









Extração e caracterização de amido de espécies de *Dioscorea* cultivadas na Amazônia

Extraction and characterization of starch from *Dioscorea* species cultivated in the Amazon

Larissa Svetlana Cavalcante Silva¹  | Salomão Rocha Martim¹  | Raiane Aila Teixeira de Souza¹ 
Ana Rita Gaia Machado^{II}  | Loris Simas Teixeira¹  | Leilane Bentes de Sousa¹ 
Marne Carvalho de Vasconcellos¹  | Maria Francisca Simas Teixeira¹ 

¹Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil

^{II}Faculdade Estácio do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil

Resumo: Considerando-se o desenvolvimento de produtos utilizando matéria-prima regional, foram extraídos e caracterizados os amidos de *Dioscorea alata* L. e *D. altissima* Lam. Os parâmetros analisados foram rendimento, composição, morfologia e tamanho dos grânulos, composição físico-química, propriedades tecnológicas, toxicidade *in vitro* e análise microbiológica. Rendimento significativo (8,57%) foi observado em *D. altissima*. Amido disponível (75,02%), total (84,63%) e amilose (19,15%) foram maiores em *D. alata*. Amido resistente (10,10%) e amilopectina (82,09%) foram superiores em *D. altissima*. O pH e a acidez não variaram entre as amostras. A atividade de água foi menor em *D. alata*. Baixos teores de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, fibras e alto conteúdo de carboidratos foram determinados. Os amidos não apresentaram citotoxicidade e nem contaminação microbiana. Os grânulos do amido de *D. altissima* são esféricos e significativamente maiores. Nos amidos de *D. alata* e de *D. altissima*, predominam, respectivamente, macro e microminerais. Absorção de água (85,73 g 100g⁻¹), óleo (67,13 g 100g⁻¹), estabilidade da espuma (100%) e claridade da pasta (2,87%) foram maiores em *D. alata*. A capacidade de inchamento (4,07 g g⁻¹) e a densidade aparente (0,87 g mL⁻¹) foram superiores em *D. altissima*. Os amidos estudados possuem propriedades tecnológicas com potencial para a indústria de alimentos e para a produção de embalagens.

Palavras-chave: Grânulos. Inhame. Propriedades tecnológicas. Tubérculos.

Abstract: Considering the development of products using regional raw materials, the starches of *Dioscorea alata* L. and *D. altissima* Lam. were extracted and characterized. The parameters analyzed were: yield, composition, morphology and size of the granules, physicochemical composition, technological properties, *in vitro* toxicity, and microbiological analysis. A significant yield (8.57%) was observed in *D. altissima*. Available starch (75.02%), total (84.63%) and amylose (19.15%) were higher in *D. alata*. Starch resistant (10.10%) and amylopectin (82.09%) were superior in *D. altissima*. pH and acidity did not vary between samples. Water activity was lower in *D. alata*. Low moisture, ash, lipid, protein, fiber, and high carbohydrate contents were observed. The starches did not present cytotoxicity or microbial contamination. The granules of *D. altissima* starch are spherical and significantly larger. In *D. alata* and *D. altissima* starches, macro- and microminerals are predominant, respectively. Water absorption (85.73 g 100 g⁻¹), oil (67.13 g 100 g⁻¹), foam stability (100%), and pulp clarity (2.87%) were higher in *D. alata*. The swelling capacity (4.07 g g⁻¹) and bulk density (0.87 g mL⁻¹) were higher in *D. altissima*. The studied starches have technological properties with potential for the food industry, medicines and packaging.

Keywords: Granules. Yams. Technological properties. Tubers.

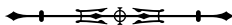
SILVA, L. S. C., S. R. MARTIM, R. A. T. SOUZA, A. R. G. MACHADO, L. S. TEIXEIRA, L. B. SOUSA, M. C. VASCONCELLOS & M. F. S. TEIXEIRA, 2019. Extração e caracterização de amido de espécies de *Dioscorea* cultivadas na Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(3): 439-452.

Autora para correspondência: Larissa Svetlana Cavalcante Silva. Universidade Federal do Amazonas. Avenida General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 – Coroado I. Manaus, AM, Brasil. CEP 69067-005 (larissasvetlanas@gmail.com).

Recebido em 25/01/2019

Aprovado em 10/06/2019

Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho



INTRODUÇÃO

O amido, polissacarídeo de reserva vegetal, é constituído de cadeias lineares de amilose e ramificadas de amilopectina, estando presente na forma de grânulos semicristalinos em rizomas, raízes e tubérculos (Andrade *et al.*, 2017; Tao *et al.*, 2018). A proporção de amilose/amilopectina varia de acordo com a fonte botânica, padrão de qualidade que está associado à especificidade estrutural e funcional do amido (Reis, J. *et al.*, 2017; Polesi *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2018).

As características naturais do amido, tais como biodegradabilidade e não toxicidade, favorecem o uso deste polissacarídeo em setores industriais. Na indústria de alimentos, o amido tem diferentes aplicações tecnológicas para melhorar a textura ou como espessante, estabilizante coloidal, geleificante e para retenção de água (Zhang *et al.*, 2018). Amido, proteínas, lipídios, ou suas misturas, também estão sendo usados para produção de filmes comestíveis ou biodegradáveis, uma estratégia para reduzir o impacto ambiental decorrente do uso de embalagens não degradáveis (Nogueira *et al.*, 2018).

As principais matérias-primas fontes de amido no mundo são milho (52%), mandioca (34%), batata (7%), trigo (5%) e outras fontes (2%) (Felipe *et al.*, 2013). Entre 2016 a 2022, o mercado industrial do amido pode vir a apresentar crescimento de US\$ 106,64 bilhões (Markets and Markets, 2019).

Entre outros vegetais, os tubérculos do gênero *Dioscorea*, alimentos de excelente qualidade nutricional, de importância social e econômica, são fontes promissoras de amido (Otegbayo *et al.*, 2014; Oluwamukomi & Akinsola, 2015; Verter & Becvarova, 2014). Na Amazônia, são cultivadas *D. altissima* Lam. 1789, *D. trifida* L. 1782 e *D. alata* L. 1753, com evidência para produção comercial e consumo local, respectivamente, para *D. trifida* e *D. altissima* (Teixeira *et al.*, 2016).

A estrutura e a morfologia do amido são fatores que influenciam em importantes características funcionais e físico-químicas para as indústrias, como temperatura

de gelatinização, retrogradação, solubilidade, poder de inchamento e comportamento reológico de pastas e géis (Valcárcel-Yamani *et al.*, 2013). Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi extrair e caracterizar parcialmente o amido de *D. altissima* e *D. alata* cultivadas na Amazônia para potencial utilização industrial.

MATERIAL E MÉTODOS

MATÉRIA-PRIMA

Os tubérculos de *Dioscorea alata* e *D. altissima* analisados neste estudo são provenientes de um cultivo domiciliar localizado no bairro Planalto, na cidade de Manaus, Amazonas (3° 03' 58,0" S, 60° 03' 04,2" W). Após colheita, os tubérculos foram armazenados em caixas plásticas e conduzidos ao laboratório de Micologia Industrial e Médica, da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Os tubérculos sem danos físicos e ausentes de contaminação microbiana foram lavados em água corrente, submetidos à assepsia em solução de cloro 2% (v/v), pesados, descascados e, posteriormente, utilizados para extração do amido.

EXTRAÇÃO DO AMIDO

O amido dos tubérculos foi extraído de acordo com o método de Liporacci *et al.* (2005). Após o processo de extração, o amido foi desidratado a 40 °C, em estufa de circulação de ar forçado, por 10 h. Em seguida, a amostra foi embalada em recipiente de vidro com tampa rosqueável até a realização das análises.

DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO E TEOR DE AMIDO

Para o cálculo do rendimento do amido, foi feita a relação entre o peso inicial dos tubérculos utilizados e o peso do produto final, sendo os resultados expressos em g/100g. (Amoo *et al.*, 2014). O teor de amido total foi determinado pelo método DNS (Ácido 3,5 dinitrosalisílico) (Miller, 1959; Walter *et al.*, 2005).

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE AMILOSE E AMILOPECTINA

O conteúdo de amilose foi determinado por método colorimétrico, utilizando curva padrão de amilose (4 mg mL⁻¹). A leitura foi realizada a 590 nm e o teor de amilopectina, determinado por diferença [(100 - amilose (%))] (Martinez & Cuevas, 1989).

MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A forma e o tamanho dos grânulos de amido foram determinados por microscopia eletrônica de varredura (Quanta 250 FEI Company®), em diferentes magnitudes. Para essas análises, um volume de 100 µL das amostras diluídas em álcool etílico P.A (1:10, p/p) foi colocado no porta-amostra do MEV. O potencial de aceleração utilizado foi de 15 kV e 20 kV (Leonel & Cereda, 2002).

DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO AMIDO

Determinação do pH, acidez e atividade de água

O pH dos amidos foi aferido em medidor de pH digital (PHTEK, PHS-3E). A acidez foi determinada por titulação com solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹, utilizando-se solução alcoólica de fenolftaleína 1% (p/v) (IAL, 2008). A atividade da água foi avaliada por leitura direta em medidor de atividade água (AQUA Lab 4TEV®), a 25 °C.

Determinação da composição centesimal

A umidade foi determinada por secagem em estufa a 105 °C até obtenção do peso constante (AOAC, 2006). As proteínas foram estimadas de acordo com o método micro Kjeldahl (fator de conversão = 6,25) (AOAC, 2006). A quantificação de lipídios foi verificada por método de Bligh e Dyer. O conteúdo de cinzas foi determinado por incineração do material em forno de mufla, a 550° C (AOAC, 2006). O quantitativo de fibras totais foi obtido por digestão ácido-base, segundo o método de Weende

(AOAC, 2006). Os carboidratos totais foram estimados por diferença das demais frações centesimais e energia total calculada utilizando-se o fator de conversão de Atwater (NEPA, 2006).

Determinação de macro e microminerais

A determinação dos minerais foi realizada pelos métodos descritos em EMBRAPA (2009). O teor de fósforo foi determinado por espectrofotometria com azul de molibdênio. Cálcio, magnésio, potássio, cobre, ferro, manganês e zinco foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica. Os valores de macronutrientes (Ca, P, Mg, K) foram calculados em g kg⁻¹, e os dos micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn), em mg kg⁻¹.

Análise das propriedades tecnológicas do amido

A capacidade de absorção de água foi determinada pelo método de Beuchat *et al.* (1977). A alteração do peso da amostra foi expressa em absorção de água (%), com base em seu peso original. O método de Sosulski (1962) foi utilizado para a determinação da capacidade de absorção de gordura, e os resultados foram expressos como ganho de massa de óleo, ligado em porcentagem (%). A capacidade de inchamento foi determinada pela razão entre o peso do sedimento e o peso da amostra seca (Leach *et al.*, 1959). A densidade foi determinada pelo método de Narayana & Narasinga-Rao (1982), e a densidade aparente foi calculada em g/mL em relação à amostra. A capacidade e a estabilidade da espuma também foram determinadas de acordo com Narayana & Narasinga-Rao (1982), e os resultados foram expressos em porcentagem. A claridade da pasta foi avaliada segundo a metodologia descrita por Craig *et al.* (1989), com a transmitância (%T) determinada a 650 nm.

Teste de toxicidade *in vitro* do amido

A citotoxicidade dos amidos foi avaliada de acordo com a metodologia descrita por Ahmed *et al.* (1994), utilizando-se fibroblastos humanos (MRC5).

Análise da qualidade microbiológica do amido

Nas análises microbiológicas, foi avaliada a presença de coliformes a 45 °C de *Bacillus cereus* Frankland & Frankland 1887 e *Salmonella* sp., de acordo com os padrões microbiológicos para alimentos, estabelecidos pela Resolução de Diretoria Colegiada n. 12, de 2 de janeiro de 2001 (Brasil, 2001; Silva *et al.*, 2010).

Análise estatística

Os dados dos experimentos realizados em triplicata foram submetidos à análise estatística descritiva (tabelas, gráficos e distribuição de frequência em classes). A análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%), utilizando-se o programa Minitab, versão 16.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO E TEOR DE AMIDO

A matéria-prima vegetal, o método de extração e a composição do solo são fatores que influenciam diretamente no rendimento do processo extrativo do amido (Nunes *et al.*, 2009). Neste estudo, em média, os valores de rendimento dos amidos extraídos de *D. altissima* e *D. alata* foram 8,57 e 7,76%, respectivamente, dados significativamente diferentes. Liporacci *et al.* (2005) obtiveram resultado similar para *D. alata* (7,12%). Outros dados da literatura mostraram rendimentos de 9,30% e 13,96% para *D. alata* e *Dioscorea* sp. L. 1753, respectivamente (Durango *et al.*, 2009; Reis, R. *et al.*, 2010). As diferenças nos rendimentos dos processos extrativos de *D. alata* e *D. altissima* podem ser explicadas devido às características morfológicas das espécies. Os tubérculos de *D. alata* (Figura 1) possuem formas mais irregulares quando comparados a *D. altissima* (Figura 2), condição física que dificulta a etapa de descascamento, levando à diminuição do rendimento do amido (De Paula *et al.*, 2012).

A utilização de amido proveniente de tubérculos do gênero *Dioscorea* ainda é pouco popularizada, em razão

de a extração ser dificultada pela presença de mucilagem, o que aumenta a viscosidade e atrapalha a etapa de peneiramento (Reis, R. *et al.*, 2010).



Figura 1. Características morfológicas de tubérculos de *D. alata*. Foto: Larissa Svetlana Cavalcante Silva.



Figura 2. Características morfológicas de tubérculos de *D. altissima*. Foto: Larissa Svetlana Cavalcante Silva.

Os resultados da determinação de amido disponível, resistente e total estão descritos na Tabela 1. No presente estudo, foi verificada diferença significativa entre os teores de amido das amostras avaliadas. Em *D. altissima*, o teor de amido resistente (10,10%) foi superior quando comparado aos valores de *D. alata* (9,60%). Nesse contexto, *D. alata* destacou-se como fonte de amido total (84,63%) e disponível (75,02%).

Moongngarm (2013) verificou valores de 57,40%, 23,25% e 19,46% para os amidos total, resistente e não resistente, respectivamente, em relação a *D. alata*. Aprianita *et al.* (2009) apresentaram valores de amido resistente (68,50%) e não resistente (13,48%) para *D. alata*. Awolu & Olofinlae (2016) encontraram valor 47,39% superior de amido resistente em *D. alata*. As diferenças entre as concentrações dos tipos de amido em espécies de *Dioscorea* estão relacionadas com o formato e o tamanho dos grânulos de amidos, que influenciam na ação da α -amilase (Freitas & Tavares, 2005).

