

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO TECNOLÓGICO
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

SAMIRIA DE JESUS LOPES SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO
AMIDO DE CARÁ-ROXO (*Dioscorea trifida*) OBTIDO
POR DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRAÇÃO**

BELÉM

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO TECNOLÓGICO
PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

SAMIRIA DE JESUS LOPES SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO
AMIDO DE CARÁ-ROXO (*Dioscorea trifida*) OBTIDO
POR DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADORA:

Profa. Dra. Luíza Helena Meller da Silva

BELÉM

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO TECNOLÓGICO
PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

SAMIRIA DE JESUS LOPES SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO
AMIDO DE CARÁ-ROXO (*Dioscorea trifida*) OBTIDO
POR DIFERENTES METÓDOS DE EXTRAÇÃO**

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Luiza Helena Meller da Silva
FEA/ITEC/UFPA- Orientadora

Profa. Dra. Alessandra dos Santos Lopes
FEA/ITEC/UFPA – Membro interno

Prof. Dr. Rosinelson da Silva Pena
FEA/ITEC/UFPA – Membro interno

Profa. Dra. Edna Regina Amante
UFSC – Membro externo

Este trabalho é dedicado a Deus, Emídio e
Lildemar Santos, meus pais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, sempre Ele a fonte da vida, da verdadeira paz, sabedoria e amor que me sustenta todos os dias.

Aos meus pais, Emídio e Lildemar, pela dedicação, compreensão, todas as lágrimas e por toda luta em todos os momentos.

À minha orientadora, prof. Dra. Luiza Meller, pela orientação segura, pela confiança e dedicação em fazer o melhor pelo nosso trabalho.

Ao prof. Dr. Antônio Rodrigues, por todas as sugestões e ensinamentos nestes anos.

Aos professores Dr. Rosinelson da Silva Pena e a Dra. Alessandra Santos Lopes pelas várias cooperações e orientações neste trabalho.

À professora Dra. Edna Amante, que nos acolheu com tanta disponibilidade em seu laboratório, proporcionando o intercâmbio UFSC-UFPA mais uma vez com grande motivação e vigor.

Aos amigos do Laboratório de Frutas e Hortaliças (LFH – UFSC) pelo acolhimento e ensinamentos partilhados, Suliana, Catarina, Karolina, Lucas. Também, aos amigos, Ricardo, Pedro, a tia Raquel por nos receberem e auxiliarem, durante nossa viagem à Florianópolis.

Aos amigos do Laboratório de Medidas Físicas dos Alimentos (LAMEFI), todos com “selo de qualidade LAMEFI”, cada um com seus conhecimentos, puderam fazer parte deste trabalho.

Ao Wanderson Damião e todos da sua família, pelo apoio e acolhimento, sendo minha família nestes meses.

Aos amigos do “Residencial Maranhão”, pelos conhecimentos também partilhados e por me receberem sem reservas.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que, direta ou indiretamente, tornaram este sonho, uma realidade.

“Paciência e perseverança têm o efeito mágico de fazer as dificuldades desaparecerem e os obstáculos sumirem”.

John Quiney Adams

RESUMO

O cará ou inhame pertence à espécie *Dioscorea trifida*, possui atividades antidiarreica, antitussígena, hipoglicêmica, anti-inflamatória; rico em carboidratos, minerais e vitaminas do complexo B. Com destaque para seu teor de carboidratos, especialmente o amido, é uma reserva energética dos vegetais e fonte de carboidratos na dieta humana. Novas tecnologias que visam a extração de amido contribuem para o surgimento de estudos que avaliem fontes alternativas de amido não convencionais. O objetivo deste trabalho foi obter amido a partir de cará-roxo (*Dioscorea trifida*) utilizando dois métodos de extração, alcalina (1) e aquosa (2), a fim de compreender as características estruturais do amido de forma a indicar possíveis aplicações para a indústria de alimentos. Foram determinadas as propriedades físico-químicas, funcionais e propriedades da pasta para o amido resultante das duas extrações. Os espectros no infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR) e a morfologia dos grânulos por microscopia eletrônica de varredura (MEV) também foram determinados. O amido obtido pela extração alcalina (NaOH 0,1%) apresentou maior rendimento 7,3%; maior absorção de água, temperatura de pasta de 82 °C, temperatura de gelatinização de 90 °C, menor poder de inchamento e solubilidade quando comparado ao amido obtido na extração aquosa. Em relação ao amido obtido na extração aquosa, apresentou maior absorção de óleo, menor perda de água nos ciclos de congelamento e descongelamento, propriedades de pasta semelhantes ao amido 1. Nos dois processos os amidos obtidos exibiram padrão de difração do tipo B. Conclui-se que o amido das duas extrações apresentaram características semelhantes e interessantes para processos na indústria alimentícia. Contudo, o processo de extração alcalino mostrou-se significativamente mais interessante considerando seu rendimento e grau de pureza.

Palavras-chave: inhame, amido, extração, tecnologia de alimentos.

