

PROPRIEDADES ESTRUTURAIS E TECNOLÓGICAS DE AMIDOS DE MILHOS CRIoulos BRASILEIROS

Mateus S. CIRINO^{1,2}; Hugo J. M. CARVALHO¹; Aline A. WUCHNER¹; Maria T. P. S. CLERICI¹; Elizabeth H. NABESHIMA^{2*}

¹Departamento de Ciência de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, SP, Brasil.

²Instituto de Tecnologia de Alimentos/ITAL, Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento de Cereais e Chocolates, Campinas, SP, Brasil;

*E-mail para correspondência: nabeshima@ital.sp.gov.br

RESUMO: Os milhos crioulos brasileiros constituem um patrimônio genético e cultural com potencial para aplicações tecnológicas diferenciadas. Visando sua valorização, neste estudo foi realizado a extração e avaliação das propriedades de pasta, amido danificado e morfologia de quatro variedades de amidos de milho crioulo brasileiro (Asteca, Cunha, Macabu e Rajado). Os amidos apresentaram morfologia com formatos poliédricos, hexagonais, superfície lisa e, em alguns casos, a presença de poros. As quatro variedades apresentaram viscosidade de pico semelhante (1636–1713 cP). A viscosidade mínima foi maior na Asteca (1304 cP) e menor no Rajado (1159 cP). O amido danificado foi maior na variedade Asteca (4,34%) e a temperatura de pasta variou entre 79,37 °C (Rajado) a 81,30 °C (Macabu), refletindo diferenças na cristalinidade. Logo conclui-se que os amido de milhos crioulos podem ser direcionados a diferentes aplicações, com a vantagem adicional de preservar a biodiversidade e gerar renda para agricultores familiares.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; agrobiodiversidade, sustentabilidade; propriedades reológicas.

INTRODUÇÃO

Milhos crioulos representam um patrimônio genético e cultural, cultivado e preservado por agricultores familiares ao longo de gerações em sistemas de agricultura de subsistência. Essas variedades locais, diferentemente dos híbridos comerciais, apresentam notável adaptação a diversas condições edafoclimáticas, sendo promissor para sistemas agroecológicos, apresentam alta diversidade genética e contribuem diretamente para a sustentabilidade e segurança alimentar de comunidades tradicionais, ao mesmo tempo em que preservam saberes tradicionais associados ao cultivo e uso do milho (Carvalho et al., 2025).

Nutricionalmente, apresentam considerável diversidade nutricional, refletida em seu conteúdo de macro e micronutrientes, incluindo proteínas, fibras, lipídios e compostos bioativos, que contribuem para seu valor funcional. Dentre os componentes dos grãos, destaca-se o amido, principal carboidrato de reserva, composto majoritariamente pelas cadeias de amilose e amilopectina. Suas propriedades físico-químicas como temperatura de gelatinização, viscosidade e capacidade de retrogradação, variam conforme a variedade botânica (Tagliapietra et al., 2021). Assim, os milhos crioulos fornecem amidos com propriedades distintas dos híbridos comerciais, constituindo uma alternativa para aplicações tecnológicas. Sua valorização agrega renda à agricultura familiar, direcionando cada variedade a nichos de mercado específicos, o que promove a conservação da agrobiodiversidade e fortalece a economia regional.

Neste contexto, visando a valorização da agrobiodiversidade brasileira, este estudo teve como objetivo a extração e a caracterização das propriedades pasta, teores de amido danificado e aspectos morfológicos de amidos de milho crioulo brasileiro de quatro variedades (Asteca, Cunha, Macabu e Rajado).

MATERIAL E MÉTODOS

Materiais

Os milhos crioulos (*Zea mays* L.), foram obtidos da Associação de Mulheres Artesãs de Guapiara Arte e Vida (Guapiara/São Paulo) em feira livre e posteriormente enviados à Faculdade de Engenharia de Alimentos FEA, da Unicamp, para processamento e análises. Foram avaliados amidos de quatro variedades Rajado, Cunha, Asteca e Macabu. O acesso ao patrimônio genético dessas variedades foi registrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) sob o número A8DB686.

Procedimento experimental

Os amidos foram isolados conforme Carvalho et al. (2025b). Os milhos foram macerados por 24 h em banho-maria (50 °C) com 0,2% SO₂ ativo, lavados com água destilada, submetidos à remoção manual do gérmen e processados em blender (1:4 amostra:água). A mistura foi filtrada em peneira (120 µm mesh), o filtrado armazenado a 7 °C por 24 h, a água removida e o decantado resuspenso em água destilada, seguido de centrifugação (10.000 rpm/10 min/4 °C). O sobrenadante foi descartado e a camada superior removida com espátula, repetindo-se o processo até obtenção de amido branco puro. O material foi seco em estufa (40 °C, overnight), triturado em gral com pistilo e peneirado (32 µm mesh).

