



Artigo Original

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE GRÃOS DE MILHO PIPOCA COMERCIALIZADOS NO BRASIL

Myrian Dayane Santana Novaes¹, Andressa de Souza David¹, Vitória Kimberly Costa da Silva¹, Erika Cristina Rodrigues¹, Ricardo Dalla Villa², Adriana Paiva de Oliveira^{1*}

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Cuiabá- Bela Vista, Avenida Juliano da Costa Marques,s/n, Bairro Bela Vista, 78560-050, Cuiabá, MT

² Departamento de Química, Universidade Federal de Mato Grosso – Campus Cuiabá, Cuiabá, MT.

* Autor correspondente. E-mail: adriana.oliveira@blv.ifmt.edu.br

INFO ARTICLE

Histórico do artigo

Recebido: 13 de agosto de 2019

Aceito: 28 de outubro de 2019

Palavras-chaves:

Zea mays L

Cereal

Composição proximal

Mineral

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo determinar a composição física e química de grãos de milho pipoca comercializados no Brasil. Para isso, foram coletados três lotes de cinco marcas de milho pipoca. Os parâmetros físicos determinados foram: índice de capacidade de expansão, densidade aparente, volume de um grão, tamanho e cor. Na composição química foram quantificados: umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibra bruta, carboidratos digeríveis, valor energético total, pH, atividade de água, carotenoides e os minerais (cobre, zinco, ferro, manganês, potássio e sódio). Os parâmetros de cor, tamanho, cinzas, proteínas, carboidratos digeríveis, carotenoides, pH e atividade de água apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as amostras. Com exceção do sódio, os demais minerais também apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as concentrações nas amostras. Essas diferenças encontradas podem ser em decorrência das condições de armazenamento, método de secagem, tipo dos genótipos, fatores ligados ao solo do plantio e condições edafoclimáticas. Neste âmbito, os resultados obtidos neste trabalho indicam diferenças nas características físicas e químicas de grãos de milho pipoca comercializados no Brasil, sendo muito importante o conhecimento desses parâmetros a fim de garantir a segurança do alimento, qualidade nutricional e a valorização comercial deste alimento.

1. Introdução

O milho (*Zea mays*) é um dos principais vegetais de plantio mais difundido mundialmente e, insumo na elaboração de diversos produtos industriais. Devido a sua vasta possibilidade de utilização o milho tem grande importância na economia, com destaque para o uso tanto em alimentação animal quanto nas indústrias alimentícias e químicas (Pereira et al. 2014).

Atualmente, os maiores produtores mundiais de milho são Estados Unidos da América (EUA), China, Brasil, União Européia, Argentina, México e Índia. Na safra 2017/18, o Brasil registrou uma produção de 95,00 milhões de toneladas (USDA, 2017).

O milho pipoca pertence à espécie *Zea mays L.*, e é definido como aquele que quando aquecido por volta de 180°C possui a característica de expandir (Brasil, 2011). No

Brasil, não existem dados oficiais específicos para o cultivo total de milho pipoca, mas segundo o Anuário Brasileiro do Milho do ano de 2016 apresentado por Kist et al. (2016) valores estimados em pesquisas de mercado demonstram que Mato Grosso é o maior produtor concentrando mais de 80% da produção brasileira.

A pipoca possui excelente qualidade nutricional e de acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA) 100 g do grão possuem 10,1 g de proteína, 11,2 g de fibras alimentares, 0,61 mg de vitamina B12, 203 mg de fósforo, 7,1 mg de cálcio, 33,8 mg de sódio, 2,62 mg de ferro, 2,14 mg de zinco e 0,47 µg de manganês (USP, 2017).

Neste contexto, considerando que o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, que produz e comercializa diferentes tipos de grãos de milho pipoca e, os consumidores atualmente têm buscado hábitos alimentares mais saudáveis por meio do consumo de alimentos que possam contribuir com um maior valor nutricional (Pinho et

al. 2011), estudos sobre a composição nutricional do milho pipoca são necessários a fim de garantir a segurança do alimento. Diante do exposto, objetivou-se com este estudo determinar a composição física e química de grãos de milho pipoca comercializados no Brasil.

2. Material e métodos

Inicialmente, foi investigado e contabilizado em supermercados, empresas e sites o número de marcas de grãos de milho pipoca disponíveis no comércio varejista brasileiro. Em seguida, por meio do contato com o serviço de atendimento do consumidor das empresas, foram confirmados os tipos de grãos comercializados (convencional, transgênico ou orgânico). Após esta primeira etapa, três lotes inteiros de cinco marcas de milho pipoca em grãos foram coletados. As marcas identificadas como 1, 2 e 5 são grãos do tipo convencional, a 3 de milho orgânico e a 4 de grãos transgênicos. As amostras coletadas foram acondicionadas em local seco e arejado até o momento das determinações.

