



Elaboração e caracterização físico-química de farinha de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.)

Elaboration and physicochemical characterization of sweet potato flour (Ipomoea batatas L.)

Ricácia de Sousa Silva¹, Narciza Maria Arcanjo², Jéssica Lima de Moraes³, Ana Cristina Silveira Martins⁴, Heloisa Maria Ângelo Jerônimo⁵, Aryane Ribeiro da Silva¹

¹ Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Currais Novos, RN, Brasil. E-mails: ricacia_souza1@hotmail.com/ aryaneribeiro1@hotmail.com;

² Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Currais Novos, RN, Brasil. E-mail: narciza.arcanjo@ifrn.edu.br;

³ Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba (UFPB-CT), João Pessoa, PB, Brasil. E-mail: jessicamorais-pb@hotmail.com;

⁴ Mestre em Ciências Naturais e Biotecnologia, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG-CES), Cuité, PB, Brasil. E-mail: nutricionistaanamartins@hotmail.com;

⁵ Professora da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG-CES), Cuité, PB, Brasil. E-mail: helogero@yahoo.com.br;

RESUMO- A farinha de batata-doce tem muitas aplicações na indústria de alimentos devido a suas características nutricionais. Entretanto, não há procedimento padronizado para a sua produção e o seu processamento industrial geralmente é realizado a partir do descascamento do vegetal, gerando perdas nutricionais e aumento de resíduos. O objetivo do trabalho foi elaborar e caracterizar as propriedades físico-químicas de uma farinha de batata-doce com casca. As batatas-doces foram higienizadas, cortadas em forma de “chips” e submetidas à secagem em estufa com circulação de ar forçada (70 °C durante 18 horas). Posteriormente, os *chips* foram triturados para obtenção da farinha (FBD) e, então, foi calculado seu rendimento. As amostras de batata-doce *in natura* e da FBD foram submetidas às análises físico-químicas. A produção da FBD apresentou um rendimento de 34%. Os valores de atividade de água e umidade da FBD foram bastante reduzidos, comparado à batata-doce *in natura*, além disso, a umidade da farinha elaborada esteve dentro do padrão exigido pela legislação. Verificou-se um maior teor de cinzas e macronutrientes na FBD comparado a batata-doce. O processo de elaboração da farinha de batata-doce com casca é viável por possuir alta rentabilidade e baixo custo, além de apresentar o benefício de aproveitamento integral do vegetal. A FBD obtida é um produto seguro, que atende aos padrões exigidos pela legislação vigente para farinhas, apresentou baixo teor de gordura e pode ser considerada como um produto basicamente amiláceo, e tais características possibilitam a sua utilização na indústria de alimentos para elaboração de diversos produtos.

Palavras-chave: Secagem. Composição química. Aproveitamento integral.

ABSTRACT- Sweet potato flour has many applications in the food industry because its nutritional characteristics. However, there is no standard procedure for its production and its industrial processing is usually performed from the peeling of the vegetable, generating nutritional losses and waste increase. The objective of the work was to elaborate and characterize the physicochemical properties of a shelled sweet potato flour. The sweet potatoes were sanitized, cut into chips and subjected to drying greenhouse with forced air circulation (70

°C for 18 hours). Subsequently, the chips were ground to obtain flour (FBD) and then its yield was calculated. The samples of fresh sweet potato and FBD were submitted to physicochemical analysis. FBD's production showed a yield of 34%. The FBD water activity and humidity values were greatly reduced, compared to fresh sweet potato, in addition, the moisture in the flour elaborated was in accordance with the standard required by law. There was a higher ash and macronutrient content in FBD compared to sweet potato. The process of making sweet potato shelled flour is feasible because it has high profitability and low cost, besides presenting the benefit of full utilization of the vegetable. The obtained FBD is a safe product, which meets the standards required by current flour legislation, presented low fat and can be considered as a basically starchy product, and such characteristics enable its use in the food industry for the elaboration of various products.

