

ARTIGO ORIGINAL

Análise da composição química da farinha de mandioca pelo Método Raman: características microbiológicas e seus efeitos sobre a saúde humana

Analysis of the chemical composition of cassava flour by the Raman Method, microbiological characteristics and their effects on human health

Estela Fonseca Doria¹

¹Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil

Recebido em: 6 de Junho de 2025; Aceito em: 7 de Julho de 2025.

Correspondência: Estela Fonseca Doria, esteladoria8@gmail.com

Como citar

Doria EF. Análise da composição química da farinha de mandioca pelo método Raman: características microbiológicas e seus efeitos sobre a saúde humana. Nutr Bras. 2025;24(3):1560-1570. doi:[10.62827/nb.v24i3.3068](https://doi.org/10.62827/nb.v24i3.3068)

Resumo

Introdução: a espectroscopia Raman tem se destacado como uma técnica eficiente na análise da composição química de alimentos, bem como na detecção de possíveis fraudes. **Objetivo:** analisou-se e comparou-se a composição química e microbiológica da farinha de mandioca artesanal e industrializada, visando identificar possíveis diferenças associadas ao tipo de processamento. **Métodos:** utilizou-se a espectroscopia Raman, com análise dos espectros entre 300 cm⁻¹ e 3000 cm⁻¹, além de testes microbiológicos para detecção de microrganismos patogênicos. Para análise microbiológica foram utilizados os testes e valores determinados pelos órgãos competentes. **Resultados:** a caracterização química das amostras de farinha de mandioca revelou diferenças significativas entre os produtos artesanais e industrializados. Na análise microbiológica, foi constatada a presença de microrganismos em 100% das amostras, com destaque para coliformes totais, bactérias mesófilas, fungos filamentosos e espécies dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Rhizopus*. **Conclusão:** constatou-se que há diferenças significativas entre as farinhas artesanal e industrializada, tanto na composição química quanto na microbiológica, influenciadas pelas etapas de produção e armazenamento. A combinação entre espectroscopia Raman e análise microbiológica é eficaz para caracterização detalhada das amostras, sendo uma ferramenta relevante para controle

de qualidade e segurança alimentar, além de alertar para os possíveis riscos à saúde humana associados ao consumo de produtos contaminados.

Palavras-chave: Manihot; Análise Espectral Raman; Segurança Alimentar.

Abstract

Introduction: Raman spectroscopy has emerged as an efficient technique for analyzing the chemical composition of foods and detecting potential fraud. *Objective:* The chemical and microbiological composition of artisanal and industrialized cassava flour was analyzed and compared to identify possible differences associated with the type of processing. *Methods:* Raman spectroscopy was used, with analysis of spectra between 300 cm^{-1} and 3000 cm^{-1} , in addition to microbiological tests for the detection of pathogenic microorganisms. The tests and values determined by the competent agencies were used for microbiological analysis. *Results:* The chemical characterization of the cassava flour samples revealed significant differences between artisanal and industrialized products. In the microbiological analysis, the presence of microorganisms was found in 100% of the samples, with emphasis on total coliforms, mesophilic bacteria, filamentous fungi and species of the genera *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* and *Rhizopus*. *Conclusion:* it was found that there are significant differences between artisanal and industrialized flours, both in chemical and microbiological composition, influenced by the production and storage stages. The combination of Raman spectroscopy and microbiological analysis is effective for detailed characterization of the samples, being a relevant tool for quality control and food safety, in addition to alerting to the possible risks to human health associated with the consumption of contaminated products.

Keywords: Manihot; Spectrum Analysis; Food Security.

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é um alimento de grande importância histórica e nutricional, cuja disseminação pelo mundo se deve, em grande parte, à colonização portuguesa. Atualmente, seu cultivo é amplamente difundido em diversos continentes, como o africano e o asiático, sendo consumida diariamente por milhões de pessoas como principal fonte de carboidratos para geração de energia. Seu ciclo de produção é relativamente simples e de baixo custo, possibilitando o aproveitamento integral da raiz para obtenção de diversos subprodutos com aplicação no consumo humano, na alimentação animal e em segmentos industriais, como o alimentício e o farmacêutico [1].