2.1. Parâmetros físicos

O índice de capacidade de expansão (ICE) foi feito, em triplicata, através da relação volume de pipoca estourada/volume de grãos utilizados (Germani et al. 1997). Para densidade aparente e volume do grão seguiu-se metodologia apresentada por Moura et al. (2009). O tamanho dos grãos foi determinado por um paquímetro universal, por meio de dez leituras sucessivas em grãos diferentes (Silva & Corrêa, 2000). A determinação da cor foi feita em um colorímetro (Minolta) modelo CM 700D por meio de cinco leituras de cada amostra moída, e após obter os resultados, foi calculado o índice de saturação (C^*) e o ângulo de tonalidade (h^*) segundo Ramos & Gomide (2017).

2.2. Composição química

Todas as análises de composição química foram feitas em triplicata conforme recomendações da Official Association of Analytical Chemists - AOAC (AOAC, 2012). O teor de cinzas foi determinado pelo método 923.03, a umidade pelo método 925.09, proteínas pelo método 950.36, lipídeos pelo método 920.39, e atividade de água (A_w) em analisador de atividade de água Aqualab por ponto de orvalho (método 978.18). A porcentagem de fibra bruta foi quantificada conforme método Ba 6a-05 descrito pela The American Oil Chemists' Society (AOCS, 2006), com modificações.

O teor de carboidratos digeríveis foi obtido por diferença (Lacerda et al. 2009) e o valor energético total (VET) estimado pelos fatores de conversão de Atwater (Atwater & Bryant, 1900). A determinação do pH foi realizada por potenciometria direta segundo método 017/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). O teor de carotenóides foi quantificado por espectrofotometria UV-Visível conforme metodologia descrita por Pacheco et al. (2011).

Para a determinação da composição mineral inicialmente foi feito o procedimento de preparo de amostras por decomposição por via úmida segundo Gokmen et al. (2005). A quantificação dos minerais ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu) foi feita em espectrômetro de absorção atômica em chama e, sódio (Na) e potássio (K) por espectrometria emissão atômica em chama (FAES). Os limites de detecção (LDI) e de quantificação (LQI) instrumentais foram obtidos a partir dos parâmetros das curvas analíticas (Relacre, 2000).

2.3. Análise estatística dos dados

A fim de verificar a existência de diferenças significativas entre os resultados médios obtidos as variáveis primeiramente foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Após Análise de variância (ANOVA), aplicou-se o teste de Tukey ($p = 0,05$) para os dados normais e, Teste de Kruskal-Wallis para dados não normais, utilizando o programa ASSISTAT® versão beta 7.7.

3. Resultados e discussão

A cor dos grãos de milho é considerada variável e resulta da coloração das diversas partes do grão, sendo o endosperma a maior porção e, é uma das partes de maior interesse pelas indústrias processadoras, devido a ser uma excelente matéria-prima, principalmente no setor alimentício. Além disso, a cor pode variar em função da origem genética, condições e tipo de cultivo, processamento e estocagem (Oliveira et al. 2007, Pinho et al. 2011).

Na Tabela 1, os resultados da cor, parâmetro luminosidade L^* foram observadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os grãos 3 e 5, sendo a amostra 3 a com maior luminosidade (mais clara) em comparação com amostra 5. Na componente a^* , todas as amostras apresentaram-se na região do vermelho e, foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os grãos 1 e 5, e entre as amostras 5 e 4. Alguns autores sugerem que as diferenças de intensidade de cromaticidade em diferentes vegetais ocorrem devido as diferentes concentrações de pigmentos ou compostos bioativos presentes nos mesmos, no caso do milho pipoca este fato pode ser atribuído aos carotenóides (Chitarra & Chitarra, 2005).

Na componente b^* , para todas as amostras avaliadas foram verificados valores positivos, ou seja, cor amarela, o que já era esperado para esse tipo de grão devido ao gene Y ("yellow"), que condiciona a cor amarela aos grãos de milho, que domina a forma recessiva y , que dá cor branca, sendo que os pigmentos controlados por esses genes estão presentes no endosperma do grão. Os grãos com genótipo YYY são os mais preferidos pelo mercado consumidor e indústrias devido ao seu melhor aspecto e por possuírem maiores teores de vitamina A, xantofilas e carotenóides (Oliveira et al., 2007). Da mesma forma que a componente a^* , foram observados diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as amostras de milho pipoca 1 e 2, e entre os grãos 2 e 4, sendo a marca 2 de luminosidade mais clara.

Em relação ao índice de saturação (C^*) aconteceu o mesmo comportamento estatístico observado para a componente b^* , sendo a amostra 2 menos saturada quando comparada com 1 e 4. No ângulo de tonalidade (h^*), todas as amostras estão no primeiro quadrante (70° a 100°) com cor predominante amarela, sendo verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os grãos 1 e 5.

As diferenças verificadas nos parâmetros de cor nos grãos avaliados podem estar relacionadas com o genótipo, tipo de semente e temperatura de estocagem. Santos et al. (2014) observaram que a temperatura de armazenamento interfere no perfil colorimétrico dos grãos de milho causando uma redução dos valores na temperatura de 35° .

Em relação ao tamanho dos grãos (Tabela 1), a marca 2 diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) das amostras 3, 4 e 5, e apresentou maior tamanho (9,14 mm).

Tabela 1. Resultados obtidos (valor médio \pm desvio padrão) da composição física em grãos de milho pipoca de diferentes marcas.