Keywords: Drying. Chemical composition. Integral use.

Aceito para publicação 03/01/2020.

Rev.Bras.de Gestão Ambiental (Pombal, PB) 14(01)127-131, jan./mar. 2020.



INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é uma das principais hortaliças cultivada no Brasil e em 2018 foram produzidas 741.203 toneladas, em 53.024 hectares, o que proporcionou uma produtividade de 13,99 Kg/ha⁻¹ (IBGE, 2019). O interesse crescente pela batata-doce no Brasil e no mundo reflete-se no crescimento da área plantada, no valor de produção e no total produzido, fazendo dessa hortaliça o sétimo alimento básico em importância mundial e o quinto mais importante entre os países em desenvolvimento (EMBRAPA, 2019).

A batata-doce é rica em fitonutrientes únicos, como batatinas, batatosídeos e proteínas de armazenamento chamadas esporaminas, que possuem propriedades antioxidantes exclusivas e potencialmente benéficas à saúde (YENUMULA; THILAKAVATHY, 2018).

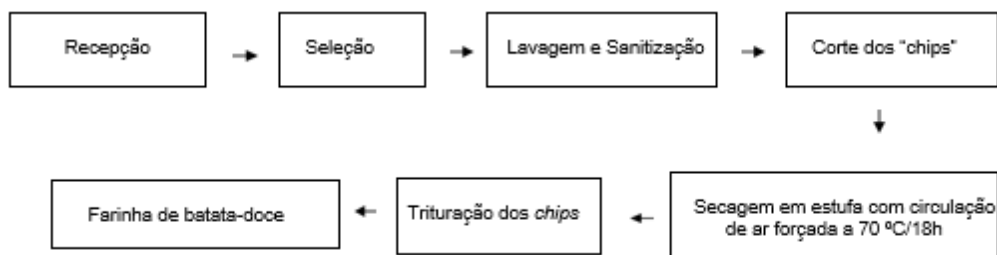
A vida de prateleira da batata-doce não é maior de que algumas semanas após a colheita, por isso o seu processamento para reduzir o seu teor de umidade é uma das alternativas para prolongar sua vida útil, além de agregar valor à matéria-prima (VIDAL, 2016). Nesse contexto, os subprodutos e produtos processados a partir da batata-doce aumentaram tanto em diversidade quanto em quantidade ao longo dos últimos anos (EMBRAPA, 2019).

Uma maneira de minimizar as perdas pós-colheita e aumentar a utilização de batata-doce é através da transformação em farinha, que é um produto intermediário mais estável (ELEAZU; IRONUA, 2013), e, além de aumentar a vida útil do vegetal, facilita sua incorporação em diversos produtos (RODRIGUES-AMAYA; NUTTI; CARVALHO, 2011).

O processamento industrial de batata-doce em produtos como amido, farinha, enlatados e purês gera uma grande quantidade de subprodutos com pouca utilização na indústria alimentícia. Esses subprodutos são acabamentos e cascas resultantes da etapa de preparação da matéria-prima antes do processamento e, geralmente, são depositados em aterros ou descarregados em corpos d'água (AKOETEY; BRITAIN; MORAWICKI, 2017).

As cascas de batata-doce atraem a atenção por conter quantidades consideráveis de compostos fenólicos, como foi encontrado no estudo de Steed e Truong (2008), onde as cascas continham quase três vezes mais fenólicos totais do que a polpa e a raiz inteira. Pesquisas indicam que a proteína presente neste vegetal não é distribuída uniformemente e que concentrações mais altas são encontradas na camada externa da polpa perto da casca.

Figura 1 - Fluxograma de processamento da farinha de batata-doce



Fonte: Próprio autor (2019).

Além disso, a fibra solúvel é um importante complemento nutricional que pode ser produzido a partir de cascas de batata-doce (AKOETEY; BRITAIN; MORAWICKI, 2017).