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE AMILOSE E AMILOPECTINA

As principais moléculas presentes no amido são amilose e amilopectina. A concentração de amilose em amidos nativos varia de 11 a 30%, enquanto a amilopectina está presente em maior quantidade no grânulo. A proporção desses dois polímeros depende diretamente da espécie, das condições de cultivo e da estação do ano em que foi plantado o tubérculo (Hoover *et al.*, 2010). No presente artigo, os teores de amilose e amilopectina variaram significativamente entre os amidos avaliados (Tabela 2). O conteúdo de amilose em *D. alata* (19,15%) foi superior ao encontrado em *D. altissima* (17,91%). Valores semelhantes de amilose (17,67% e 17,61%) foram observados por Jiang *et al.* (2012) em amidos de *D. nipponica* Makino 1891 e *D. bulbifera* L. 1753, respectivamente. Andrade *et al.* (2017) verificaram teores de amilose de 37,46% em amidos de *Dioscorea* sp. Riley *et al.* (2006) relataram que, em amidos de *D. alata*, a concentração de amilose variou

Tabela 1. Teores de amido disponível, resistente e total extraídos de *D. alata* e *D. altissima*. Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes pelo Teste de Tukey ($p < 0.05$)(\pm).

	Amido disponível (%)	Amido resistente (%)	Amido total (%)
<i>D. alata</i>	75,02 \pm 0,97 ^a	9,60 \pm 0,04 ^b	84,63 \pm 0,89 ^a
<i>D. altissima</i>	69,92 \pm 0,58 ^b	10,10 \pm 0,07 ^a	80,02 \pm 0,53 ^b

Tabela 2. Teores de amilose e amilopectina dos amidos de *D. alata* e *D. altissima*. Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes pelo Teste de Tukey ($p < 0.05$)(\pm).

Amido	Amilose (%)	Amilopectina (%)
<i>D. alata</i>	19,15 \pm 0,01 ^a	80,84 \pm 0,01 ^b
<i>D. altissima</i>	17,91 \pm 0,01 ^b	82,0 \pm 0,01 ^a

de 20 a 23%. O conhecimento do conteúdo de amilose presente nos grânulos de amido é importante para a indústria de embalagens, já que, na retrogradação, as moléculas de amilose tendem a estabelecer ligações de hidrogênio entre si, diminuindo a afinidade pela água e formando filmes resistentes (Mali *et al.*, 2010; Reis, R. *et al.*, 2010).

Os teores de amilopectina em *D. altissima* e *D. alata* foram 82,09% e 80,84%, respectivamente. Alobi *et al.* (2017) e Otegbayo *et al.* (2011) verificaram concentrações de 84,60% e 71,44% em amidos de *D. villosa* L. 1753 e *D. alata*, respectivamente. Amoo *et al.* (2014) observaram que, em amidos de variedades de *D. rotundata* Poirlet 1813, a concentração de amilopectina variou de 72,52% a 68,45%. Amidos contendo elevado teor de amilopectina são usados na indústria de beneficiamento da celulose para fabricação de papel e de etiquetas adesivas, pois as suas propriedades anticorrosivas mantêm a integridade do rótulo quando exposto a condições úmidas. Os amidos cerosos, constituídos por quantidades elevadas de amilopectina, são amplamente utilizados na indústria de alimentos, pois produzem géis altamente transparentes, mais resistentes às etapas de congelamento-descongelamento quando comparados com géis de amido contendo amilose (Ahmed *et al.*, 2014; Vamadevan & Bertoft, 2015).

MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura mostrou que os amidos observados possuem tamanhos diferenciados e estrutura lisa. Os grânulos de *D. alata* apresentaram formato poliédrico, com tamanho entre 16 a 29 μm (Figura 3), enquanto os de *D. altissima* são esféricos e medem de 24 a 33 μm (Figura 4). Andrade *et al.* (2017) relataram que os grânulos de *Dioscorea* sp. possuem forma elíptica e tamanho variando de 15,51 a 30,47 μm . De Paula *et al.* (2012) verificaram que os grânulos de *D. alata* são ovais, circulares e achatados, com diâmetro de 19 a 27 μm . Pérez *et al.* (2011) relataram que os amidos de *D. trifida* são ovais ou em forma de concha, e apresentam tamanho variando de 42,90 a 50,10 μm . O tamanho e a forma dos grânulos afetam diretamente as propriedades tecnológicas do amido, como gelatinização, inchaço e solubilidade (Ferreira *et al.*, 2012). Grânulos menores que possuem diferentes formas são mais facilmente digeridos pelas amilases, possuindo, assim, melhor digestibilidade (Yuan *et al.*, 2007).

DETERMINAÇÃO DO PH, ACIDEZ E ATIVIDADE DE ÁGUA

O pH e a acidez são parâmetros físico-químicos importantes para determinar a aplicação industrial do amido, pois influenciam na qualidade sensorial e na aceitação dos produtos alimentícios pelos consumidores (Chisté & Cohen, 2014).

Os valores de pH dos amidos extraídos de *D. alata* e *D. altissima* foram similares (5,5), resultado semelhante aos potenciais hidrogeniônicos dos amidos de *D. rotundata* (5,57) e *Dioscorea* sp. (5,82) (Marcano, E. & Marcano, M., 2011; Amoo *et al.*, 2014). Todavia, na investigação realizada por Alobi *et al.* (2017), em amido de *D. villosa*, foi determinado pH 7,6, resultado diferente do encontrado no presente estudo. A deterioração de produtos que apresentam valores de pH mais ácidos é mais lenta. Portanto, os amidos extraídos de *D. alata* e *D. altissima*

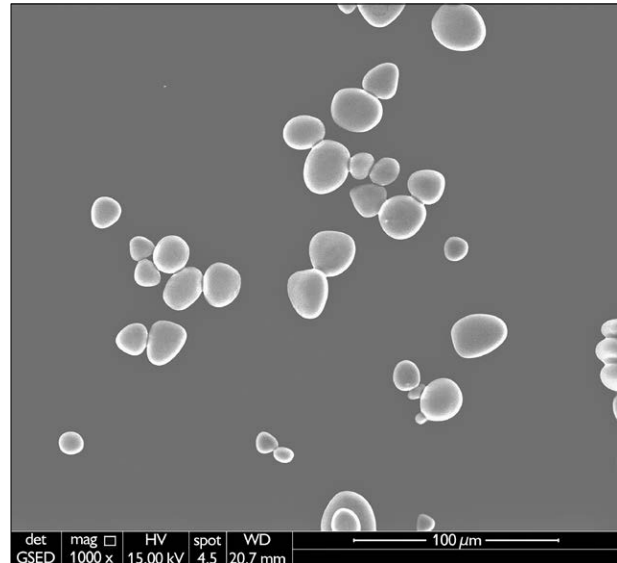


Figura 3. Micrografia eletrônica de grânulos de amido extraído de *D. alata*. Créditos: Larissa Svetlana Cavalcante Silva.

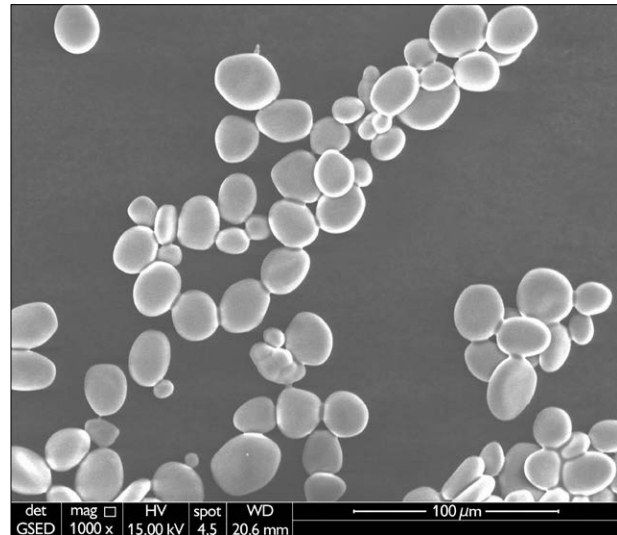


Figura 4. Micrografia eletrônica de grânulos de amido extraído de *D. altissima*. Créditos: Larissa Svetlana Cavalcante Silva.

podem ser considerados mais estáveis em relação aos que possuem pH neutro (Tavares *et al.*, 2011).