Amostra	L*	a*	b*	C*	h*	Tamanho (mm)	Densidade aparente (g mL ⁻¹)	Volume de um grão (cm ³)	ICE (mL mL ⁻¹)
1	70,47 ^{AB} \pm 11,68	9,67 ^B \pm 1,51	39,46 ^A \pm 7,40	40,70 ^A \pm 7,09	75,75 ^A \pm 3,90	8,88 ^{AB} \pm 0,71	1,29 ^A \pm 0,10	0,14 ^A \pm 0,01	22,19 ^A \pm 4,84
2	70,75 ^{AB} \pm 11,57	7,64 ^{AB} \pm 1,93	32,80 ^B \pm 3,76	33,75 ^B \pm 3,48	76,69 ^{AB} \pm 4,25	9,14 ^B \pm 0,53	1,27 ^A \pm 0,05	0,14 ^A \pm 0,01	20,19 ^A \pm 2,69
3	72,77 ^B \pm 8,46	8,64 ^{AB} \pm 2,48	37,98 ^{ab} \pm 3,68	39,05 ^{ab} \pm 3,29	76,99 ^{AB} \pm 4,50	8,54 ^A \pm 0,65	1,29 ^A \pm 0,07	0,12 ^A \pm 0,01	22,81 ^A \pm 2,26
4	67,01 ^{AB} \pm 13,78	10,16 ^B \pm 3,65	38,54 ^A \pm 2,62	40,04 ^A \pm 2,10	75,14 ^{AB} \pm 5,77	8,69 ^A \pm 0,52	1,28 ^A \pm 0,06	0,13 ^A \pm 0,01	21,15 ^A \pm 1,63
5	64,75 ^A \pm 11,20	6,45 ^A \pm 1,99	34,74 ^{ab} \pm 7,83	35,42 ^{ab} \pm 7,65	79,09 ^B \pm 4,84	8,61 ^A \pm 0,46	1,30 ^A \pm 0,08	0,12 ^A \pm 0,01	19,85 ^A \pm 1,21

L* = claridade. a* = ponto sobre o eixo verde/vermelho. b* = ponto sobre o eixo azul/amarelo. C* = índice de saturação. h* = ângulo de tonalidade. a,b,c = Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam não haver diferença significativa entre os resultados, para Teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. A,B,C = Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam não haver diferença significativa entre os resultados, para Teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5 % de probabilidade.

Os parâmetros de densidade aparente, volume do grão e índice de capacidade de expansão (ICE) não apresentaram diferenças significativas ($p \geq 0,05$) entre os grãos avaliados (Tabela 1).

A qualidade do grão de milho pipoca está relacionada à sua capacidade de expansão, e para ser considerado de boa variedade deve ter um ICE acima de 25 mL mL⁻¹, sendo que quanto maior o valor do ICE, maior será a maciez e o valor comercial do milho. Neste contexto todas as amostras avaliadas apresentaram baixa qualidade. Características do pericarpo e endosperma, método de secagem e temperatura no momento da expansão são alguns dos fatores que podem influenciar no baixo ICE obtido (Freire, 2015).

Para todos os grãos de milho pipoca avaliados, os teores de umidade (Tabela 2) estão de acordo com o valor máximo permitido pela legislação brasileira, da Argentina e dos Estados Unidos da América (Argentina, 1994, Department of Agriculture, 2005, Brasil, 2011). Porém, em relação ao valor orientador sugerido pela TBCA, a porcentagem de umidade de todas amostras apresentaram valores superiores (USP, 2017). A umidade é um dos fatores que afetam o ICE e, além disso, determina a época da colheita do grão. Além disso, quando não há a alternativa de secagem artificial, o milho de pipoca deve ser colhido com baixos percentuais de umidade entre 13% a 15% (Correa et al. 2001).

Os teores de cinzas apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as amostras 1 e 5, sendo o grão 5 com maior percentual de 1,29% (Tabela 2). Todos os valores obtidos atendem os sugeridos pela TBCA (USP, 2017). Os minerais estão presentes em maior quantidade no gérmen do grão, podendo também serem encontrados na última camada do endosperma denominada de aleurona e, a composição mineral pode ser afetada pelo tipo de solo e condições ambientais de cultivo da planta (Gokmen et al. 2005).

Em relação às proteínas, as amostras 3 e 4 diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) dos grãos 2 e 5 e, assim como foi observado no teor de cinzas, as amostras 1 e 5 também apresentaram diferenças significativas, com maior teor de proteína na amostra 5 (9,56%). Todos os grãos apresentaram valores próximos ao orientado na TBCA (10,1%), sendo que as amostras 1 e 4 também obtiveram teores aproximados aos indicados nos rótulos (USP, 2017). Já as amostras 2 e 3 apresentaram teores protéicos menores do que os descritos nos seus respectivos rótulos. A porcentagem de componentes químicos do milho, principalmente o teor de proteínas e

lipídios podem variar entre diferentes tipos de genótipos (Farahnaky et al. 2013).