No contexto brasileiro, o consumo de mandioca é historicamente significativo. De acordo com pesquisa sobre disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil (2008–2009), as famílias destinam de 70% a 80% de seus gastos à alimentação, sendo que 59% da energia consumida provêm dos carboidratos, dos quais 3,92% têm origem na farinha de mandioca. Esse percentual é ainda mais elevado nas áreas rurais e nas regiões Norte e Nordeste do país, onde a farinha de mandioca representa um componente essencial da dieta, sendo sua contribuição seis vezes maior do que em outras regiões [2].

Apesar de sua relevância nutricional e cultural, a produção da farinha de mandioca, especialmente

na região Norte, ainda é realizada de forma rudimentar, por meio das denominadas “casas de farinha”. Tais estruturas, majoritariamente informais, carecem de condições sanitárias adequadas para garantir a segurança do alimento conforme preconizam as normativas vigentes. A produção artesanal, tradicionalmente transmitida de forma oral entre gerações, tende a manter métodos ultrapassados que não asseguram um produto final de boa qualidade [3]. A ausência de inovações e adequações tecnológicas resulta na elaboração de uma farinha que, por vezes, não atende aos padrões estabelecidos para nutrientes e limites de contaminação microbiológica, gerando riscos significativos à saúde pública [4].

Nesse cenário, faz-se necessário avaliar a qualidade das farinhas de mandioca com base em métodos científicos precisos, que possibilitem a caracterização da composição química e microbiológica dos alimentos. Uma técnica que tem se destacado por sua eficácia e confiabilidade é a espectroscopia Raman. Esta tecnologia permite análises não destrutivas, rápidas e ambientalmente seguras, sendo capaz de fornecer dados sobre a geometria molecular, tipos de ligações químicas, identificação e quantificação dos elementos presentes, além de permitir a diferenciação entre estruturas polimorfas ou alotrópicas, funcionando como uma verdadeira “impressão digital” da molécula [5,6].

A contaminação de alimentos por bactérias e fungos patogênicos constitui um desafio persistente para a saúde pública global, especialmente em produtos manipulados sem controle rigoroso de higiene e qualidade. A farinha de mandioca, ao ser processada e armazenada sem condições adequadas, torna-se suscetível à contaminação desde a coleta até o consumo final. Diante disso, a análise química e microbiológica do produto

torna-se imprescindível para avaliar não apenas sua composição e qualidade, mas também os riscos que seu consumo pode oferecer à saúde do consumidor [7,8].

Com base nesse panorama, este trabalho tem como tema a avaliação da qualidade da farinha de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), artesanal e industrializada, com foco em suas características químicas e microbiológicas. A delimitação se concentra na comparação entre amostras artesanais produzidas e comercializadas em Oriximiná, no estado do Pará, e amostras industrializadas adquiridas em centros urbanos como Belém, São Paulo e Rio de Janeiro. A problemática reside na ausência de controle sanitário nas casas de farinha e na possibilidade de contaminação do produto final, aliada à escassez de estudos que utilizem a espectroscopia Raman para caracterização química deste alimento tradicional.

A partir disso, formula-se a seguinte questão-problema: quais são as diferenças na composição química e microbiológica entre as farinhas de mandioca artesanais e industrializadas, e quais riscos à saúde do consumidor podem ser associados a essas diferenças? O objetivo geral deste estudo foi comparar a composição química das farinhas de mandioca artesanais e industrializadas utilizando o método Raman, bem como avaliar sua composição microbiológica.

Como objetivos específicos, propõe-se: (i) identificar os principais nutrientes presentes nas farinhas artesanais produzidas em Oriximiná e nas industrializadas comercializadas em Belém, São Paulo e Rio de Janeiro, por meio da espectroscopia Raman; (ii) comparar a composição química entre os dois tipos de farinha; (iii) identificar os microrganismos presentes em ambas as categorias de farinha; (iv) comparar a composição microbiológica das amostras; e (v) estabelecer

uma correlação entre os contaminantes químicos e microbiológicos que possam representar riscos à saúde humana.