Os valores de acidez de *D. alata* e *D. altissima* foram de 0,05 mL de NaOH N/100 g. Daiuto *et al.* (2005) observaram acidez de 0,20 mL de NaOH N/100 para o amido de *D. alata*. Teores inferiores a 3,0 mL de NaOH

mol L⁻¹ 100 g⁻¹ caracterizam ausência de fermentação (Aquino *et al.*, 2016).

Em relação à atividade de água, foi verificada diferença significativa entre as amostras: os resultados variaram de 0,11 a 0,09 para *D. altissima* e *D. alata*, respectivamente. A atividade de água interfere diretamente na estabilidade físico-química e microbiológica de alimentos. Na literatura científica, está citado que 0,60 é valor-limite para o crescimento microbiano em produtos alimentícios (Carvalho *et al.*, 2012; Delgado *et al.*, 2016); além disso, na faixa de atividade de água de 0,4-0,8, há o desencadeamento de reações químicas e enzimáticas (Celestino, 2010). Nesse sentido, os amidos de *D. alata* e *D. altissima* possuem valores de atividade de água que dificultam o crescimento microbiano e o desenvolvimento de reações químicas, sendo, portanto, produtos amiláceos estáveis para uso em diversos setores industriais.

DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A Tabela 3 demonstra a composição centesimal do amido de *D. alata* e *D. altissima*. De acordo com os dados obtidos, houve diferença significativa entre as amostras avaliadas. Quando comparada a composição entre os dois amidos, *D. altissima* demonstrou valores superiores de lipídios (0,83%), fibras (0,51%), carboidratos (88,10%) e valor energético (363,10%), respectivamente. *D. alata* destacou-se nos parâmetros: umidade (13,46%), cinzas (0,11%) e proteínas (0,80%). Falade & Ayetigbo (2017) relataram valores de umidade (14,87%), cinzas (0,30%), lipídios (0,28%), proteínas (2,93%) e carboidratos (81,62%) para *D. alata*. Amoo *et al.* (2014) verificaram que a umidade e as cinzas presentes em amido de *D. rotundata* foram, respectivamente, 7,22% e 0,24%. Alobi *et al.* (2017) observaram valores de umidade e cinzas superiores em 78,26% e 53,33%, respectivamente, em relação aos encontrados no presente estudo para *D. alata*.

Em amidos, além do alto teor de carboidratos, também podem ser encontradas diferentes concentrações

Tabela 3. Composição centesimal dos amidos de *D. alata* e *D. altissima*. Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes pelo Teste de Tukey ($p < 0.05$)(\pm).

Parâmetro	<i>D. alata</i>	<i>D. altissima</i>
Umidade (%)	13,46 \pm 0,01 ^a	9,67 \pm 0,09 ^b
Cinzas (%)	0,11 \pm 0,02 ^a	0,06 \pm 0,00 ^b
Lipídios (%)	0,57 \pm 0,03 ^b	0,83 \pm 0,04 ^a
Proteínas (%)	0,80 \pm 0,01 ^a	0,77 \pm 0,00 ^b
Fibras (%)	0,44 \pm 0,01 ^b	0,51 \pm 0,01 ^a
Carboidratos (%)	84,59 \pm 0,08 ^b	88,10 \pm 0,10 ^a
Valor energético (kcal/100 g)	346,77 \pm 0,06 ^b	363,10 \pm 0,10 ^a

de lipídios, proteínas, fibras e cinzas, dependendo do método de extração e da pureza final (Aguilar & Villalobos, 2013). Os teores de umidade dos amidos de *D. alata* (13,46%) e *D. altissima* (9,67%) estão em concordância com o padrão de 18% recomendado pela RDC n. 263 para farinhas vegetais, féculas e amido (Brasil, 2005). O conteúdo de cinzas de *D. alata* (0,11%) e *D. altissima* (0,06%) também está dentro do limite de 4% para amostras de amido (Leonel *et al.*, 2003). Os baixos teores de lipídios, de proteínas e de fibras e a alta concentração de carboidratos encontrados nas amostras evidenciam a eficácia do método de extração do amido utilizado no presente estudo.

DETERMINAÇÃO DE MACRO E MICROMINERAIS

As concentrações de macrominerais foram superiores no amido de *D. alata*, exceto os teores de N. O macromineral K foi encontrado em maior concentração nos dois amidos investigados, com diferença significativa entre *D. altissima* (0,62 g kg⁻¹) e *D. alata* (0,90 g kg⁻¹). O conteúdo de P também foi expressivo, variando entre *D. altissima* (0,26 g kg⁻¹) e *D. alata* (0,51 g kg⁻¹). Em relação aos micronutrientes, os teores foram significativamente superiores no amido de *D. altissima*, com prevalência do Na (527,44 g kg⁻¹). Não foi observada presença de Cu e Mn nos dois amidos avaliados, enquanto que Fe e Zn não foram detectados no amido de *D. alata* (Tabela 4).

Tabela 4. Composição de macro e micronutrientes dos amidos de *D. alata* e *D. altissima*. Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes pelo Teste de Tukey ($p < 0.05$)(\pm).

Amido	Macronutrientes (g kg ⁻¹)						Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>D. alata</i>	0,39 ^b	0,51 ^a	0,90 ^a	0,20 ^a	0,02 ^a	0,06 ^a	395,82 ^b	0,41 ^b	0,00 ^a	0,00 ^b	0,00 ^a	0,00 ^b
<i>D. altissima</i>	0,50 ^a	0,26 ^b	0,62 ^b	0,18 ^b	0,01 ^b	0,06 ^a	527,44 ^a	1,74 ^a	0,00 ^a	4,21 ^a	0,00 ^a	11,47 ^a

Oko & Famurewa (2015) também verificaram que o K foi o macromineral predominante no amido de *D. purpurea* Roxb. 1832 (0,134 g kg⁻¹), seguido de P (0,11 g kg⁻¹) e de Na determinado na concentração de 18,38 mg kg⁻¹. Andrade *et al.* (2017) reportaram valores de P (0,40 g kg⁻¹), mas não encontraram a presença de K e Mn em amidos de *Dioscorea* sp. Pérez *et al.* (2011) relataram valores de 0,3 g kg⁻¹ para amido de *D. trifida*. O fósforo, um mineral predominante em amidos de diferentes fontes botânicas, interfere diretamente nas propriedades tecnológicas, como poder de inchamento, capacidade de absorção de água, claridade da pasta, gelatinização e retrogradação (Otegbayo *et al.*, 2011). As diferenças na concentração de minerais presentes nos amidos estão relacionadas com a variedade genética de cada espécie, método de extração, tempo e condições de armazenamento (Robertson *et al.*, 2018).