Os teores de lipídeos apresentaram valores próximos ao orientado pela TBCA (USP, 2017). A composição de lipídeos presente no milho faz com que o grão seja muito importante na dieta humana, uma vez que o ácido graxo linoléico é o componente predominante, com presença em menor quantidade de ácido graxo linolênico, ambos essenciais devido à incapacidade da produção dos mesmos pelo organismo (Paes, 2006).

Para a fibra bruta também não houve diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre os milhos pipoca, e os valores obtidos foram entre 1,92% a 2,06% (Tabela 2). Segundo a Associação Americana de Químicos de Cereais - AACCC Internacional (1999), a determinação de fibra bruta pelo método gravimétrico é aceitável em grãos como o milho pipoca.

Miranda et al. (2011) realizaram a composição química de milho pipoca da região do Paraná e obtiveram valores entre 9,42 a 12,17 %; 1,14 a 1,31%; 2,77 a 3,04%; 8,80 a 11,76% e 2,08 a 2,99% para umidade, cinzas, lipídeos, proteína e fibras, respectivamente. Esses resultados foram próximos ao obtido no presente trabalho (Tabela 2), com exceção do teor de fibra bruta que foi superior nos grãos paranaenses. Já no estudo feito por Tissot et al. (2001) para milho pipoca tipo híbrido da região serrana do Rio Grande do Sul os teores de fibra bruta variaram entre 1,19 a 2,93%, valores próximos aos obtidos neste trabalho.

Os teores de carboidratos digeríveis apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as amostras 1, 2 e 5, e todos os grãos ficaram com valores próximos ao valor orientador indicado pela TBCA (76,74%) (USP, 2017). Os teores das amostras 2, 3, 4 e 5 foram superiores aos rotulados. Já na amostra 1, o teor de carboidratos (75,51%) foi inferior ao fornecido no rótulo (80%). Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO (2003), a determinação de carboidratos por diferença, como realizada no presente estudo, é um método aceitável para a maioria dos alimentos com exceção para os novos produtos.

Os valores energéticos totais variaram entre 361,52 a 364,57 kcal 100g⁻¹ (Tabela 2), sendo superiores ao orientado na TBCA (355 kcal 100g⁻¹) (USP, 2017). Em relação aos rótulos, o comportamento estatístico foi o mesmo observado no teor de carboidratos digeríveis, com destaque para as diferenças obtidas entre mais um parâmetro realizado e a rotulagem.

Tabela 2. Composição química (valor médio ± desvio padrão) de grãos de milho pipoca comercializados no Brasil.

Amostra	Umidade (%)	Cinza (%)	Proteína (%)	Lípido (%)	Fibra bruta (%)	Carboidrato digerível (%)	Valor energético total (kcal 100g ⁻¹)	pH	Atividade de água
1	12,11 ^a ± 0,21	1,10 ^b ± 0,12	8,34 ^{bc} ± 0,69	2,93 ^a ± 0,34	1,92 ^a ± 0,26	75,51 ^B ± 0,42	361,82 ^a ± 2,16	6,80 ^{AB} ± 0,18	0,62 ^a ± 0,03
2	12,05 ^a ± 0,18	1,17 ^{ab} ± 0,10	7,98 ^c ± 0,40	3,01 ^a ± 0,29	1,98 ^a ± 0,11	75,78 ^B ± 0,58	362,13 ^a ± 1,74	6,55 ^A ± 0,08	0,57 ^b ± 0,02
3	12,01 ^a ± 0,51	1,20 ^{ab} ± 0,08	8,71 ^b ± 0,40	2,93 ^a ± 0,48	2,06 ^a ± 0,28	75,15 ^{AB} ± 0,35	361,79 ^a ± 4,72	6,74 ^{AB} ± 0,16	0,56 ^b ± 0,02
4	12,25 ^a ± 0,46	1,16 ^{ab} ± 0,13	8,78 ^b ± 0,26	3,03 ^a ± 0,59	2,01 ^a ± 0,14	74,79 ^{AB} ± 0,66	361,52 ^a ± 3,00	6,96 ^B ± 0,29	0,58 ^b ± 0,03
5	11,94 ^a ± 0,32	1,29 ^a ± 0,10	9,56 ^a ± 0,27	3,50 ^a ± 0,45	1,96 ^a ± 0,28	73,70 ^A ± 0,79	364,57 ^a ± 2,48	6,96 ^B ± 0,25	0,57 ^b ± 0,03
TBCA	8,79	1,34	10,10	3,48	-	76,74	355	-	-
Brasil	13,5 (Máx.)	-	-	-	-	-	-	-	-
Argentina	15 (Máx.)	-	-	-	-	-	-	-	-
Estados Unidos da América	14 (Máx.)	-	-	-	-	-	-	-	-
Rótulo (1)	-	-	8	-	-	80	376	-	-
Rótulo (2)	-	-	9,20	-	-	64	328	-	-
Rótulo (3)	-	-	12	-	-	64	320	-	-
Rótulo (4)	-	-	8	-	-	56	496	-	-
Rótulo (5)	-	-	0	-	-	72	340	-	-

TBCA = Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (USP, 2017). Brasil = Brasil (2011). Argentina = Argentina (1994). Estados Unidos da América = Department of Agriculture (2005). a,b,c = Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam não haver diferença significativa entre os resultados, para Teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. A,B,C = Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam não haver diferença significativa entre os resultados, para Teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5 % de probabilidade. - = não informado.