A justificativa da pesquisa se baseia na relevância socioeconômica e alimentar da mandioca no Brasil, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, onde o consumo é elevado e as

práticas artesanais predominam. Compreender a composição e os riscos associados à farinha de mandioca pode subsidiar políticas públicas de segurança alimentar, além de promover melhorias nos processos produtivos e no controle de qualidade, tanto na cadeia artesanal quanto industrial.

Métodos

Foram coletadas e analisadas 30 amostras de farinha de mandioca, sendo 20 artesanais de Oriximiná (Pará) e 10 industrializadas adquiridas em Belém, São Paulo e Rio de Janeiro. O estudo ocorreu durante o ano de 2017.

As análises químicas foram realizadas na Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), em Belo Horizonte, por meio do espectrômetro FT-Raman Multiram da Bruker®. Os dados espectrais foram tratados com métodos quimiométricos, como a Análise de Componentes Principais (PCA) e a Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS-DA). As análises microbiológicas ocorreram no Laboratório de Microbiologia da Universidade Brasil, campus Fernandópolis, onde foram investigados diversos

microrganismos patogênicos, utilizando a técnica do Número Mais Provável (NMP).

O preparo das amostras seguiu as especificações da Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003, que estabelece os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água [9].

A análise microbiológica foi realizada levando em consideração o limite de 10^2 NMP/g estabelecido pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 12/2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a qual estabelece padrões microbiológicos para alimentos prontos para consumo e define critérios para coleta, análise e interpretação de resultados microbiológicos [10].

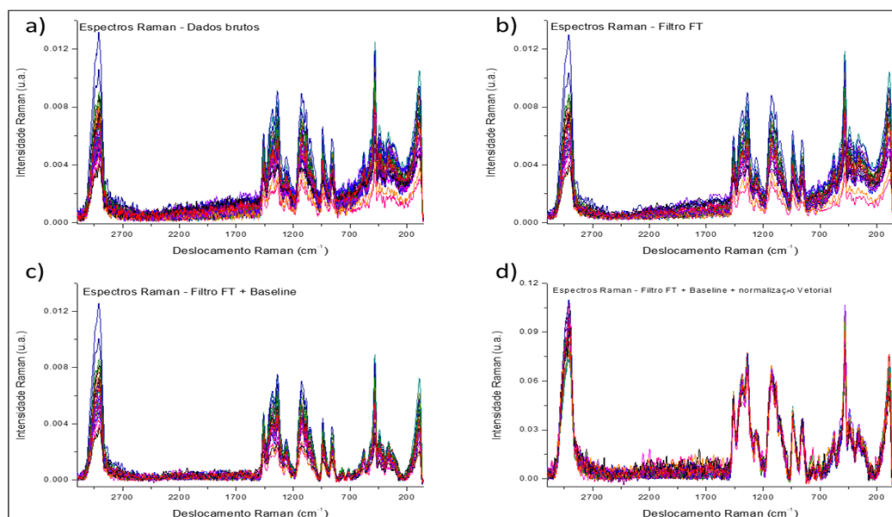
Resultados

A seguir são apresentados os resultados obtidos por meio das análises químicas e microbiológicas realizadas nas amostras de farinha de mandioca

Resultados da Análise Química pelo Método Raman

A caracterização química das amostras de farinha de mandioca revelou diferenças significativas entre os produtos artesanais e industrializados,

conforme indicado nos espectros Raman obtidos. A Figura 1 ilustra o processo de aquisição e tratamento dos espectros, dividido em quatro etapas: espectros brutos (1a), aplicação do filtro de transformada de Fourier com laser Nd:YAG (1b), correção da linha de base com o software Opus 6.5 (1c), e normalização vetorial (1d). Essas etapas são fundamentais para garantir a qualidade dos dados espectroscópicos, permitindo comparações confiáveis entre os grupos analisados.