A farinha de batata-doce tem muitas aplicações nas indústrias alimentícia e farmacêutica. Devido ao seu baixo teor de gordura e a riqueza em vitaminas, fibras alimentares e minerais, pode substituir uma quantidade substancial de farinha de trigo em aplicações de panificação, melhorando as propriedades nutricionais, sensoriais e funcionais do produto (TORTOE; AKONOR; BUCKMAN, 2017).

Entretanto, não há procedimento padronizado para a produção de farinha de batata-doce (TRANCOSO-REYES et al., 2016) e o seu processamento industrial geralmente é realizado a partir do descascamento do vegetal. Considerando as propriedades nutritivas da batata-doce juntamente com a casca, a elaboração de uma farinha utilizando o vegetal na sua forma integral pode resultar em um produto nutritivo com diversas aplicabilidades na indústria alimentícia, além de contribuir com a redução de resíduos gerados nesse tipo de processamento.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo elaborar e caracterizar as propriedades físico-químicas de uma farinha de batata-doce com casca.

MATERIAL E MÉTODOS

As batatas-doces foram adquiridas em feira livre e conduzidas aos laboratórios para a elaboração da farinha de batata-doce (FBD), bem como para realização das análises físico-químicas da batata-doce *in natura* e da farinha obtida.

ELABORAÇÃO DA FARINHA DE BATATA-DOCE

As batatas-doces foram previamente selecionadas, lavadas em água corrente para remoção de sujidades, em seguida foram imersas em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 10 minutos e, posteriormente, foram enxaguadas em água filtrada e deixadas em descanso à temperatura ambiente para remoção do excesso de água.

Após essa etapa de higienização, foram cortadas em rodela em forma de "chips" e colocadas em estufa com circulação de ar forçada a 70 °C durante 18 horas, conforme testes preliminares para padronização laboratorialmente. Por fim, realizou-se a trituração dos *chips* em liquidificador industrial para obtenção da farinha. O fluxograma de processamento da farinha está disposto na figura 1:

O rendimento da farinha foi calculado de acordo com a Equação (1):

$$\text{Rend. (\%)} = \left[\frac{\text{peso da amostra inicial} - \text{peso da farinha}}{\text{peso da amostra inicial}} \right] \times 100 \quad (1)$$

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As amostras de batata-doce *in natura* e da FBD foram submetidas à análises físico-químicas, em triplicata, para determinação da composição nutricional, baseadas na metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) e Folch, Less e Stanley (1957).

Foram realizados os seguintes ensaios: umidade e extrato seco total por secagem em estufa estabilizada a 105 °C até obtenção de peso constante (IAL, 012 IV); determinação da acidez molar por titulação (IAL, 016 IV); teor de cinzas, quantificado por carbonização seguida de incineração em forno mufla estabilizado a 550 °C (IAL, 018 IV); determinação de proteína pelo método Micro-Kjedahl, com fator 5,75 multiplicado pela porcentagem de nitrogênio (IAL, 036 IV); determinação de gordura pelo método de Folch, Less e Stanley (1957); e os açúcares totais calculados por diferença.

A atividade de água foi determinada por um

analisador de atividade de água digital (AquaLab). O potencial calórico da farinha foi obtido multiplicando-se os valores de proteínas, lipídios e carboidratos, respectivamente, pelos fatores 4, 9 e 4 (em kcal/g⁻¹).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados das análises físico-químicas da batata-doce *in natura* e da FBD foram submetidos à análise de variância (ANOVA), realizando-se o teste t-Student ao nível de 5% de significância (p<0,05). Para tal, utilizou-se o programa estatístico SigmaStat 3.5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção da FBD apresentou um rendimento de 34%, superior ao encontrado por Silva (2010) ao avaliar o rendimento de farinhas elaboradas sem a casca, dos cultivares de batata-doce Brazlândia Branca e Brazlândia Rosa, as quais apresentaram respectivamente um rendimento de aproximadamente de 26,3 e 24%. O autor justifica como principais fontes de perdas as cascas, o alto teor de umidade da batata e as perdas referentes ao processo de obtenção da farinha.