Para o pH, a amostra 2 apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) em relação aos grãos 4 e 5. Os valores obtidos foram próximos a 6,36, encontrado inicialmente nos grãos de milho pipoca no estudo de Nunes et al. (2016). Após seis meses de armazenamento em diferentes condições, esses autores observaram uma maior redução no pH dos grãos armazenados na temperatura de 35° C, que foi conferido a lixiviação de íons hidrogênio com início no interior das células em virtude dos danos na membrana celular (Nunes et al. 2016). Deste modo, a temperatura e o tempo de armazenamento em que as pipocas foram estocadas podem ter causado as diferenças de pH encontradas no presente estudo.

Em relação à atividade de água (Aw), a amostra 1 apresentou o maior valor diferindo significativamente ($p \leq 0,05$) das demais amostras. Levando em consideração apenas a Aw, as amostras estudadas não estão susceptíveis a

degradação por microrganismos, pois apresentaram Aw menor que o necessário para o crescimento da maioria das bactérias (0,91 a 0,88), leveduras e bolores (0,88 a 0,80) (Hoffmann, 2001).

Para as concentrações de β -caroteno, a amostra 1 diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) das amostras 3, 4 e 5 e, para o α -caroteno, a concentração do grão 1 apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) em relação as obtidas para os grãos 3 e 5 e; as amostras 2 e 5 também diferiram entre si (Tabela 3). Para o teor de licopeno, a marca 2 diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) das amostras 1, 4 e 5. Essas diferenças podem ser atribuídas devido ao fato desses pigmentos serem muito instáveis, sendo alterados devido a fatores como elevadas temperaturas, luminosidade, existência de espécies metálicas, enzimas e oxigênio (Cândido, 2010).

Tabela 3. Teor de carotenóides em milho pipoca de diferentes marcas.

Amostra	β -caroteno ($\mu\text{g g}^{-1}$)	α -caroteno ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Licopeno ($\mu\text{g g}^{-1}$)
1	2,23 ^A ± 0,89	3,42 ^A ± 1,34	1,92 ^B ± 0,79
2	3,63 ^{AB} ± 1,68	3,89 ^{AB} ± 1,64	1,30 ^A ± 0,76
3	5,75 ^B ± 3,80	5,74 ^{BC} ± 2,46	1,93 ^{AB} ± 1,30
4	4,52 ^B ± 2,06	5,05 ^{ABC} ± 2,47	2,26 ^B ± 1,32
5	5,03 ^B ± 3,26	6,21 ^C ± 2,49	2,08 ^B ± 0,82

A,B,C = Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam não haver diferença significativa entre os resultados, para Teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5 % de probabilidade.

O milho está entre os alimentos classificados como fontes de carotenóides, sendo α -caroteno, β -caroteno e licopeno um dos mais pesquisados em relação aos benefícios para a saúde humana. Os pigmentos α -caroteno e β -caroteno contêm atividade de provitamina A com capacidade de conversão em vitamina A ou retinol no organismo humano. Já o licopeno apresentou efeito anabólico na calcificação dos ossos in vitro em estudos recentes (Cândido, 2010). Dessa forma, as concentrações encontradas no presente estudo para os carotenóides podem contribuir para aumentar o valor agregado do grão diante dos vários benefícios desses pigmentos.

Tanto na composição física quanto na química foi observado que a amostra 3 é igual estatisticamente ao grão 4, sendo que ocorreram mais variações entre os milhos pipoca 1, 2 e 5 que são do mesmo tipo porém de marcas diferentes. Essas diferenças significativas obtidas descritas nas Tabelas 1, 2 e 3 podem ser atribuídas em virtude da classificação,

armazenamento, tecnologia utilizada nas variedades, tratamentos culturais, stress hídrico, época de plantio, adubação de base e cobertura, ciclo da cultura e fertilidade do solo (Miranda et al. 2011, Nascimento & Lodi, 2012).

Na possibilidade de efeito do armazenamento, no decorrer do período que o grão fica armazenado pode haver a influência da umidade relativa do ar, teor de impurezas, umidade dos milhos, atmosfera do armazenamento, temperatura, percentual de grãos quebrados, existência de insetos, microrganismos, ácaros e tempo de estocagem. Dentre esses, há um destaque para a temperatura que pode acelerar as reações bioquímicas e metabólicas do milho (Santos et al. 2014).

Na Tabela 4, para a composição mineral, observa-se que para o cobre (Cu) a marca 2 apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) em relação aos grãos 1 e 3, e o milho pipoca 3 também diferiu da amostra 5. As amostras 2, 4 e 5 apresentaram concentrações menores que o valor orientador

da TBCA e, para as marcas 1 e 3 os valores encontrados foram maiores do que os indicados pela TBCA (USP, 2017). Os resultados obtidos foram próximos ao estudo feito por Gokmen et al. (2005).

