pipoca apresentem boa expansão e outras propriedades tecnológicas, a adequação das condições de secagem é de fundamental importância. Objetivou-se, com o estudo, avaliar efeitos da temperatura e do fluxo de ar de secagem sobre propriedades tecnológicas dos grãos de milho pipoca.

2. METODOLOGIA

Os grãos de milho pipoca (*Zeamays everta*), da classe cores (vermelha), foram produzidos no Município de Morro Redondo, no Sul do Rio Grande do Sul, numa região com latitude 31° 35' 18" Sul, longitude 52° 37' 47" Oeste e altitude de 243 metros. Os grãos foram colhidos manualmente com umidade aproximada de 28% e imediatamente transportados para o Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos da Universidade Federal de Pelotas, onde foram submetidos à operação de limpeza antes da secagem até umidade de 13%. O ar de secagem foi insuflado nas temperaturas de 40, 70 e 100°C, com fluxos de 0,5, 1,5 e 2,5 m³.min⁻¹. Após a secagem, os grãos foram acondicionados em uma caixa com isolamento térmico para o arrefecimento até temperatura ambiente. Em seguida, foram acondicionados em sacos de polietileno e armazenados a 16°C até a realização das análises. Para cada tratamento, 50g de grãos foram expandidos em pipoqueira elétrica, utilizando 4% de óleo de soja.

O tempo de expansão (expresso em segundos) foi determinado conforme método descrito por Paraginski et al. (2016), sendo a interrupção da expansão padronizada usando 5 segundos de intervalo entre a expansão de um grão e outro. O rendimento de expansão (expresso em %) após a expansão foi determinado em balança analítica, onde somente as pipocas expandidas foram pesadas. A capacidade de expansão (expressa em mL/mL) foi obtida pela razão entre o volume da flor de pipoca após expansão e o volume de grãos antes da expansão, de acordo com o método descrito por Sawasaki et al. (1986). O resíduo de expansão (piruá), expresso em %, foi obtido pela pesagem, em balança analítica, dos grãos que não expandiram.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística, com análise de variância ANOVA, seguida da comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os resultados do tempo de expansão e rendimento de expansão das pipocas expandidas, nas diferentes temperaturas e fluxos de ar da secagem.

Tabela 1. Tempo e rendimento de expansão de grãos de milho pipoca secos em diferentes condições

Temperatura (°C)	Fluxo de ar (m ³ .min ⁻¹)	Tempo de expansão (s)	Rendimento de expansão (% em peso)
40	0,5	118 ± 7 b*	76,60 ± 1,61 a
	1,5	130 ± 2ab	75,30 ± 1,31 a
	2,5	125 ± 7ab	79,12 ± 1,27 a
70	0,5	126 ± 1ab	30,86 ± 0,57 c
	1,5	139 ± 5 a	43,60 ± 3,78 b
	2,5	140 ± 12 a	49,22 ± 2,13 b
100	0,5	135 ± 2a	1,20 ± 0,10 d
	1,5	139 ± 2 a	0,90 ± 0,05 d
	2,5	139 ± 3 a	0,96 ± 0,06 d

Médias aritméticas simples de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$)

O tempo de expansão das pipocas apresentou valores baixos variando de 118 a 130 segundos quando os grãos foram secos a 40°C, comparado com as

temperaturas de 70 e 100°C. O fluxo de ar não interferiu ($p < 0,05$) no tempo de expansão das pipocas.

O rendimento de expansão variou de 75,30 a 79,12% na temperatura de 40°C, com redução significativa ($p < 0,05$) com o aumento da temperatura de secagem, chegando a valores abaixo de 1g na temperatura de 100°C. O fluxo de ar não interferiu no rendimento de expansão nas temperaturas de 40 e 100°C. No entanto, na temperatura de 70°C os fluxos de ar de 1,5 e 2,5 $\text{m}^3.\text{min}^{-1}$ apresentaram maiores rendimentos de expansão quando comparado com o fluxo de ar de 0,5 $\text{m}^3.\text{min}^{-1}$.

Na tabela 2 estão representados os resultados da capacidade de expansão e piruás dos grãos de milho pipoca submetidos a diferentes temperaturas e fluxos de ar na secagem.

Tabela 2. Capacidade de expansão e piruá de grãos de milho pipoca secos em diferentes condições.

Temperatura (°C)	Fluxo de ar ($\text{m}^3.\text{min}^{-1}$)	Capacidade de expansão (mL/mL)	Piruá (% em peso)
40	0,5	$11,67 \pm 0,18$ a	$13,82 \pm 0,99$ d
	1,5	$9,58 \pm 0,65$ b	$16,02 \pm 1,42$ d
	2,5	$12,03 \pm 0,31$ a	$12,76 \pm 1,26$ d
70	0,5	$1,46 \pm 0,09$ d	$60,36 \pm 0,45$ b
	1,5	$2,60 \pm 0,63$ c	$47,98 \pm 3,42$ c
	2,5	$3,33 \pm 0,36$ c	$43,28 \pm 2,13$ c
100	0,5	$0,19 \pm 0,03$ e	$90,66 \pm 1,52$ a
	1,5	$0,22 \pm 0,03$ e	$89,34 \pm 1,52$ a
	2,5	$0,22 \pm 0,01$ e	$91,34 \pm 1,52$ a

Médias aritméticas simples de três repetições, seguidas por letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$).