Na Tabela 1 estão os resultados das análises físico-químicas da batata-doce *in natura* e da FBD.

Tabela 1 – Valores médios das análises físico-químicas realizadas com a batata-doce *in natura* e a FBD

Variável (%)	Batata-doce <i>in natura</i>	Farinha de batata-doce
Acidez Molar	2,13 ±0,01	9,16 ±0,78*
Atividade de água (Aw)	0,99 ±0,01*	0,14 ±0,01
Umidade	59,87 ±0,02*	4,07 ±0,01
EST**	40,13 ±0,08	95,93 ±0,01*
Cinzas	0,88 ±0,01	3,01 ±0,02*
Proteínas	1,75 ±0,00	2,78 ±0,10*
Lipídios	0,13 ±0,00	1,19 ±0,00*
Carboidratos	37,63 ±0,07	90,09 ±0,33*
Calorias (Kcal/100 g)	157,22 ±0,05	372,29 ±0,47*

*Médias ± desvio-padrão na mesma linha diferiram entre si pelo teste t-Student (p<0,05)

**Extrato Seco Total

O valor de acidez encontrado para a FBD (9,16%) foi maior que na batata-doce *in natura*. Franco et al. (2018) obteve uma acidez de 22,96% para farinha de batata-doce com casca, sendo este valor superior ao encontrado no presente estudo. Este resultado pode ser atribuído ao fato de que os autores realizaram um pré-tratamento da batata-doce com ácido cítrico para evitar escurecimento enzimático, o qual não foi utilizado neste estudo, ou talvez pela perda de água (secagem para obtenção da farinha) tenha ocorrido concentração dos substratos e componentes da batata.

O parâmetro atividade de água para a batata-doce foi de 0,99, semelhante ao observado por Araújo (2015), ao analisar também a batata-doce com a casca, que foi de 0,96. Já ao analisar a farinha de batata-doce, processada em

temperatura de 60 °C e com retirada da casca, o mesmo autor obteve como resultado 0,41, superior ao encontrado neste estudo que foi de 0,14, e essa diferença pode ser justificada pela maior temperatura empregada no presente estudo.

De modo geral, quanto maior a atividade da água, maior será a perecibilidade do alimento, pois, maior quantidade de água livre haverá para o desenvolvimento dos microrganismos. Os microrganismos que causam os maiores problemas na área de alimentos preferem atividades de água superiores a 0,85. Já alimentos com atividade de água inferior a 0,6 são considerados sanitariamente seguros (BOLZAN, 2013). Assim, a FBD elaborada pode ser considerada um produto seguro por apresentar baixa atividade de água e consequentemente, há

menor probabilidade de crescimento microbiano.

O teor de umidade da batata-doce *in natura* analisada foi de 59,87%, inferior ao encontrado por Hutra, Saggin e Vicenzi (2017) ao analisar o teor de umidade de batatas-doces *in natura* descascadas, das cultivares Rubisol, Amélia e Cuia, obtendo os valores 70,25, 76,25 e 67,21%, respectivamente. Ainda no mesmo estudo, os autores encontraram teores de umidade da farinha obtida a partir dos tipos de cultivares supracitados, próximo a 10,25, 9,02 e 8,92%, respectivamente.

No presente estudo, o teor de umidade encontrado para a farinha obtida foi de 4,07%. A Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005) apresenta como requisito específico que as farinhas devem apresentar umidade máxima de 15% (g/100 g) e como não existe legislação específica para a farinha de batata-doce, trabalha-se com este padrão de umidade, o que permite dizer que a farinha elaborada apresentou umidade dentro do padrão exigido. Valores de umidade acima deste padrão estabelecido favorecem as alterações nas características do produto final, tais como: aspecto, sabor, odor, além de ter alterações nutricionais e redução da sua vida de prateleira (ALMEIDA et al., 2017).