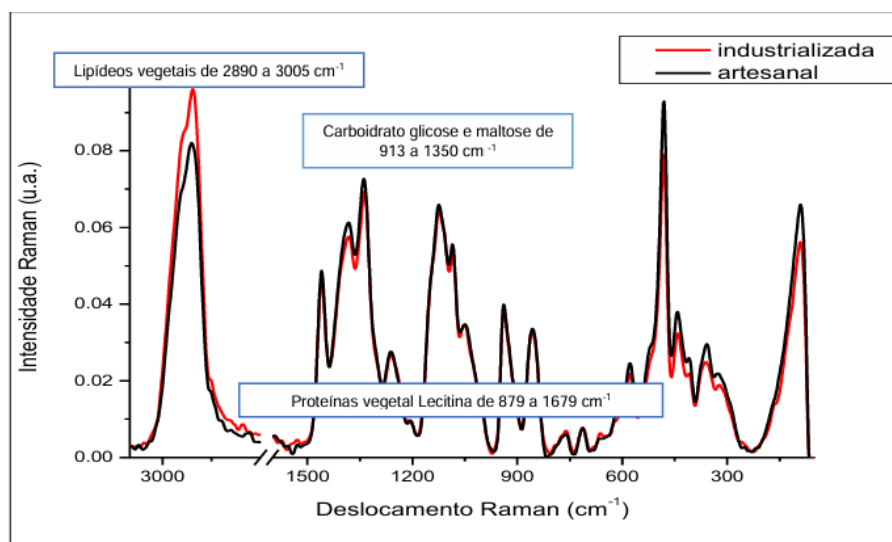


Fonte: dados da pesquisa, 2017.

Figura 1 - Espectro das farinhas de mandioca artesanais e industrializadas

Os espectros médios, apresentados na Figura 2, indicam variações de intensidade em determinados modos vibracionais quando se comparam farinhas artesanais (em preto) com industrializadas

(em vermelho). As principais bandas Raman observadas situam-se entre 300 cm^{-1} e 3000 cm^{-1} . Adicionalmente, foram identificados picos relevantes na região entre 2700 cm^{-1} e 3000 cm^{-1} .



Fonte: dados da pesquisa, 2017

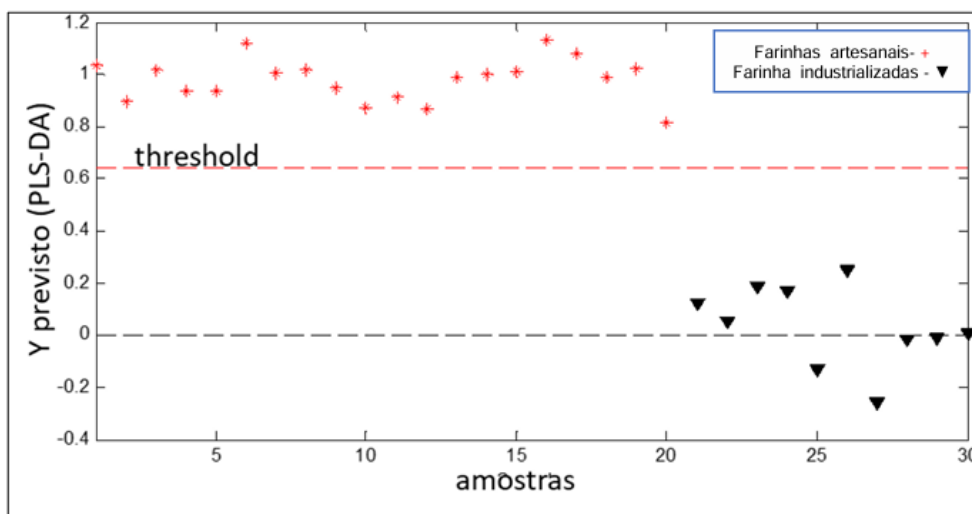
Figura 2 - Principais modos vibracionais encontrados nos espectros das farinhas de mandioca artesanais, em preto, e industrializadas em vermelho

A Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS-DA), conforme ilustrado no Gráfico 1,

apresentou uma separação nítida entre os grupos, evidenciando a capacidade discriminativa da técnica

espectroscópica aliada à modelagem estatística. Além disso, o gráfico permitiu identificar as regiões espectrais mais relevantes para a diferenciação

entre as amostras, indicando os comprimentos de onda ou bandas espectrais que mais contribuíram para a separação entre os tipos de farinha.

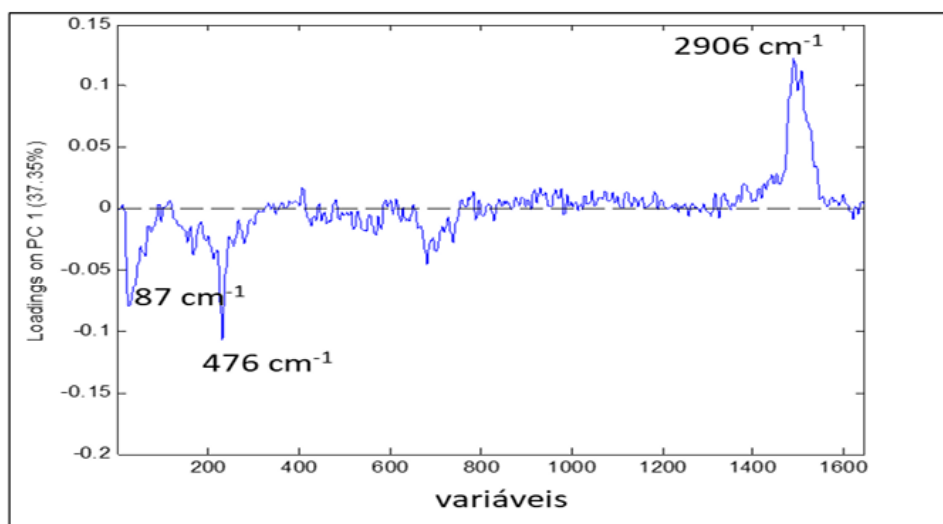


Fonte: dados da pesquisa, 2017; símbolo vermelho: artesanais; símbolo preto: industrializadas.

Figura 3 - Modelo PLS-DA das amostras de farinha artesanais e industrializadas

Os “loadings” da primeira componente principal (PC1), apresentados na Figura 4, revelaram três modos vibracionais decisivos na separação entre os grupos. Tais modos são representativos das

principais classes de macronutrientes — carboidratos, lipídeos e proteínas presentes nas amostras e refletem diferenças nos processos de produção, armazenamento e composição das farinhas.



Fonte: dados da pesquisa, 2017

Figura 4 - Principais modos vibracionais encontrados nos espectros das farinhas de mandioca artesanais e industrializadas

Resultados da Análise Microbiológica

A análise microbiológica revelou que todas as 30 amostras apresentaram crescimento microbiano, embora sem detecção de patógenos como *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp. e *Staphylococcus aureus*, tanto nas farinhas artesanais quanto nas industrializadas. Contudo, observou-se contaminação por coliformes totais e bactérias mesófilas em ambas as categorias.

Nas farinhas artesanais, os coliformes totais apresentaram variação entre $0,2 \times 10$ e $1,5 \times 10^3$ NMP/g, com 40% das amostras superando o limite de 10^2 NMP/g estabelecido. Nas industrializadas, os valores oscilaram entre $0,2 \times 10$ e $6,0 \times 10^2$ NMP/g, com 30% das amostras fora do padrão. Os valores de bactérias mesófilas foram ainda mais

alarmantes, com 90% das amostras artesanais e 100% das industrializadas excedendo o limite de 10^4 UFC/g.