Os melhores índices de capacidade de expansão são observados na temperatura de 40°C, com redução significativa ($p < 0,05$) nas temperaturas de 70 e 100°C. Na temperatura de 40 °C, embora os fluxos de ar de 0,5 e 2,5 $\text{m}^3.\text{min}^{-1}$ tenham apresentado diferenças estatísticas em comparação ao fluxo de 1,5 $\text{m}^3.\text{min}^{-1}$, seus valores são tecnologicamente equivalentes. Na temperatura de 70 °C os fluxos de ar de 1,5 e 2,5 $\text{m}^3.\text{min}^{-1}$ apresentaram os melhores índices de capacidade de expansão em comparação ao fluxo de 0,5 $\text{m}^3.\text{min}^{-1}$. Na temperatura de 100 °C não houve interferência ($p < 0,05$) na capacidade de expansão em função do fluxo de ar.

Os piruás variaram de 12,76 a 16,02% quando os grãos foram secos a 40°C, com aumento significativo ($p < 0,05$) com o aumento da temperatura de secagem, variando de 89,34 a 91,34% na temperatura de 100°C. O aumento de piruás apresenta relação direta com a redução do rendimento de expansão.

De acordo com Ruffato et al. (2000) a expansão dos grãos de milho pipoca deve-se à resistência do seu pericarpo, associada à presença de óleo. Durante o aquecimento, ocorre a formação de vapor de água no interior do grão e, quando a pressão interna for maior que a resistência do pericarpo, ocorre a expansão dos grãos.

O aumento da temperatura de secagem dos grãos de milho pipoca, proporciona um elevado gradiente de umidade da parte interna para a extremidade dos grãos, proporcionando fissuras e trincamentos do endosperma. Essas fissuras e trincas impossibilitam a formação de vapor e o aumento da pressão interna do grão, afetando diretamente as propriedades de expansão,

conforme verificado pela redução do rendimento de expansão, da capacidade de expansão e aumento de piruás.

4. CONCLUSÕES

A temperatura do ar de secagem de 40°C permite melhor desempenho tecnológico dos grãos de milho pipoca, verificado pelos maiores valores de rendimento de grãos expandidos e capacidade de expansão, com menores índices de piruás, em comparação com os verificados nas temperaturas de 70 e 100°C. O fluxo de ar não apresentou influências tecnológicas nos parâmetros de expansão dos grãos de milho pipoca.

5. AGRADECIMENTOS

CAPES, CNPq, Polo de Inovação Tecnológica em Alimentos da Região Sul.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MALUMBA, P.; MASSAUX, C.; DEROANE, C.; MASIMANGO, T.; BERA, F. Influence of drying temperature on functional properties of wet-milled starch granules. **Carbohydrate Polymers**, Aveiro, v.75, p.299-306, 2009.
- MIRANDA, D. S.; SILVA, R. R.; TANAMATI, A. A. C.; CESTARI, L. A.; MADRONA, G. S.; SCAPIM, M. R. Quality assessment of popcorn. **Revista Tecnológica**, Maringa, v.1, p.13-20, 2011.
- PARAGINSKI, R. T.; SOUZA, N. L.; ALVES, G. H.; ZIEGLER, V.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C. Sensory and nutritional evaluation of popcorn kernels with yellow, white and red pericarps expanded in different ways. **Journal of Cereal Science**, Huddersfield, v.69, p.383-391, 2016.
- PARK, D.; ALLEN, K. G. D.; STERMITZ, F. R.; MAGA, J. A. Chemical Composition and Physical Characteristics of Unpopped Popcorn Hybrids. **Journal of Food Composition and Analysis**, Paris, v.13, p. 921-934, 2000.
- QUINN, P. V.; HONG, D. C.; BOTH, J. A. 2005. Increasing the size of a piece of popcorn. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Dublin, v.353, p.637-648, 2005.
- RUFFATO, S.; CORREA, P. C.; MARTINS, J. H.; MANTOVANI, B. H. M.; SILVA, J. N. Efeito das condições de colheita, pre-processamento e armazenamento na qualidade do milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.3, p.591-597, 2000.
- SAWAZAKI, E.; MORAIS, J. F. L.; LAGO, A. A. Influência do tamanho e umidade do grão na expansão da pipoca. **South American Mushroom**, Bragantia, v.45, n.2, p.363-370, 1986.
- SETIAWAN, S.; WIDJAJA, H.; RAKPHONGPHAIROJ, V.; JANE, J-L. Effects of drying conditions of corn kernels and storage at an elevated humidity on starch structures and properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.58, p.12260-12267, 2010.