Ao comparar os teores dos nutrientes (cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos) da batata-doce e da farinha, observa-se que houve um maior percentual na farinha ($p < 0,05$), que pode ser justificada devido ao processo de secagem empregado para sua obtenção, tendo em vista que a desidratação torna os componentes mais concentrados com a retirada da água do produto.

Quanto à análise de cinzas, Franco et al. (2018) obteve uma média de 1,51% para farinha de batata-doce com casca, inferior ao encontrado neste estudo (3,01%). Esses efeitos estão relacionados à presença dos compostos no vegetal, sendo, portanto, afetados por diferentes fatores, principalmente pela característica genotípica, ambiental e pelo processamento (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008 retirado de Franco et al. (2018).

O teor de proteína da batata-doce *in natura* encontrado neste estudo (1,75%) foi superior ao observado por Cruz (2014), que obteve 0,14% como resultado em análise da composição de batata-doce *in natura* sem a casca. Esse resultado pode ser justificado pela utilização da batata-doce de forma integral no presente estudo, tendo em vista que a casca também possui valores consideráveis de proteína. Em contrapartida, obteve-se uma média de 2,78% para a farinha, resultado inferior ao encontrado por Silva (2010) ao analisar o teor de proteína de farinha de batata-doce das cultivares Brazlândia branca e Brazlândia Rosa, que obteve uma média de 3,14 e 6,62%, respectivamente.

Os valores médios de carboidratos e lipídios totais obtidos para a batata-doce *in natura* foram de 37,63 e 0,13%, e para a farinha 90,09% e 1,19%, respectivamente. Estes resultados mostraram teores de carboidratos elevados e de lipídios reduzidos quando comparado à análise de batata-doce comum *in natura* realizada por Nolêto et al. (2015) o qual foi 15,6 e 0,94%, respectivamente. Quanto à composição média da farinha de batata-doce, Bezerra et al. (2015) encontrou 71,17% de carboidratos e 9,18% de lipídios, o qual apresentou teores de carboidratos inferior e de lipídios superior aos obtidos neste estudo.

Diante disso, a FBD elaborada pode ser considerada como um produto de baixo teor de gordura,

visto que segundo a Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998 (BRASIL, 1998), para que seja considerado como alimento com baixo teor de gordura, o alimento deve conter até 3g de gorduras por 100g de alimento.

Vale salientar que as diferenças nos resultados em comparação com a literatura podem ser justificadas pela variação de região, safra, estágio de maturação, plantio, condições de adubação, fatores climáticos, condições genéticas da planta e, principalmente, pela utilização da casca da batata-doce no processamento.

CONCLUSÃO

Mediante os resultados obtidos, pode-se concluir que o processo de elaboração da farinha de batata-doce com casca é viável por possuir alta rentabilidade e baixo custo, além de apresentar o benefício de aproveitamento integral do vegetal.

As análises físico-químicas demonstraram que a FBD é um produto seguro, que atende aos padrões exigidos pela legislação vigente para farinhas. Além disso, apresentou baixo teor de gordura e pode ser considerada como um produto basicamente amiláceo, por possuir consideráveis valores de carboidratos.

Tais características possibilitam a sua utilização na indústria de alimentos para elaboração de diversos produtos, como por exemplo, àqueles com necessidade de substituição da farinha de trigo, podendo melhorar as propriedades nutricionais, sensoriais e funcionais do produto final.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, C.S.P. et al. Desidratação de batata-doce para fabricação de farinha. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.11, n.4, p.33-41, 2015.
- AKOETEY, W.; BRITAIN, M.M.; MORAWICKI, R.O. Potential use of byproducts from cultivation and processing of sweet potatoes. *Ciência Rural*, v.47, n.5, p.1-8, 2017.
- ALMEIDA, R.L.J. et al. Análise de granulometria e umidade de farinhas de milho flocada comercializadas na cidade de Campina Grande-PB. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v.7, n.2, p.185-189, 2017.
- BEZERRA, J.R.M.V. et al. Processamento de barras de cereais com adição de farinha de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.). *Revista Ambientia*, v.11, n.1, p.65-73, 2015.
- BOLZAN, R.C. *Bromatologia*. Colégio Agrícola de Frederico Westphalen, Universidade Federal de Santa Maria, 2013. 81p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998. Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (conteúdo de nutrientes). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 de janeiro, Seção 1. p.1789. 1998.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos farinhas e farelos. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 de setembro de 2005.

