

## PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE GRÃOS DE MILHO PIPOCA ARMAZENADOS EM DIFERENTES TEMPERATURAS

JUCIANO GABRIEL DA SILVA<sup>1</sup>; DAIANE KRONING<sup>2</sup>; RICARDO TADEU PARAGINSKI<sup>3</sup>; VALMOR ZIEGLER<sup>4</sup>; CRISTIANO DIETRICH FERREIRA<sup>5</sup>; MOACIR CARDOSO ELIAS<sup>6</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – e-mail: jucianogabriel@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – e-mail: daianekroning@gmail.com*

<sup>3</sup>*Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete – e-mail: paraginskiricardo@yahoo.com.br*

<sup>4</sup>*Universidade Federal de Pelotas – e-mail: vamgler@hotmail.com*

<sup>5</sup>*Universidade Federal de Pelotas – e-mail: cristiano.d.f@hotmail.com*

<sup>6</sup>*Universidade Federal de Pelotas – e-mail: eliasmc@uol.com.br*

### 1. INTRODUÇÃO

Os grãos de milho pipoca (*Zea mays everta*) são principalmente produzidos no continente americano e utilizados exclusivamente para o consumo humano. No Brasil, a produção anual de milho pipoca é de 80 mil toneladas (MIRANDA, 2011). Nos últimos anos houve um crescimento das exigências dos consumidores por um produto de melhor qualidade, principalmente relacionado às propriedades nutricionais e sensoriais. Assim como observado em outras culturas, o milho pipoca precisa ser armazenado no período de entressafra, para que haja oferta contínua dos grãos durante todo o ano. Durante o armazenamento dos grãos, vários fatores podem interferir na qualidade, dentre eles destacam-se, a integridade física, a umidade dos grãos, a temperatura e a composição do ar no ambiente de armazenamento (PARAGINSKI et al., 2014).

Os grãos, após atingirem a maturação fisiológica, necessitam ser colhidos, sendo que, muitas vezes a colheita é realizada com umidade acima da indicada para o armazenamento. Desta forma os grãos precisam ser secos até a obtenção de níveis de umidade desejados para posterior o armazenamento, pois muitas vezes o consumo não ocorre logo após a colheita, podendo os grãos permanecer armazenados por longos períodos (ZINSLY; MACHADO, 1987). O manejo adequado na armazenagem é imprescindível para manter as propriedades físico-químicas, nutricionais e sensoriais dos grãos de milho pipoca, pois alterações acentuadas nessas propriedades são imediatamente percebidas pelo mercado consumidor, que está cada vez mais exigente e competitivo.

A pipoca, embora seja um produto consumido em horas de lazer, possui boa qualidade nutricional pelo seu teor de fibra na dieta, em média 17,79%, amido resistente e também pelo seu baixo teor calórico (PARK et al., 2000) se for preparada sem óleo ou gordura, possuindo de 25 a 55 Kcal em um volume de 250 ml. Nesse contexto, objetivou-se, com o estudo, avaliar os efeitos da temperatura de armazenamento, durante seis meses, sobre propriedades físico-químicas de grãos de milho pipoca.

### 2. METODOLOGIA

Foram utilizados grãos de milho pipoca da classe amarela, produzidos em 2013 no município de Santo Augusto, Rio Grande do Sul, Brasil. Os grãos foram colhidos com umidade de 18%, e submetidos à secagem em temperatura ambiente (25°C) até o teor de umidade de 13%. Posteriormente, no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos - DCTA - FAEM - UFPel, os grãos foram acondicionados em sacos de polietileno de 0,2mm de espessura

de filme plástico, com capacidade para 0,9 Kg de grãos, e armazenados em câmaras do tipo B.O.D, nas temperaturas de 5, 15, 25 e 35°C durante 6 meses ao abrigo da luz. As avaliações foram realizadas no início e ao final de 6 meses de armazenamento.

O pH dos grãos, a acidez do óleo, a condutividade elétrica e a solubilidade proteica foram determinadas nos grãos não expandidos. A condutividade elétrica dos grãos foi determinada de acordo com o método descrito pela International Seed Testing Association (ISTA, 2008). O pH dos grãos foi mensurado conforme método proposto por Rehman et al. (2002). O índice de acidez do óleo foi determinado seguindo o procedimento de titulação descrito no método AACC 02-01A (AACC, 2000). A solubilidade das proteínas em água foi determinada de acordo com o método descrito por Liu et al. (1992).