Foram avaliadas as morfologias dos grânulos de amido através de microscópio eletrônico de varredura (MEV) com detector de raios-X de 6070 energia dispersiva (Leo-440i, Cambridge, England), resultando em imagens com 1500x de magnitude. As propriedades de pasta foram avaliadas usando Rapid Visco Analyzer (RVA) modelo RVA-4500 (Perten Instruments, Australia), com o Standard 1. A amostra foi composta por 2,5g de amido, com umidade ajustada para 14% e misturada com 25mL de água destilada. Seguindo a análise de RVA, a pasta foi armazenada sob refrigeração por 24h. O teor de amido danificado foi avaliado utilizando o método 76-33.01 (AACCI, 2010), e os resultados foram expressos em porcentagem.

A análise de variância (ANOVA) das médias foi realizada no software Sisvar versão 5.6 com nível de significância de 95% e, quando significativa, o teste de Tukey foi usado para determinar as diferenças estatísticas entre as médias ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A microestrutura dos grânulos de amidos de milhos crioulos e a respectiva cruz de Malta observada sob luz polarizada são apresentadas na Figura 1. As imagens de MO e MEV confirmam a eficiência do processo de extração, resultando em amidos purificados, com ausência de impurezas como proteínas e fibras. Os grânulos apresentam formas poliédrica, hexagonal e irregular, superfície lisa, heterogeneidade de tamanho e, em alguns casos a presença de poros e superfície irregular. A presença da cruz de Malta sob luz polarizada indica regiões cristalinas, reforçando a integridade estrutural do amido. Segundo Carvalho et al. (2025b) esta morfologia diversa está diretamente relacionada à organização das cadeias de amilose e amilopectina no interior dos grânulos, bem como às condições genótípicas e ambientais de cultivo, que influenciam sobre o padrão de cristalinidade e a resistência granular. A heterogeneidade de tamanho e a presença de poros podem afetar propriedades tecnológicas como a absorção de água, a susceptibilidade à hidrólise enzimática e o

comportamento de pasta, sendo aspectos relevantes que devem ser considerados no direcionamento tecnológico de cada variedade.

Figura 1 – Imagens da microscopia óptica (MO) e com luz polarizada (MOLP), microscopia eletrônica de varredura com 1500x (MEV)

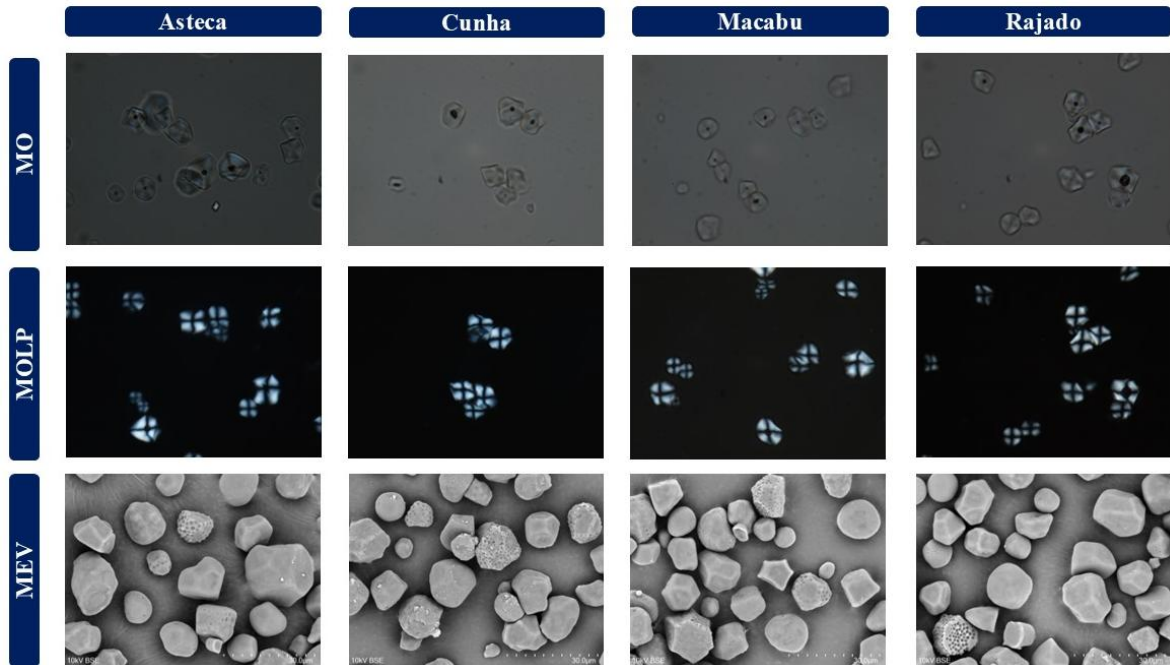


Tabela 1 – Propriedades de Pasta e amido danificado de amidos de diferentes variedades crioulas brasileiras

Propriedades	Asteca	Cunha	Macabu	Rajado
Viscosidade de Pico (cP)	1693±81 ^{ns}	1713±21 ^{ns}	1709±72 ^{ns}	1636±23 ^{ns}
Quebra Viscosidade (cP)	389±41 ^{ns}	458±21 ^{ns}	487±50 ^{ns}	477±22 ^{ns}
Viscosidade Mínima (cP)	1304±48 ^a	1254±20 ^{ab}	1222±34 ^{bc}	1159±44 ^c
Viscosidade Final (cP)	1782±143 ^{ns}	1736±9 ^{ns}	1665±105 ^{ns}	1645±48 ^{ns}
Tendência à Retrogradação (cP)	478±98 ^{ns}	482±29 ^{ns}	444±80 ^{ns}	486±12 ^{ns}
Temperatura de Pasta (°C)	79.80±0.35 ^{bc}	80.78±0.03 ^{ab}	81.30±0.48 ^a	79.37±0.68 ^c
Amido Danificado (%)	4.34±0.04 ^a	3.94±0.31 ^{ab}	3.84±0.19 ^b	3.78±0.03 ^b

Os resultados são apresentados como média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si pelo teste de comparações múltiplas de tukey (p < 0,05); ns = não significativo.