O teor de zinco (Zn) para amostra 1 diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) do grão 3. Todas as amostras, com exceção da 3, apresentaram resultados superiores ao sugeridos pela TBCA (USP, 2017). Germani et al. (1997) encontraram teores de Zn próximo aos obtidos na Tabela 4. Já, Gokmen et al. (2005) obtiveram valores maiores que o do presente trabalho, com variação entre 3,9 a 6,3 mg 100g⁻¹ de Zn.

A amostra 5 apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação aos grãos 4, 3 e 2 para ferro (Fe). Os valores de Fe variaram entre 1,81 a 3,66 mg 100g⁻¹, semelhante ao encontrado por Germani et al. (1997). Já no estudo de Gokmen et al. (2005) da Turquia, os resultados para o elemento Fe foram superiores, com intervalo entre 5,7 a 11,2 mg 100g⁻¹. Em relação à TBCA, apenas as amostras 1 e 5

tiveram quantidades superiores ao valor orientador de 2,62 mg 100g⁻¹ (USP, 2017).

Para o teor de manganês (Mn) ocorreram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as marcas 3 e 5, e também foi observado que os milhos pipoca 1 e 2 diferiram significativamente dos grãos 4 e 5. Com exceção das amostras 1 e 2, todas as marcas apresentaram resultados superiores ao orientado pela TBCA (USP, 2017). Os valores obtidos (0,42 a 0,95 mg 100g⁻¹) foram próximos a variação de 0,48 a 1,06 mg 100g⁻¹ encontrada por Germani et al. (1997).

O teor de potássio (K) apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre a amostra 4 e os grãos 1, 2 e 5. Todas as amostras, com exceção da marca 4, tiveram quantidades inferiores à 278 mg 100g⁻¹, orientado pela TBCA (USP, 2017). Gokmen et al. (2005) encontraram, nas variedades da Turquia, concentrações de K variando entre 42,9 mg a 51,9 mg 100g⁻¹, valores bem inferiores aos obtidos no presente estudo.

Tabela 4. Composição mineral (valor médio \pm desvio padrão) em grãos de milho pipoca de diferentes marcas.

Amostra	Cobre	Zinco	Ferro	Manganês	Potássio	Sódio
	(mg 100 g ⁻¹)					
1	0,54 ^{BC} \pm 0,50	2,45 ^B \pm 0,23	3,12 ^{AB} \pm 1,33	0,44 ^A \pm 0,04	190,58 ^A \pm 32,29	\leq LQI
2	0,09 ^A \pm 0,02	2,16 ^{AB} \pm 0,21	2,01 ^A \pm 0,46	0,42 ^A \pm 0,03	206,37 ^A \pm 32,96	\leq LQI
3	0,42 ^C \pm 0,36	2,09 ^A \pm 0,07	1,81 ^A \pm 0,27	0,51 ^{AB} \pm 0,14	222,12 ^{AB} \pm 20,21	\leq LQI
4	0,18 ^{ABC} \pm 0,12	2,35 ^{AB} \pm 0,60	1,95 ^A \pm 0,49	0,86 ^{BC} \pm 0,23	286,00 ^B \pm 54,06	\leq LQI
5	0,10 ^{AB} \pm 0,02	2,20 ^{AB} \pm 0,21	3,66 ^B \pm 0,74	0,95 ^C \pm 0,09	216,40 ^A \pm 63,45	\leq LQI
LQI (mg 100g ⁻¹)	0,05	0,13	0,25	0,02	18,56	4,51
LDI (mg 100g ⁻¹)	0,02	0,04	0,08	0,01	6,13	1,49
TBCA	0,31	2,14	2,62	0,47	278	33,8
Rótulo (1)	-	-	-	-	-	0
Rótulo (2)	-	-	-	-	-	0
Rótulo (3)	-	-	-	-	-	0
Rótulo (4)	-	-	-	-	-	-
Rótulo (5)	-	-	-	-	-	68

LQI = Limite de Quantificação Instrumental. LDI = Limite de Detecção Instrumental. TBCA = Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (USP, 2017). a,b,c = Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam não haver diferença significativa entre os resultados, para Teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. A,B,C = Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam não haver diferença significativa entre os resultados, para Teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5 % de probabilidade. - = não informado.

Todas as amostras tiveram concentrações de sódio (Na) menores que o limite de quantificação instrumental (LQI) de 4,51 mg 100g⁻¹, e o valor orientado pela TBCA (USP, 2017). Dentre os minerais, apenas o teor de Na foi indicado nos rótulos das embalagens das pipocas 1, 2, 3 e 5. Com destaque para a elevada quantidade (68 mg 100g⁻¹) apresentada pela marca 5, muito superior ao encontrado no presente trabalho. Para as demais marcas a quantidade "zero" disponibilizada na rotulagem se deve ao fato do alimento conter teor menor ou igual a 5 mg de Na por porção, concentração definida como "não significativa" pela RDC nº 54 de 12 de Novembro de 2012 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (Brasil, 2012).

A variabilidade no perfil mineral das amostras de milho pipoca também foi relatada por Gokmen et al. (2005), que observaram que as concentrações no milho pipoca variaram acentuadamente conforme as variedades e tipos de sementes (híbrida ou convencional).