As propriedades físicas das pipocas expandidas avaliadas foram o tempo de expansão, o peso das pipocas após expansão, a capacidade de expansão e o resíduo da expansão (teor de grãos não expandidos). O tempo de expansão foi determinado em micro-ondas (Modelo Electrolux Ponto Certo MEP 41, Brasil), adotando-se o tempo de 5 segundos entre a expansão de um grão e outro, para determinação do tempo final de expansão. O peso das pipocas após a expansão foi determinado com auxílio de balança analítica, realizando-se a pesagem das pipocas após a expansão. O índice de expansão dos grãos de milho pipoca foi determinado conforme o método descrito por Sawasaki et al. (1986). O resíduo de expansão das pipocas foi calculado pelo número de grãos não expandidos em relação ao número total de grãos submetidos ao processo de expansão.

Os resultados foram avaliados através de análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey, de comparação de médias, todos com 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 estão apresentados os resultados da condutividade elétrica, pH, acidez do óleo e proteína solúvel. A condutividade elétrica aumentou ( $p \leq 0,05$ ) aos seis meses, na temperatura de 35°C, quando comparado ao início do armazenamento, resultado de alterações que ocorrem na estrutura das membranas, e que facilitam a lixiviação de sólidos para a solução. Segundo Faroni et al. (2005), a leitura da condutividade elétrica está relacionada com a quantidade de íons lixiviados na solução e a integridade das membranas celulares, sendo que membranas desestruturadas e danificadas, resultado do incorreto armazenamento, elevam o valor da condutividade elétrica.

O pH dos grãos reduziu ( $p \leq 0,05$ ) ao final do armazenamento nas temperaturas de 5 e 35°C (Tabela 1), quando comparados ao início do armazenamento. Essa redução do pH pode ser atribuída às extremidades livres de aminoácidos, peptídeos e da presença de ácidos, que conforme Sirisoontaralak e Noomhorm (2007), resultam dos produtos da Reação de Maillard devido à presença de carboidratos e aminoácidos, aliados a alta temperatura de armazenamento.

Não houve diferença ( $p \leq 0,05$ ) nos teores de acidez do óleo nas diferentes condições de armazenamento (Tabela 1). A proteína solúvel reduziu ( $p \leq 0,05$ ) com o aumento da temperatura para 35°C, o que pode ser resultado da desnaturação proteica causada pela ação da temperatura, ou por complexação com outros componentes dos grãos, como carboidratos.

**Tabela 1.** Condutividade elétrica, pH, acidez do óleo e proteína solúvel de grãos de milho pipoca no início e ao final de 6 meses de armazenamento nas temperaturas de 5, 15, 25 e 35°C.

Condições de armazenamento	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ )	pH	Acidez do óleo mg de NaOH.100g $^{-1}$ )	Proteína solúvel (%)
Inicial	49,50 $\pm$ 3,11 <sup>a*</sup>	6,36 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	4,57 $\pm$ 0,40 <sup>a</sup>	45,89 $\pm$ 0,78 <sup>a</sup>
5°C	45,50 $\pm$ 1,71 <sup>a</sup>	6,28 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>	4,98 $\pm$ 0,33 <sup>a</sup>	44,54 $\pm$ 0,56 <sup>a</sup>
15°C	45,00 $\pm$ 2,83 <sup>a</sup>	6,32 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	4,89 $\pm$ 0,37 <sup>a</sup>	45,34 $\pm$ 0,67 <sup>a</sup>
25°C	50,50 $\pm$ 2,16 <sup>a</sup>	6,34 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>	4,87 $\pm$ 0,42 <sup>a</sup>	44,21 $\pm$ 0,45 <sup>a</sup>
35°C	53,00 $\pm$ 1,15 <sup>b</sup>	6,25 $\pm$ 0,05 <sup>c</sup>	4,91 $\pm$ 0,45 <sup>a</sup>	38,32 $\pm$ 0,87 <sup>b</sup>

\*Médias aritméticas de três repetições seguidas por letras minúsculas iguais para cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p\leq 0,05$ )

Na tabela 2 são apresentados os resultados do tempo de expansão, peso de pipocas expandidas, capacidade de expansão e a porcentagem de resíduo de expansão no início e ao final do armazenamento nas diferentes temperaturas. A temperatura de armazenagem de 35°C causou elevação ( $p\leq 0,05$ ) no tempo de expansão e redução ( $p\leq 0,05$ ) no peso de pipocas expandidas, após seis meses de armazenamento.

**Tabela 2.** Tempo de expansão, peso das pipocas expandidas, capacidade de expansão e resíduo de expansão dos grãos de milho pipoca no início e ao final de 6 meses de armazenamento nas temperaturas de 5, 15, 25 e 35°C.