Análise de Fungos

A contaminação por fungos foi detectada em 100% das amostras analisadas. Seis espécies foram identificadas tanto nas farinhas artesanais quanto nas industrializadas: *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp. e fungos filamentosos genéricos. Nas amostras artesanais, os valores variaram, por exemplo, de $7,0 \times 10$ a $5,4 \times 10^3$ UFC/g para fungos filamentosos, e até $1,5 \times 10^2$ UFC/g para *Aspergillus flavus*, conhecido produtor de aflatoxinas. As amostras industrializadas apresentaram concentrações semelhantes.

Discussão

Este estudo identificou revelou diferenças significativas entre os produtos artesanais e industrializados quanto à caracterização química das amostras de farinha de mandioca. Os produtos alimentícios artesanais distinguem-se dos industrializados principalmente pelo modo de produção, escala e uso de aditivos. Enquanto os alimentos artesanais são elaborados em menor escala, com técnicas tradicionais, ingredientes naturais e mínima intervenção tecnológica, os industrializados são produzidos em larga escala com alto grau de padronização, uso de conservantes, estabilizantes e tecnologias que visam maior durabilidade e distribuição comercial [11].

Essa diferença impacta diretamente nas características sensoriais, nutricionais e microbiológicas dos produtos, sendo os artesanais frequentemente associados a um perfil mais natural e sabor característico, porém com maior variabilidade de

composição e menor tempo de prateleira. Por outro lado, os alimentos industrializados tendem a apresentar maior uniformidade, controle sanitário rigoroso e vida útil prolongada, ainda que com o uso de aditivos e processos que podem modificar suas propriedades originais [11].

A literatura aponta que as diferenças entre as marcas de farinha de mandioca produzida no Brasil não são recentes. Um estudo prévio demonstrou diferença no produto conforme a região de origem da mandioca ou local de fabricação e as características de produção artesanal interferiram nos resultados obtidos. Tais variações sugerem que fatores como tipo de solo, regime de irrigação, maturação e manejo agrícola exercem influência direta sobre os compostos presentes no produto final [12].

Os sinais detectados na faixa espectral do estudo reforçam que os dados Raman obtidos são compatíveis com componentes orgânicos comuns

em alimentos como a farinha. Os deslocamentos entre 913 cm^{-1} e 1350 cm^{-1} foram associados à presença de carboidratos como glicose e maltose. Tais bandas correspondem a estiramentos das ligações C–O–H, características de compostos sacarídicos presentes naturalmente na mandioca [13,14].

Adicionalmente, foram identificados picos relevantes na região entre 2700 cm^{-1} e 3000 cm^{-1} , os quais foram atribuídos à presença de lipídeos vegetais, especialmente ácidos graxos como ácido eládico, palmítico, linolênico, linoleico e araquidônico [15]. Estes compostos indicam a manutenção de componentes lipídicos naturais mesmo após o processamento da mandioca.

As faixas espectrais entre 500 cm^{-1} e 1700 cm^{-1} também apresentaram bandas atribuíveis a proteínas vegetais, com destaque para a lecitina. A atribuição das bandas às estruturas de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, triptofano, tirosina) e às amidas I e III foi feita com base nos trabalhos de Rygula [16], revelando a complexidade química da matriz alimentar analisada.

Além disso, o resultado encontrado com a Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS-DA), reforçam o potencial da espectroscopia Raman como ferramenta eficiente para análise e classificação de produtos alimentícios, confirmando estatisticamente os dados identificados.

No que diz respeito à análise microbiológica, os resultados indicaram que as farinhas artesanais apresentam maior carga microbiana, a contaminação encontrada neste estudo pode estar relacionada à ausência ou à ineficiência na aplicação das Boas Práticas de Fabricação ao longo das etapas de colheita, beneficiamento, acondicionamento e comercialização. Essa situação representa um

risco sanitário relevante, sobretudo para populações de baixa renda que consomem regularmente esse alimento como base de sua dieta.