Além disso, a heterogeneidade entre os grãos pode estar relacionada a diferenças na capacidade de adaptação dos genótipos e a forma de reação às condições do solo e clima, a quantidade e as combinações de nutrientes no solo e também nas espécies (Nan et al. 2002, Gokmen et al. 2005).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária através da RDC nº 269 de 22 de setembro de 2005, indica que a ingestão diária recomendada (IDR) de minerais para crianças de 4 a 6 anos (um grande público consumidor de pipoca) deve ser de 5,1 mg de Zn e 6 mg de Fe (Brasil, 2005).

Diante disso, com base nos teores da Tabela 4, para o Zn a porcentagem em relação à IDR foi de 48%, 42%, 41%, 46% e 43% para as marcas 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Já para o Fe os resultados foram de 52%, 33%, 30%, 32%, 61% da IDR para as amostras analisadas. Por apresentarem percentuais superiores a 30% da ingestão diária recomendada em 100 g, os grãos de milho pipoca estudados podem ser considerados com alto conteúdo de Fe e Zn (Brasil, 2012).

4. Conclusão

As diferenças encontradas entre as amostras avaliadas podem ser atribuídas às condições de armazenamento, método de secagem, tipo dos genótipos, fatores ligados ao solo de plantio e condições edafoclimáticas. Neste âmbito, ter o conhecimento da qualidade dos diferentes tipos de milho pipoca produzidos e comercializados no Brasil é de extrema relevância, tanto com a finalidade de controle e fiscalização desse produto de amplo consumo pela população, quanto para assegurar os preceitos de segurança do alimento, saudabilidade e qualidade nutricional e, também a valorização econômica.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa de Mato Grosso (FAPEMAT) pela bolsa de estudos concedida a M. D. S. N e a A. S. D, ao Conselho Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de estudos concedida a V. K. C. S, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa do Programa Nacional de Pós Doutorado a E. C. R., ao IFMT pelo fomento de pesquisa (Instrução normativa 05/2015 e Resolução 10/2015 de apoio e fomento a pós-graduação do IFMT), ao Laboratório de Análise de Contaminantes Inorgânicos do Departamento de Química da UFMT pela disponibilização de equipamentos e reagentes para as análises espectrométricas e cromatográficas.