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DOS AMIDOS

Os resultados da análise das propriedades tecnológicas dos amidos avaliados estão expressos na Tabela 5. No presente estudo, o amido de *D. alata* se destacou nos seguintes parâmetros: absorção de água (85,73 g 100 g⁻¹), absorção de óleo (67,13 g 100g⁻¹), estabilidade da espuma (100%) e claridade da pasta (2,87%). Por outro lado, capacidade de inchamento (4,07 g g⁻¹) e densidade aparente (0,87 g mL⁻¹) foram superiores nos amidos de *D. altissima*.

A absorção significativa de água em amido de *D. alata* pode ser explicada devido ao elevado teor de fósforo

presente na amostra, visto que as cargas negativas dos grupos fosfato se repelem, promovendo a entrada de água no grânulo, o que interfere diretamente nas suas propriedades funcionais (Limberguer *et al.*, 2008). Segundo Souza *et al.* (2008), o amido com elevada capacidade de absorção de água pode ser utilizado na fabricação de produtos que necessitam de maciez e maior rendimento, como carnes, pães e massas.

A absorção de óleo nas amostras de *D. alata* está relacionada ao maior teor de proteínas presentes no amido, devido à afinidade entre os sítios peptídicos apolares e as cadeias hidrofóbicas do óleo (Fiorda *et al.*, 2013). Mendonza *et al.* (2017) citam que o amido de *D. alata* apresentou 74,82% e *D. bulbifera* obteve 81% de absorção de óleo, valores superiores aos encontrados neste estudo. Esta propriedade é importante para a indústria alimentícia, visto que a gordura melhora o sabor e a textura dos alimentos. Amidos com elevada capacidade de absorção de gorduras são indicados para formulações de produtos à base de carne, panqueca, alimentos cozidos e sopas (Nina *et al.*, 2017).

A capacidade de inchamento (4,07 g 100 g⁻¹) e a densidade aparente (0,87 g mL⁻¹) foram superiores no amido de *D. altissima*. Estes resultados podem ser explicados devido ao maior teor de amilopectina, o que favorece entrada de água e maior inchamento do grânulo (Hernández-Medina *et al.*, 2008). Além disso, a elevada massa molecular da amilopectina forma grânulos mais pesados e compactos, que ocupam menos volume e resultam em maior densidade aparente (Tonon *et al.*, 2013). Segundo Nunes *et al.* (2009), os amidos mais densos decantam em menor tempo nos aparelhos extratores,

Tabela 5. Propriedades tecnológicas dos amidos de *D. alata* e *D. altissima*. Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes pelo Teste de Tukey ($p < 0.05$)/(±).

Propriedades tecnológicas	Amido	
	<i>Dioscorea alata</i>	<i>Dioscorea altissima</i>
Absorção de água (g 100 g ⁻¹)	85,73 ± 0,25 ^a	73,86 ± 0,15 ^b
Absorção de óleo (g 100 g ⁻¹)	67,13 ± 0,32 ^a	62,23 ± 0,30 ^b
Capacidade de inchaço (g g ⁻¹)	3,46 ± 0,04 ^b	4,07 ± 0,11 ^a
Densidade aparente (g mL ⁻¹)	0,80 ± 0,01 ^b	0,87 ± 0,02 ^a
Capacidade da espuma (%)	2,00 ± 0,00 ^a	2,00 ± 0,00 ^a
Estabilidade da espuma (%)	100 ± 0,00 ^a	96 ± 0,00 ^b
Clareza da pasta (%)	2,87 ± 0,10 ^a	2,14 ± 0,11 ^b

parâmetro tecnológico que influencia positivamente nos custos de produção.

Neste estudo, não foi verificada diferença na capacidade de formação de espumas entre os amidos de *D. alata* e *D. altissima*. Entretanto, a estabilidade da espuma do amido de *D. alata* foi 4% superior em relação à de *D. altissima*. A capacidade de formação e de manutenção da espuma é altamente dependente da concentração de proteínas. Nesse sentido, os baixos valores destes parâmetros provavelmente se devem aos quantitativos reduzidos de proteínas encontrados nos amidos de *D. alata* e *D. altissima*.

A produção de espuma envolve a geração de um filme de proteína em torno de uma bolha de gás e o empacotamento de bolhas de gás em uma estrutura geral (Farrag *et al.*, 2008). As matérias-primas alimentícias ricas em proteínas flexíveis, capazes de se adaptar a interface ar-líquido e formar ligações hidrofóbicas na superfície, são indicadas para aplicação no setor alimentício (Santana *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2000).

A estabilidade de espuma se relaciona com a capacidade das proteínas em se estabilizarem contra forças gravitacionais e mecânicas (Chandra *et al.*, 2015). A capacidade de formação e de manutenção de espumas estáveis depende do tipo e da concentração de proteínas, do grau de desnaturação proteica, do pH, da temperatura e da concentração de sal (Akubor, 2017). Matérias-primas

alimentícias com elevada capacidade de formação de espumas estáveis e consistentes são usadas para melhorar a textura, a consistência e a aparência dos alimentos, sendo indicadas para elaboração de bolos, sobremesas, sorvetes e pães (Nina *et al.*, 2017).

Com relação à clareza das pastas, foram determinadas as transmitâncias de 2,87% e 2,14% para *D. alata* e *D. altissima*, respectivamente. Mendonza *et al.* (2017) determinaram transmitância de 0,46% e 0,61% para amidos de *D. alata*, resultados que indicam maior opacidade, quando comparados com os amidos do presente estudo. Entretanto, Techeira *et al.* (2014) obtiveram valores de 10 e 11% de transmitância para outras variedades de *Dioscorea*. Os setores de panificação, de bebidas concentradas e de carnes processadas podem utilizar amidos que possuam esta característica, pois não precisam de pastas claras para formulação do produto (Hernández-Medina *et al.*, 2008).

TESTE DE TOXICIDADE *IN VITRO* DO AMIDO

Os amidos de *D. alata* e *D. altissima* não expressaram toxicidade quando testados contra fibroblastos MRC-5 (Figura 5). Estatisticamente, não houve diferença significativa na viabilidade celular entre *D. altissima* (97,7%) e *D. alata* (97,9%). Estes resultados indicam que os amidos avaliados não apresentam toxicidade e podem ser utilizados com segurança em diferentes setores industriais.