As amostras industrializadas apresentaram concentrações semelhantes de microrganismos, indicando que o ambiente de processamento não foi suficiente para eliminar a carga fúngica. A presença de *Aspergillus* e *Penicillium* é particularmente preocupante, pois tais gêneros são potenciais produtores de micotoxinas, o que reforça a necessidade de monitoramento contínuo e rigoroso durante a cadeia produtiva.

Resultado semelhante foi encontrado em um estudo realizado no Amapá, o qual identificou a presença de coliformes e *Salmonella* sp., nas farinhas comercializadas na Feira do Produtor e do Agricultor da Cidade de Macapá. Também foram identificadas matérias estranhas microscopicamente nas farinhas analisadas [17], demonstrando que a farinha de mandioca necessita maior rigor na produção. Estes resultados indicam falhas nos processos de higienização e/ou armazenamento, mesmo em produtos industrializados, o que levanta preocupações do ponto de vista da segurança alimentar.

Um ponto relevante é a escassez de literatura científica voltada à avaliação criteriosa de alimentos tradicionais amplamente consumidos no Brasil, como a farinha de mandioca. Estudos como este são fundamentais não apenas para suprir essa lacuna, mas também para fomentar políticas públicas voltadas à segurança alimentar e à qualificação das cadeias produtivas artesanais. Por fim, esta investigação constitui uma contribuição inédita ao realizar, pela primeira vez, a caracterização química da farinha de mandioca por meio da espectroscopia Raman.

Conclusão

O presente estudo permitiu a comparação entre as composições química e microbiológica de farinhas de mandioca produzidas de forma artesanal e industrial. A aplicação da espectroscopia Raman se mostrou uma ferramenta eficiente e inovadora para a caracterização química desses alimentos, revelando diferenças atribuíveis tanto às propriedades intrínsecas dos tubérculos quanto às condições de cultivo às quais foram submetidos. Tais variações sugerem que fatores como tipo de solo, regime de irrigação, maturação e manejo agrícola exercem influência direta sobre os compostos presentes no produto final.

A obtenção desses dados é crucial para informar o consumidor e os órgãos de vigilância sanitária sobre os riscos potenciais associados ao consumo de produtos contaminados ou quimicamente

desequilibrados. O aprofundamento de pesquisas nessa área poderá colaborar de forma significativa para a prevenção de enfermidades como gastrite, neoplasias e outras patologias associadas à ingestão contínua de substâncias tóxicas ou de microrganismos patogênicos presentes em alimentos de origem vegetal.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Fontes de financiamento

Esta pesquisa não possui financiamento.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Doria EF; Obtenção de dados: Doria EF; Análise e interpretação dos dados: Doria EF; Redação do manuscrito: Doria EF; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Doria EF.

Referências

1. Brandão TBC. Caracterização da qualidade da farinha de mandioca produzida no agreste alagoano [dissertação]. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Nutrição, Programa de Pós-Graduação em Nutrição; 2007.
2. Levy RB, Claro RM, Mondini L, Sichieri R, Monteiro CA. Distribuição regional e socioeconômica da disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil em 2008-2009. *Rev Saúde Pública* [Internet]. 2012 [cited 2025 may 18];46(1):6–15. Available from: <https://revistas.usp.br/rsp/article/view/33071>. doi: 10.1590/s0034-89102012000100002.
3. Oliveira LL, Rebouças TNH. Perfil higiênico-sanitário das unidades de processamento de farinha de mandioca na região sudoeste da Bahia. *Alim Nutr*. 2009;19(4):393–9.
4. Machado RLP, Dutra AS, Pinto MSV. Boas práticas de fabricação (BPF) [Internet]. Rio de Janeiro: Embrapa; 2015 [cited 2025 Jun 5]. 20 p. Available from: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132846/1/DOC-120.pdf>. doi: 10.1234/embrapa.bpf.2015
5. Helfer GA, Ferrão MF, Ferreira CDV, Hermes N. Aplicação de métodos de análise multivariada no controle qualitativo de essências alimentícias. *Ciênc Tecnol Aliment* [Internet]. 2006 [cited 2025 may 18];26(4):779–86. Available from: <https://www.scielo.br/j/cta/a/ZS53NhLmHZ7PnMJfLgh6Q3v/?format=html&lang=pt>. doi: 10.1590/S0101-20612006000400011