6. Referências

- AACC International. (1999). *Approved Methods of Analysis - Method 32-10.01: Crude Fiber in Flours, Feeds, and Feedstuffs*. St. Paul: AACC International.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. (2012). *Official methods of analysis (19^a ed.)*, Arlington: AOAC International.
- AOCS - American Oil Chemists' Society. (2006). *Crude Fiber Analysis in Feeds By Filter Bag Technique*. S. Boulder, CO: AOCS.
- Argentina. (1994). Norma XIV: Norma de calidad para la comercialización de mijo, Bolsa de Comercio de Rosario, 1994. Disponível em: <<https://www.bcr.com.ar/Normas/normas/NORMA%20XIV%20Mijo.pdf>> Acesso em: 10/07/2019.
- Atwater, W. O., & Bryant, A. P. (1900). The availability and fuel value of food materials. In: *Station, Twelfth Annual Report of The Storrs Agricultural Experimental Station, Storrs, Conn, 1899* (pp. 73-110). Middletown, Conn: Printed by order of the General Assembly.
- BRASIL. (2005). Resolução RDC n. 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.
- BRASIL. (2011). Instrução Normativa nº 61, de 22 de dezembro de 2011. Regulamento Técnico do Milho Pipoca. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.
- BRASIL. (2012). Resolução RDC n.54, de 12 de novembro de 2012. Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.
- Cândido, B. D. V. (2010). Retenção de carotenoides após moagem de milho biofortificado e durante o armazenamento dos derivados. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Brasil.
- Chitarra, M. I. F., & Chitarra, A. B. (2005). *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio (2^a ed.)*. Lavras: Universidade Federal de Lavras.
- Correa, P. C., Machado, P. F., & Andrade, E. T. (2001). Cinética de secagem e qualidade de grãos de milho-pipoca. *Ciência & Agrotecnologia*, 25(1), 134-142.
- Department of Agriculture. (2005). Standards and requirements regarding control of the export of popcorn. Disponível em: <<http://www.nda.agric.za/docs/plantquality/Agronomy%20-%20export%5CPOPCORN.reg.doc>> Acesso em: 10/07/2019.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2003). *Methods of Food Analysis*. In: *Food and Agriculture Organization of the United Nations (Eds), Food energy - methods of analysis and conversion factors (Chapter 2)*. Rome: FAO.
- Farahnaky, A., Alipour, M., & Majzoobi, M. (2013). Popping Properties of Corn Grains of Two Different Varieties at Different Moistures. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15, 771-780.
- Freire, A. I. (2015). Avaliação da capacidade de expansão de milho-pipoca pelas técnicas de espectrometria no infravermelho próximo, composição química e microscopia eletrônica. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Brasil.
- Germani, R., Pacheco, C. A. P., & Carvalho, C. W. P. (1997). Características físicas e químicas dos principais cultivares de milho pipoca plantados no Brasil. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 40(1), 19-27.
- Gokmen, S., Tuzen, M., Mendil, D., Sari, H., & Hasdemir, E. (2005). Determination of some metals in (Zea mays L.) popcorn genotypes. *Asian Journal of Chemistry*, 17(2), 689-696.
- Hoffmann, F. L. (2001). Fatores limitantes à proliferação de microorganismos em alimentos. *Brasil Alimentos*, 9, 23-30.
- Instituto Adolfo Lutz (IAL). (2008). *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos. (4^a ed.)* São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.
- Kist, B. B., Santos, C. E., & Beling, R. R. (2016). *Anuário brasileiro do milho 2016*. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz.
- Lacerda, D. B. C. L., Soares, J. M. S., Bassinello, P. Z., Siqueira, B. S., & Koakuzu, S. N. (2009). Qualidade de biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca. *Archivos Latino Americanos de Nutricion*, 59 (2), 199-205.
- Miranda, D. S, Silva, R. R, Tanamati, A. A. C, Cestari, L. A, Madrona, G. S, Scapim, M. R. (2011). Avaliação da qualidade do milho-pipoca. *Revista Tecnológica*, V Simpósio de Engenharia, Ciência e Tecnologia de Alimentos, (pp. 13-20).
- Moura, N. C., Canniatti-Brazaca, S. G., & Souza, M. C. (2009). Características físicas de quatro cultivares de soja crua e submetidas a diferentes tratamentos térmicos. *Alimentos e Nutrição*, 20 (3), 383-388.
- Nan, Z. R., Li, J. J., Zhang, J. N., & Cheng, G. D. (2002). Cadmium and zinc interactions and their transfer in soil-crop system under actual field conditions. *Science of the Total Environment*, 285, 187-195.
- Nascimento, A., & Lodi, Z. (2012). Qualidade físico-química e microbiológica de milho convencional e milho geneticamente modificado (Bt) produzidos em Francisco Beltrão - PR. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil.
- Nunes, C. F. et al. (2016). Efeitos da temperatura de armazenamento na qualidade de milho pipoca após 6 meses de armazenamento. In: *Anais do 8^o Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão - Universidade Federal do Pampa, 22-24 Novembro 2016*. Pampa, BR: Unipampa.
- Oliveira, J. P., Chaves, L. J., Duarte, J. B., Brasil, E. M., & Ribeiro, K. O. (2007). Qualidade física do grão em populações de milho de alta qualidade protéica e seus cruzamentos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 37(4), 233-241.
- Pacheco, S. et al. (2011). Adaptação do método de extração de carotenóides para escala de micro-extração. In: *IV Reunião de Biofortificação, 10-15 Julho 2011*. Teresina, BR: EMBRAPA - BioFORT.
- Paes, M. C. D. (2006). Circular Técnica 75: Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.
- Pereira, M. T. J., Caneppele, C., Silva, S. L. S., Nunes, J. A. S. & Ormond, A. T. S. (2014). Propriedades físicas de marcas comerciais de milho pipoca: grão e estourada. *Enciclopédia Biosfera*, 10(18), 2525-2532.
- Pinho, L., Paes, M. C. D., Glória, M. B. A., Almeida, A. C., & Costa, C. A. (2011). Color and chemical composition and of green corn produced under organic and conventional

- conditions. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(2), 366-371.
- Ramos, E. M., & Gomide, L. A. M. (2017). Avaliação instrumental da cor. In: E. M. Ramos & L. A. M. Gomide (Eds), *Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias* (pp. 230-234) Viçosa: Editora UFV.
- Relacre. (2000). *Guia Relacre 13: Validação de métodos internos de ensaio em análise química* (1ª ed.) Lisboa: Relacre.
- Santos, R. F. et al. (2014). Efeitos da Temperatura nos Parâmetros Tecnológicos de Grãos de Milho Armazenados Durante 12 Meses em Sistema Semi-Hermético. In: 6ª Conferência brasileira de pós-colheita, 14-16 Outubro 2014 (pp. 365-372). Londrina, BR: ABRAPÓS.
- Silva, J. S., & Corrêa, P. C. (2000). Estrutura, composição e propriedades dos grãos. In: J. S. Silva (Eds), *Secagem e armazenagem de produtos agrícolas* (pp. 21-37). Viçosa: Aprenda Fácil.
- Teixeira, W. G., Malta, C. G., & Leandro, W. M. (2012). Produtividade e avaliação da capacidade de expansão de milho pipoca crioulo em cultivo isolado e consorciado com feijão de porco. *Enciclopédia Biosfera*, 8(14), 778-786.
- Tissot, U. F., Zambiasi, R. C., & Mendonça, C. R. B. (2001). Milho pipoca: caracterização física, química, microbiológica e sensorial. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 19(1), 1-12.
- USDA - United States Department of Agriculture. (2017). PSD: production, supply and distribution online - Reports - World Corn Production, Consumption, and Stocks. Foreign Agricultural Service, October 2017. Disponível em:
<<https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://apps.fas.usda.gov/PSDOnline/Circulars/2017/10/Grain.pdf>> Acesso em: 10/07/2019.
- USP - Universidade de São Paulo. (2017). Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tbca/>>. Acesso em: 10/07/2019.