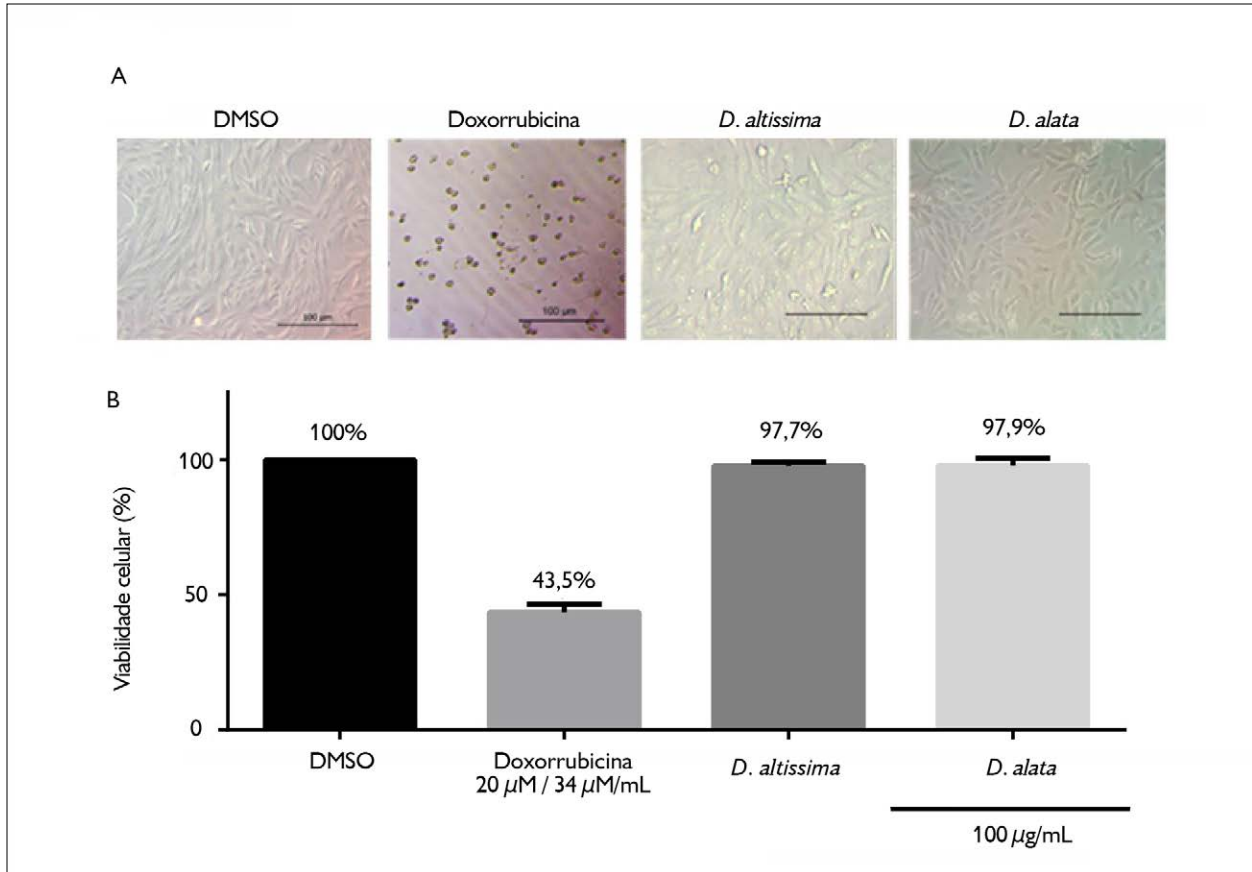


Figura 5. Resultado do ensaio de citotoxicidade dos extratos em fibroblastos humanos (MRC-5) após 72 horas de tratamento: A) MRC-5 após tratamento com DMSO, doxorubicina, extrato de amido de *D. altissima* e *D. alata*; B) DMSO (controle negativo, 0,01%), doxorubicina (controle positivo, 20 μ M ou 34 μ g/mL), viabilidade celular do extrato de amido de *D. altissima* e *D. alata*. Créditos: Leilane Bentes de Sousa e Marne Carvalho de Vasconcelos.

ANÁLISE DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO AMIDO

Na análise microbiológica dos amidos, não foi verificada presença de coliformes a 45 °C de *Bacillus cereus* e *Salmonella* sp. A RDC n. 12, de 2 de janeiro de 2001, preconiza as seguintes contagens microbianas para amido: *B. cereus* (3×10^3 UFC/g), coliformes a 45 °C (1×10^2 UFC/g) e *Salmonella* sp. (ausência em 25 g). Os resultados obtidos no presente estudo indicam que os amidos de *D. alata* e *D. altissima* foram elaborados de acordo com as boas práticas de fabricação de alimentos e atendem aos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação vigente.

CONCLUSÕES

O amido de *D. alata* e *D. altissima*, espécies cultivadas no bioma amazônico, não é tóxico, tem rendimento promissor, propriedades funcionais e tecnológicas adequadas para uso na indústria de embalagens e como matéria-prima na indústria de alimentos, na elaboração de sopas, massas, pães e produtos à base de carnes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Micologia Industrial e Médica da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), ao Programa de Pós-Graduação Rede de Biodiversidade

e Biotecnologia da Amazônia Legal (BIONORTE) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pelo apoio técnico, científico e financeiro.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, P. V. & D. H. VILLALOBOS, 2013. Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. **Tecnología en Marcha** 26(1): 37-45.

AHMED, S. A., R. M. GOGAL & J. E. WALSH, 1994. A new rapid and simple non-radioactive assay to monitor and determine the proliferation of lymphocytes: an alternative to [³H] thymidine incorporation assay. **Journal of Immunological Methods** 170(2): 211-224. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-1759\(94\)90396-4](https://doi.org/10.1016/0022-1759(94)90396-4).

AHMED, R., L. ZHONGYI, M. K. MORELL & S. A. JOBLING, 2014. Genetically modified starch: state of art and perspectives. In: P. J. HALLEY & L. AVÉROUS (Ed.): **Starch polymers from genetic engineering to green applications**: 13-29. Elsevier, Oxford. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53730-0.00019-1>.

AKUBOR, P. I., 2017. Effect of processing methods on the chemical composition and functional properties of pigeon pea seed. **Asian Journal of Advances in Agricultural Research** 2(2): 1-8. DOI: <https://doi.org/10.9734/AJAAR/2017/35640>.

ALABI, N. O., E. A. SUNDAY, O. MAGU, O. OLOKO & E. NYONG, 2017. Analysis of starch from non-edible root and tubers as sources of raw materials for the synthesis of biodegradable starch plastics. **Journal of Basic and Applied Research** 3(1): 27-32.

AMOO, A. R. N., W.-M. F. DUFIE & O. IBOK, 2014. Physicochemical and pasting properties of starch extracted from four yam varieties. **Journal of Food and Nutrition Sciences** 2(6): 262-269. DOI: <http://dx.doi.org/10.11648/j.jfns.20140206.14>.

ANDRADE, L. A., N. A. BARBOSA & J. PEREIRA, 2017. Extraction and properties of starches from the non-traditional vegetables yam and taro. **Polímeros** 27(2): 151-157. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-1428.04216>.

APRIANITA, A., U. PURWANDARI, B. WATSON & T. VASILJEVIC, 2009. Physico-chemical properties of flours and starches from selected commercial tubers available in Australia. **International Food Research Journal** 16: 507-520.

AQUINO, A. C. M. S., V. M. GERVIN & E. R. AMANTE, 2016. Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina. **Brazilian Journal of Food Technology** 19: e2015055. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.5515>.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC), 2006. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**: 1-1141. AOAC, Arlington.

AWOLU, O. O. & S. J. OLOFINLAE, 2016. Physico-chemical, functional and pasting properties of native and chemically modified water yam (*Dioscorea alata*) starch and production of water yam starch-based yoghurt. **Starch** 68(7-8): 719-726. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.201500302>.

BEUCHAT, L. R., 1977. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 25(2): 258-261. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf60210a044>.

BRASIL, 2001. Resolução de Diretoria Colegiada n. 12, de 2 de janeiro de 2001. Estabelece padrões microbiológicos de alimentos. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Diário Oficial da União**, 10 de janeiro de 2001. Disponível em: http://bvms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012_02_01_2001.html. Acesso em: 28 dezembro 2018.

BRASIL, 2005. Resolução de Diretoria Colegiada n. 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Diário Oficial da União**, 23 de setembro de 2005. Disponível em: http://bvms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html. Acesso em: 28 dezembro 2018.

CARVALHO, A. V., P. Z. BASSINELLO, R. A. MATTIETO, R. N. CARVALHO, A. O. RIOS & L. L. SECCADIO, 2012. Processamento e caracterização de *snack* extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. **Brazilian Journal of Food Technology** 15(1): 72-83. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012000100008>.

CELESTINO, S. M. C., 2010. **Princípios de secagem dos alimentos**: 1-51. EMBRAPA Cerrados, Planaltina.