6. Rodrigues ADG, Galzerani JC. Espectroscopias de infravermelho, Raman e de fotoluminescência. *Rev Bras Ensino Fís* [Internet]. 2012[cited 2025 may 18];34(4):4309–9. Available from: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/LvkPfCR4Xgw7TyJt6BWWHyx/?lang=pt>. doi: 10.1234/rbef.2012.4309
7. Moreira MF, Oliveira TR, Vieira IGP, et al. Occurrence of fungi and aflatoxins B in nuts. *Rev Inst Adolfo Lutz* [Internet]. 2016 [cited 2025 may 18];75(1698):1–6. Available from: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20173229318>.
8. Ferreira Neto C, Nascimento EM, Figueirêdo RM, Queiroz AJDM. Microbiologia de farinhas de mandioca. *Ciênc Rural* [Internet]. 2004 [cited 2025 may 18];34(2):551–5. Available from: <https://www.scielo.br/j/cr/a/dpj9p8zXcS4KHqWnBMXCsYf/?format=html>. doi: 10.1590/S0103-84782004000200033
9. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N° 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 26 ago. 2003.
10. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial da União*. 2001 jan 10; Seção 1:45–53.
11. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 73, de 30 de setembro de 2020. Estabelece as características e os requisitos para a caracterização dos produtos alimentícios artesanais. *Diário Oficial da União*. 2020 out 1; Seção 1:4–6.
12. Dias LT, Leonel M. Caracterização físico-química de farinhas de mandioca de diferentes localidades do Brasil. *Ciênc agrotec* [Internet]. 2006 [cited 2025 may 18];30(4):692–700. Available from: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/qG6XFK5YQLzKnPQ5BRyVFKR/?format=html>. doi: 10.1590/S1413-70542006000400015.
13. Vasko PD, Blackwell J, Koenig JL. “Infrared and raman spectroscopy of carbohydrates. Part II: normal coordinate analysis of α -D-glucose. *Carbohydrate Research* [Internet]. 1972[cited 2025 may 18]; 23(3): 407-416. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008621500826907>. doi: 10.1016/s0008-6215(00)82690-7.
14. Wiercigroch E, Szafranec E, Czamara K, Pacia MZ, Majzner K, Kochan K et al. Raman and infrared spectroscopy of carbohydrates: a review. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* [Internet], 2017 [cited 2025 may 18]185:317-335. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1386142517304213>. doi: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2017.05.045>.
15. Czamara K, Majzner K, Pacia MZ, Kochan K, Kaczor A, Baranska EM. Raman spectroscopy of lipids: a review. *Journal of Raman spectroscopy* [Internet], 2015 [cited 2025 may 18]; 46(1): 4-20. Available from: <https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jrs.4607>. doi: 10.1002/jrs.4607.
16. Rygula A, Majzner K, Marzec KM, Kaczor A, Pilarczyk M, Baranska M. Raman spectroscopy of proteins: a review. *Journal of Raman Spectroscopy* [Internet]. 2013 [cited 2025 may 18]; 44(8): 1061-1076. Available from: <https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jrs.4335>. doi: 10.1002/jrs.4335.

17. Souza ACF, Soares NRM, Paiva ADC, Souza F, Mendes JTR. Avaliação microscópica e microbiológica de farinhas de mandioca, *Manihot esculenta* Crantz, comercializadas nas feiras do produtor e do agricultor na cidade de Macapá, Amapá. *BIOFARM* [Internet], 2020 [cited 2025 may 18]; 16(2):122-136. Available from: https://revista.uepb.edu.br/BIOFARM/article/view/2202#pkp_content_main



Este artigo de acesso aberto é distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons (CC BY 4.0), que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.