Condições de armazenamento <sup>a</sup>	Tempo de expansão (segundos)	Peso das pipocas expandidas (gramas)	Capacidade de expansão (g.mL $^{-1}$ )	Resíduo de expansão (%)
Inicial	120,00 $\pm$ 5,00 <sup>b*</sup>	15,55 $\pm$ 1,55 <sup>a</sup>	31,87 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>	2,72 $\pm$ 0,59 <sup>e</sup>
5°C	129,00 $\pm$ 2,00 <sup>b</sup>	14,44 $\pm$ 0,50 <sup>a</sup>	28,93 $\pm$ 1,01 <sup>a</sup>	4,40 $\pm$ 1,23 <sup>d</sup>
15°C	129,00 $\pm$ 2,00 <sup>b</sup>	14,72 $\pm$ 0,30 <sup>a</sup>	26,40 $\pm$ 0,44 <sup>a</sup>	8,94 $\pm$ 0,61 <sup>c</sup>
25°C	131,00 $\pm$ 3,00 <sup>b</sup>	14,56 $\pm$ 0,74 <sup>a</sup>	23,33 $\pm$ 0,64 <sup>b</sup>	12,50 $\pm$ 0,45 <sup>b</sup>
35°C	145,00 $\pm$ 5,00 <sup>a</sup>	13,57 $\pm$ 0,64 <sup>b</sup>	22,53 $\pm$ 0,29 <sup>b</sup>	18,04 $\pm$ 0,75 <sup>a</sup>

\*Médias aritméticas de três repetições seguidas por letras minúsculas iguais para cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p\leq 0,05$ ).

A capacidade de expansão reduziu ( $p\leq 0,05$ ) com o aumento da temperatura de armazenagem, sendo que as maiores reduções foram observadas nas temperaturas de 25 e 35°C. O resíduo de expansão aumentou ( $p\leq 0,05$ ) gradativamente com o aumento da temperatura de armazenagem, que está relacionado com a redução da capacidade de expansão do milho pipoca submetido a elevadas temperaturas no armazenamento.

De acordo com Ruffato et al. (2000) a expansão observada no milho pipoca deve-se à resistência do seu pericarpo, associada à presença, no grão, de óleo, umidade e amido, onde durante o aquecimento este causa a expansão do endosperma. O aumento do teor de resíduo de expansão pode ser relacionado com a redução do peso das pipocas expandidas e com a redução da capacidade de expansão, resultado das interações entre os constituintes dos grãos durante o armazenamento, que dificultam a expansão dos grãos durante o processamento. De acordo com Zinsly e Machado (1978), para que o milho pipoca seja comercializado, a capacidade de expansão deve ser superior a 15 g.mL $^{-1}$ , pois, abaixo deste valor, a pipoca se apresenta muito rígida e com muitos grãos sem expansão.

## 4. CONCLUSÕES

Portanto, o armazenamento de grãos de milho pipoca na temperatura de 35°C, proporciona as principais reduções de qualidade, dessa forma, o armazenamento em temperaturas de 5 e 15°C é o mais indicado para manter a qualidade dos grãos.

## 5. AGRADECIMENTOS

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

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. Fat acidity - general method. Method 02-01A. In: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. **American Association of Cereal Chemists**, Inc, St. Paul, MN, USA, 2000.

FARONI, L. R. A.; BARBOSA, G. N. O.; SARTORI, M. A.; CARDOSO, F. S.; ALENCAR, E. R. Avaliação qualitativa e quantitativa do milho em diferentes condições de armazenamento. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, n. 3, p.193-201, 2005.

ISTA. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Determination of other seeds by number. In: **International rules for seed testing**. Bassersdorf, c.4, p.4.1-4.3, 2008.

LIU, K.; MCWATTERS, K. H.; PHILLIPS, R. D. Protein insolubilization and thermal destabilization during storage as related to hard-to-cook defect in cowpeas. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, p. 2483-2487, 1992.

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**, Edição Especial V Simpósio de Engenharia, Ciência e Tecnologia de Alimentos, p. 13-20, 2011.

PARAGINSKI, R. T.; VANIER, N. L.; BERRIOS, J. J.; OLIVERA, M.; ELIAS, M. C. Physicochemical and pasting properties of maize as affected by storage temperature. **Journal of Stored Products Research**, v. 59, p. 209-214, 2014.

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**, v. 13, p. 921-934, 2000.

REHMAN, Z.; HABIB, F.; ZAFAR, S. I. Nutritional changes in maize (*Zea mays*) during storage at three temperatures. **Food Chemistry**, v.77, p.197-201, 2002.

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**, 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**, v. 45, n. 2, p. 363-370, 1986.

SIRISOONTARALAK, P.; NOOMHORM, A. Changes to physicochemical properties and aroma of irradiated rice. **Journal of Stored Products Research**, v. 42, n. 3, p. 264-276, 2006.

ZINSLY, J. R.; MACHADO, J. A. Milho-pipoca. In: **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba, ESALQ: Fundação Cargill., p. 339 – 348, 1978.