CHANDRA, S., S. SINGH & D. KUMARI, 2015. Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. **Journal of Food Science and Technology** 52(6): 3681-3688. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1427-2>.

CHISTÉ, R. C. & K. O. COHEN, 2014. Comportamento da acidez total e amido na produção da farinha de mandioca do grupo seca. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial** 1(2): 17-25. DOI: <https://doi.org/10.3895/S1981-36862007000200003>.

CRAIG, S. A. S., S. A. S. RAIG, C. C. MANINGAT, P. A. SEIB & R. C. HOSENEY, 1989. Starch paste clarity. **Cereal Chemistry** 66(3): 173-182.

DAIUTO, E., M. CEREDA, S. SARMENTO & O. VILPOUX, 2005. Effects of extraction methods on yam (*Dioscorea alata*) starch characteristics. **Starch** 57(3-4): 153-160. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.200400324>.

DE PAULA, C., M. PIROZI, M. PUIATTI, J. T. BORGES & A. M. DURANGO, 2012. Características físico-químicas e morfológicas de rizóforos de inhame (*Dioscorea alata*). **Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial** 10(2): 61-70.



- DELGADO, T., E. RAMALHOSA, J. A. PEREIRA & S. CASAL, 2016. Avaliação das propriedades nutricionais e sensoriais de *snacks* de castanha (*Castanea sativa* Mill.). **Riscos e Alimentos** (11): 32-61.
- DURANGO, A. M., N. F. F. SOARES & N. J. ANDRADE, 2009. Extração e caracterização do amido de inhame e desenvolvimento de filmes comestíveis antimicrobianos. **Revista Temas Agrários** 14(2): 1-18. DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v14i2.672>.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 2009. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**: 1-627. EMBRAPA, Brasília.
- FALADE, K. O. & O. E. AYETIGBO, 2017. Effects of tempering (annealing), acid hydrolysis, low-citric acid substitution on chemical and physicochemical properties of starches of four yam (*Dioscorea* spp.) cultivars. **Journal of Food Science and Technology** 54(6): 1455-1466. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2568-x>.
- FARRAG, A. F., 2008. Emulsifying and foaming properties of whey protein concentrates in the presence of some carbohydrates. **International Journal of Dairy Science** 3(1): 20-28. DOI: <https://doi.org/10.3923/ijds.2008.20.28>.
- FELIPE, F. I., L. R. A. ALVES & R. M. VIEIRA, 2013. Fécula de mandioca: produção na Tailândia versus Brasil. **Agroanalysis** 33(3): 28.
- FERREIRA, R. E., A. B. SOUZA, J. R. U. SANTOS, F. P. COLLARES-QUEIROZ & C. J. STEEL, 2012. Chemical and morphological evaluation of starches from legumes and application of the extraction residues in expanded extruded snacks. **Alimentação e Nutrição Araraquara** 23(2): 171-178.
- FIORDA, F. A., M. S. S. JÚNIOR, F. A. SILVA, L. R. F. SOUTO & M. V. E. GROSSMANN, 2013. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 43(4): 408-416. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632013000400005>.
- FREITAS, M. C. J. & D. Q. TAVARES, 2005. Caracterização do grânulo de amido de bananas (*Musa* AAA-nanicão e *Musa* AAB-terra). **Food Science and Technology** 25(2): 217-222. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612005000200005>.
- HERNÁNDEZ-MEDINA, M., J. G. TORRUCO-UCO, L. CHEL-GUERRERO & D. BETANCUR-ANCONA, 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. **Food Science and Technology** 28(3): 718-726. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>.
- HOOVER, R., T. HUGHES, H. J. CHUNG & Q. LIU, 2010. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: a review. **Food Research International** 43(2): 399-413. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.001>.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL), 2008. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**: 1-1020. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo.
- JIANG, Q., W. GAO, X. LI, Y. XIA, H. WANG, S. WU, L. HUANG, C. X. LIU & P. XIAO, 2012. Characterizations of starches isolated from five different *Dioscorea* L. species. **Food Hydrocolloids** 29(1): 35-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.01.011>.
- LEACH, H. W., L. D. MCCOWEN & T. J. SCHOCH, 1959. Structure of starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry** 36: 534-544.
- LEONEL, M. & M. P. CEREDA, 2002. Extração e caracterização do amido de Biri (*Canna edulis*). **Brazilian Journal of Food Technology** 5: 27-32.
- LEONEL, M., S. B. S. SARMENTO, M. P. CEREDA & F. L. A. CÂMARA, 2003. Extração e caracterização de amido de jacatupé (*Pachyrhizus ahipa*). **Food Science and Technology** 23(3): 362-365. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612003000300011>.
- LIMBERGUER, V. M., L. P. SILVA, T. EMANUELLI, C. G. COMARELA & L. P. PATIAS, 2008. Modificação química e física do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos. **Química Nova** 31(1): 84-88. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422008000100018>.
- LIPORACCI, J. S. N., S. MALI & M. V. E. GROSSMANN, 2005. Effects of extraction method on chemical composition and functional properties of yam starch (*Dioscorea alata*). **Semina: Ciências Agrárias** 26(3): 345-352. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2005v26n3p345>.
- MALI, S., M. V. E. GROSSMANN & F. YAMASHITA, 2010. Starch films: production, properties and potential of utilization. **Semina: Ciências Agrárias** 31(1): 137-156. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n1p137>.
- MARCANO, E. S. & M. MARCANO, 2011. La harina de ñame (*Dioscorea alata*), un ingrediente potencial en la elaboración de productos de panadería. **Saber** 23(2): 134-140.
- MARKETS AND MARKETS, 2019. **Industrial starch market by type (native, starch derivatives & sweeteners), source (corn, wheat, cassava, potato), application (food, feed, paper making & corrugation, pharmaceutical), form (dry, liquid), and region - Global Forecast to 2022**. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/industrial-starch-market-104251261.html>. Acesso em: 9 janeiro 2019.
- MARTINEZ, C. & F. CUEVAS, 1989. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz**: guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad auditorial sobre el mismo tema: 1-73. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali.
- MENDONZA, J. G. S., C. A. R. MEDINA, E. J. L. RIVERA, A. M. G. LÓPEZ & M. A. C. RICARDO, 2017. Análisis de las propiedades funcionales. In: J. G. S. MENDOZA, J. A. F. FLÓREZ & E. J. H. RAMOS (Ed.): **Agroindustria de productos amiláceos II**: métodos y técnicas de caracterización: 61-80. Universidad de Sucre, Colombia.