- CRUZ, A.P.A. *Análise físico-química da batata-doce (Ipomoea batatas L.) cultivada no município de Monte Negro-RO*. 2014. 27f. Monografia (Licenciatura em Química) – Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, Ariquemes, 2014.
- ELEAZU, C.O.; IRONUA, C. Physicochemical composition and antioxidant properties of a sweet potato variety (*Ipomoea batatas* L.) commercially sold in South Eastern Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, v.12, n.7, p.720-727, 2013.
- EMBRAPA HORTALIÇAS. Patrimônio Vegetal. *Hortaliças em Revista*, n.28, 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/203055/1/Hortalicas-em-Revista-28-edicao-web.pdf>>. Acesso em 10 de dezembro de 2019.
- FOLCH, J.; LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, v.226, n.1, p.497-509, 1957.
- FRANCO, V.A. et al. Propriedades reológicas e composição proximal da farinha de arroz e farinha de batata-doce. *Multidisciplinary Journal*, v.5, n.3, p.113-124, 2018.
- HUTRA, D.J.; SAGGIN, S.F.; VICENZI, R. Produção e avaliação da qualidade de farinha de batata-doce. In: *VII Seminário de Inovação e Tecnologia*. UNIJUÍ, 2017.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. SIDRA. *Produção Agrícola Municipal*. Tabela 1612 - Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias (notas). Rio de Janeiro: IBGE. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612#resultado>. Acesso em 16 de dezembro de 2019.
- NOLÊTO, D.C.S. et al. Caracterização físico-química de batata-doce (*Ipomoea batatas*) comum e biofortificada. *Revista Ciência Agrícola*, v.13, n.1, p.59-68, 2015.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; NUTTI, M.R.; CARVALHO, J.L.V. Carotenoids of sweet potato, cassava, and maize and their use in bread and flour fortification. In: PREEDY, R. R.; WATSON, R. R.; PATEL, V. B. editors. *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention*. Academic Press, chap. 28, p.301-311, 2011.
- SILVA, R.G.V. *Caracterização físico-química de farinha de batata-doce para produtos de panificação*. 2010. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2010.
- STEED, L.E.; TRUONG, V.D. Anthocyanin content, antioxidant activity, and selected physical properties of flowable purple-fleshed sweet potato purees. *Journal of Food Science*, v.73, n.5, p.S215-S221, 2008.
- TORTOE, C.; AKONOR, P.T.; BUCKMAN, E.S. Potential uses of sweet potato-wheat composite flour in the pastry industry based on proximate composition, physicochemical, functional, and sensory properties of four pastry products. *Journal of Food Processing and Preservation*, v.41, n.5, p.e13206, 2017.
- TRANCOSO-REYES, N. et al. Effect of Pre-Treatment on Physicochemical and Structural Properties, and the Bioaccessibility of β -Carotene in Sweet Potato Flour. *Food Chemistry*, v.200, p.199-205, 2016.
- VIDAL, A.R.C. *Obtenção e caracterização de biscoitos sem glúten e sem lactose com farinha de batata doce e antioxidantes naturais*. 2016. 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.
- YENUMULA, D.L.R.; THILAKAVATHY, S. Sweet potato – wholesome nutrition in a SPUD. *International Journal of Applied Home Science*, v.5, n.1, p.261-266, 2018.
- WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L.A. Arroz: composição e características nutricionais. *Ciência Rural*, v.38, n.4, p.1184-1192, 2008.