Os amidos de milho crioulo apresentaram viscosidade de pico semelhante (1636–1713 cP), indicando capacidade de inchamento equivalente. A quebra de viscosidade (389 a 487 cP) não diferiu significativamente (p>0,05) entre os ensaios avaliados. A viscosidade mínima variou significativamente, sendo maior para Asteca (1304 cP) e menor para Rajado (1159 cP), indicando que a variedade Asteca manteve a sua viscosidade mais próxima aos valores de pico de viscosidade em comparação aos demais ensaios. Estes resultados sugerem que os grânulos de amido intumescidos apresentaram maior resistência à ruptura térmica e mecânica durante o ciclo de manutenção da temperatura à 95 °C. A viscosidade final (VF, 1645 a 1782 cP) e a tendência à retrogradação (TR, 444 a 486 cP) não diferiram estatisticamente entre os ensaios. Contudo, ao comparar estes resultados com os obtidos por Reyes et al. (2021) em estudo com amidos de variedades peruanas (Chullpi,

Piscorunto, Giant Cuzco e Sacsá), foram observados valores de VF (1969 a 2675 cP) e TR (1128 a 1562 cP) superiores aos obtidos neste estudo. Estes resultados indicam que os amidos de milho crioulo brasileiros apresentaram pastas com menor consistência ou mais macia, maior estabilidade ao armazenamento e menor tendência à sinérese.

O teor de amido danificado foi maior em Asteca (4,34%) e menores em Rajado e Macabu (3,78–3,84%), evidenciando uma pequena variação de amplitude entre as amostras. A temperatura de pasta apresentou na faixa de 80°C, sendo semelhante ao reportado por Rincón-Londoño et al. (2016), estando dentro da faixa reportada para milho híbridos, e refletindo diferenças na cristalinidade e na estabilidade térmica das regiões cristalinas dos grânulos. Os teores de amido danificado e temperaturas de pasta estão coerentes e seguem a tendência conforme observado por Wang; Li & Zheng (2020). De acordo com esses autores, há uma correlação inversa entre estas variáveis, o incremento no teor de amido danificado favorece a redução da temperatura de pasta devido à maior facilidade de hidratação dos grânulos rompidos.

CONCLUSÃO

Os milho crioulo brasileiros apresentaram propriedades tecnológicas distintas e adequadas para aplicações alimentícias, como para cremes e sopas, especialmente pelos valores de viscosidade final e tendência à retrogradação. A morfologia granular e os baixos teores de amido danificado confirmam a eficiência do método de extração. Esses resultados valorizam a agrobiodiversidade brasileira, direcionando cada variedade a nichos específicos e fortalecendo a agricultura familiar e a economia regional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a (CAPES) - Código de Financiamento 001 para a bolsa concedida a HJM Carvalho (Processo 88887.141456/2025-00) e ao CNPQ pelas bolsas concedidas a MS Cirino (Processo 173725/2025-2) e a MTPS Clerici (Processo 312660/2023-5).

REFERÊNCIAS

- American Association of Cereal Chemists International, A., 2010. Approved methods of analysis. St. Paul, MN, U.S.A.: AACCI International
- CARVALHO, H. J. M. et al. Harnessing the Agronomic Potential, Nutritional Value, and Food Applications of Creole Maize to Promote Food Sovereignty in Latin America. *Plant Foods for Human Nutrition*, 80(4), 169, 2025a. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-025-01416-6>
- CARVALHO, H. J. M.; DE OLIVEIRA, L. H. R et al. Unraveling Sudan grass starch: A first report of its physicochemical, structural, technological, and nutritional properties. *Food and Humanity*, 4, 100627, 2025 b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100627>
- SALVADOR-REYES, et al. Kernel characterization and starch morphology in five varieties of Peruvian Andean maize. *Food Research International*, 140, 110044, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110044>.
- RINCÓN-LONDOÑO, N. et al. Analysis of the pasting profile in corn starch: Structural, morphological, and thermal transformations, Part I. *International journal of biological macromolecules*, 91, 106-114 (2016). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.05.070>
- TAGLIAPIETRA, B. L. ET AL. Non-conventional starch sources. *Current Opinion in Food Science*, 39, 93-102, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.11.011>
- WANG, Q. et al. A review of milling damaged starch: Generation, measurement, functionality and its effect on starch-based food systems. *Food chemistry*, 315, 126267 (2020). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126267>