- MILLER, G. L., 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry** 31(3): 426-428. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>.
- MOONGNGARM, A., 2013. Chemical compositions and resistant starch content in starchy foods. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences** 8(2): 107-113. DOI: <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2013.107.113>.
- NARAYANA, K. & M. S. NARASINGARAO, 1982. Functional properties of raw and heat processed winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) flour. **Journal of Food Science** 47(5): 1534-1538. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb04976.x>.
- NINA, K. C. J., D. C. GHISLAINE, K. K. HUBERT, A. Y. D. PATRICE, K. L. PATRICE & K. ALPHONSE, 2017. Biochemical and functional properties of yam flour during the post-harvest conservation of *Dioscorea alata* cultivar – Azaguié. **Current Journal of Applied Science and Technology** 21(6): 1-10. DOI: <https://doi.org/10.9734/CJAST/2017/32404>.
- NOGUEIRA, G. F., F. M. FAKHOURI & R. A. OLIVEIRA, 2018. Effect of incorporation of blackberry particles on the physicochemical properties of edible films of arrowroot starch. **Drying Technology** 37(4): 448-457. DOI: <https://doi.org/10.1080/007373937.2018.1441153>.
- NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO (NEPA), 2006. **Tabela brasileira de composição de alimentos (TACO)**: 1-105. UNICAMP, Campinas.
- NUNES, L. B., W. J. SANTOS & R. S. CRUZ, 2009. Rendimento de extração e caracterização química e funcional de féculas de mandioca da região do semiárido baiano. **Alimentos e Nutrição Araraquara** 20(1): 129-134.
- OKO, A. O. & A. C. FAMUREWA, 2015. Estimation of nutritional and starch characteristics of *Dioscorea alata* (Water yam) varieties commonly cultivated in the South-Eastern Nigeria. **British Journal of Applied Science and Technology** 6(2): 145-152. DOI: <http://dx.doi.org/10.9734/BJAST/2015/14095>.
- OLUWAMUKOMI, M. O. & O. O. AKINSOLA, 2015. Thermal and physicochemical properties of some starchy foods: yam (*Dioscorea rotundata*), Cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) and Plantain (*Musa paradisiaca*). **Food Science and Technology** 3(1): 9-17. DOI: <https://doi.org/10.13189/fst.2015.030102>.
- OTEBAYO, B., M. BOKANGA & R. ASIEDU, 2011. Physicochemical properties of yam starch: effect on textural quality of yam food product (pounded yam). **Journal of Food, Agriculture & Environment** 9(1): 145-150.
- OTEBAYO, B., D. OGUNIYAN & O. AKINWUMI, 2014. Physicochemical and functional characterization for potential industrial applications. **Starch** 66(3-4): 235-250. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.201300056>.
- PÉREZ, E., O. GIBERT, A. ROLLAND-SABATÉ, Y. JIMÉNEZ, T. SÁNCHEZ, A. GIRALDO, B. PONTOIRE, S. GUILOIS, M. C. LAHON, M. REYNES & D. DUFOUR, 2011. Physicochemical, functional, and macromolecular properties of waxy yam starches discovered from “Mapuey” (*Dioscorea trifida*) genotypes in the Venezuelan Amazon. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 59(1): 263-273. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf100418r>.
- POLESI, L. F., S. B. S. SARMENTO, J. MORAES, C. M. L. FRANCO & S. G. CANNIATTI-BRAZACA, 2016. Physicochemical and structural characteristics of rice starch modified by irradiation. **Food Chemistry** 191: 59-66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.055>.
- REIS, R. C., D. P. R. ASCHERI & I. A. DEVILLA, 2010. Propriedades físicas do tubérculo e propriedades químicas e funcionais do amido de inhame (*Dioscorea* sp.) cultivar São Bento. **Agrotecnologia** 1(1): 71-88. DOI: <https://doi.org/10.12971/2179-5959.v01n01a05>.
- REIS, J. S., R. C. S. OGOSHI, J. FRANÇA, M. L. FIGUEIREDO, L. A. BORGES & M. G. ZANGERONIMO, 2017. Amido resistente, um potencial ingrediente para ser considerado em alimentos funcionais para cães. **Archivos de Zootecnia** 66(256): 639-648. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v66i256.2783>.
- RILEY, C. K., A. O. WHEATLEY & H. N. ASEMOTA, 2006. Isolation and characterization of starches from eight *Dioscorea alata* cultivars grown in Jamaica. **African Journal of Biotechnology** 5(17): 1528-1536.
- ROBERTSON, T. M., A. Z. ALZAABI, M. D. ROBERTSON & B. A. FIELDING, 2018. Starchy carbohydrates in a healthy diet: the role of the humble potato. **Nutrients** 10(11): 1764. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10111764>.
- SANTANA, G. S., J. G. O. FILHO & M. B. EGEA, 2017. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Journal of Neotropical Agriculture** 4(2): 88-95. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v4i2.1549>.
- SILVA, N., V. C. A. JUNQUEIRA, N. F. A. SILVEIRA, M. H. TANIWAKI, R. A. R. GOMES & M. M. OKAZAKI, 2010. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**: 1-624. Blucher, São Paulo.
- SOSULSKI, F. W., 1962. The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats. **Cereal Chemistry** 39(4): 344-350.
- SOUZA, M. W. S., T. B. O. FERREIRA & I. F. R. VIEIRA, 2008. Composição centesimal e propriedades funcionais tecnológicas da farinha da casca do maracujá. **Alimentos e Nutrição Araraquara** 19(1): 33-36.
- TAO, K., C. LI, W. YU, R. G. GILBERT & E. LI, 2018. How amylose molecular fine structure of rice starch affects functional properties. **Carbohydrate Polymers** 204: 24-31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.09.078>.

- TAVARES, S. A., J. PEREIRA, M. C. GUERREIRO, C. J. PIMENTA, L. PEREIRA & S. V. MISSAGIA, 2011. Caracterização físico-química da mucilagem de inhame liofilizada. **Ciência e Agrotecnologia** 35(5): 973-979. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000500015>.
- TECHEIRA, N., L. SÍVOLI, B. PERDOMO, A. RAMÍREZ & F. SOSA, 2014. Caracterización físicoquímica, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), batata (*Ipomoea batatas* Lam.) y ñame (*Dioscorea alata*), cultivadas en Venezuela. **Interciencia** 39(3): 191-197.
- TEIXEIRA, L. S., S. R. MARTIM, L. S. C. SILVA, V. F. KINUPP, M. F. S. TEIXEIRA & A. L. F. PORTO, 2016. Efficiency of Amazonian tubers flours in modulating gut microbiota of male rats. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 38(Part A): 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.08.015>.
- TONON, R. V., C. BRABET & M. D. HUBINGER, 2013. Aplicação da secagem por atomização para obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. **Inclusão Social** 6(2): 70-76.
- VALCÁRCEL-YAMANI, B., G. G. RONDÁN-SANABRIA & F. FINARDI-FILHO, 2013. The physical, chemical and functional characterization of starches from Andean tubers: oca (*Oxalis tuberosa* Molina), olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) and mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón). **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences** 49(3): 453-464. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-82502013000300007>.
- VAMADEVAN, V. & E. BERTOFT, 2015. Structure-function relationships of starch components. **Starch** 67(1-2): 55-68. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.201400188>.
- VERTER, N. & V. BECVAROVA, 2014. Yam production as pillar of food security in logo local government area of Benue State, Nigeria. **European Scientific Journal** 10(31): 27-42.
- WALTER, M., L. P. SILVA & D. M. X. PERDOMO, 2005. Amido disponível e resistente em alimentos: adaptação do método da AOAC 996.11. **Alimentos e Nutrição Araraquara** 16(1): 39-46.
- WANG, S. H., L. H. MAIA, L. C. CABRAL, R. GERMANI & J. T. S. BORGES, 2000. Influência da proporção arroz:soja sobre a solubilidade e as propriedades espumantes dos mingaus desidratados. **Food Science and Technology** 20(1): 83-89. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612000000100016>.
- YUAN, Y., L. ZHANG, Y. DAÍ & J. YU, 2007. Physicochemical properties of starch obtained from *Dioscorea nipponica* Makino comparison with other tuber starches. **Journal of Food Engineering** 82(4): 436-442. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.02.055>.
- ZHANG, B., K. GUO, L. LIN & C. WEI, 2018. Comparison of structural and functional properties of starches from the rhizome and bulbil of chinese yam (*Dioscorea opposite* Thunb.). **Molecules** 23(2): 427. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules23020427>.