ABSTRACT

The yams or yam belongs to the species *Dioscorea trifida*, has anti-diarrheal activities, antitussive, hypoglycemic, anti-inflammatory; rich in carbohydrates, minerals and vitamins B. Highlighting its carbohydrate content, especially starch, it is an energy reserve of plant and source of carbohydrates in the human diet. New technologies that aim to starch extraction contribute to the emergence of studies evaluating alternative sources of non-conventional starch. The aim of this study was to obtain starch from yams-purple (*Dioscorea trifida*) using two methods of extraction, alkaline (1) and water (2) in order to understand the structural characteristics of starch to indicate possible applications for food industry. They determined the physicochemical properties, functional and folder properties to the resulting starch of the two extractions. The infrared spectra Fourier transform (FT-IR) and the granule morphology by scanning electron microscopy (SEM) were also determined. The starch obtained by alkaline extraction (0.1% NaOH) showed higher yield 7.3%; higher absorption of water, pulp temperature of 82 ° C, gelation temperature 90 ° C lower power swelling and solubility when compared to starch obtained from aqueous extraction. Regarding the obtained starch in the aqueous extract showed higher oil absorption, lower water loss during cycles of freezing and thawing, paste properties similar to starch 1. In both cases standard starches obtained exhibited diffraction-type B. It is concluded that the starch of the two extractions were similar and interesting features for processes in the food industry. However, the alkali extraction process was significantly more interesting considering their yield and purity.

Keywords: yam, starch extraction, food technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A) Estrutura da amilose - polímero linear composto por D-glicoses unidas em α -(1-4). B) Estrutura da amilopectina - polímero ramificado composto por D-glicoses unidas em α -(1-4) e α -(1-6).	20
Figura 2. Diagrama da estrutura molecular da amilopectina em forma de Cachos (clusters)	21
Figura 3. Representação esquemática do grânulo de amido de: a) trigo; b) batata; c) milho e d) mandioca.	23
Figura 4. Microscopia eletrônica de varredura de amidos de (A) cará (<i>Dioscorea alata</i> L. var. <i>Dasan</i>), (B) taro (<i>Colocasia esculenta</i> L. var. <i>Betelnut</i>) e (C) de batata-doce (<i>Ipomoea batata</i> L. var. TN 57) amidos	24
Figura 6. Espectro de FTIR amido de cará-roxo (<i>Dioscorea trifida</i>) - extração alcalina.....	43
Figura 7. Espectro de amido de cará-roxo (<i>Dioscorea trifida</i>) - extração com água	44
Figura 8. Microscopia eletrônica de varredura de amido de cará-roxo (<i>Dioscorea trifida</i>).....	47
Figura 9. Poder de Inchamento de amidos de cará-roxo (<i>Dioscorea trifida</i>).....	48
Figura 9. Solubilidade de amidos de cará-roxo (<i>Dioscorea trifida</i>).....	49
Figura 10. Capacidade de absorção de água e óleo de amidos de cará-roxo (<i>Dioscorea trifida</i>).....	50
Figura 11. Ciclo de Congelamento e Descongelação de Amidos de Cará-roxo (<i>Dioscorea trifida</i>).....	52
Figura 12. Curvas dos perfis viscoamilográficos de amidos de cará-roxo extraídos por dois diferentes métodos	55
Figura 13. Curva de DSC de amido de cará-roxo extraído por tratamento alcalino.	58
Figura 14. Curva de DSC de amido de cará-roxo extraído por tratamento aquoso.....	58
Figura 15. Curva de TG amido de cará-roxo por extração alcalina.	59
Figura 16. Curva de TG de amido de cará-roxo por extração aquosa.	60
Figura 17. Difratoograma de raio x de amido de cará-roxo por extração alcalina.	61
Figura 18. Difratoograma de raio x de amido de cará-roxo por extração aquosa.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da polpa de cará-roxo (<i>dioscorea trifida</i>)	39
Tabela 2. Parâmetros físico-químicos de amidos de cará-roxo (<i>dioscorea trifida</i>)	40
Tabela 3. Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) para amidos de cará-roxo.	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 GERAL.....	14
2.2 ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	15
3.1 CARÁ-ROXO (<i>DIOSCEREA TRIFIDA</i>).....	15
3.2 AMIDO	16
3.3. EXTRAÇÃO DE AMIDO	18
3.4 AMIOLOSE E AMILOPECTINA.....	19
3.5 CONSTITUINTES MENORES ASSOCIADOS AO AMIDO	22
3.6 MICROSCOPIA DOS GRÂNULOS DE AMIDO	23
3.7 PADRÃO DE CRISTALINIDADE DO AMIDO.....	25
3.8 PODER DE INCHAMENTO E SOLUBILIDADE.....	26
3.9 PROPRIEDADES DE PASTA	27
3.9.1 GELATINIZAÇÃO E RETROGRADAÇÃO	27
3.9.2 CICLO DE CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO.....	29
3.10 ANÁLISES TÉRMICAS	30
4 MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1 MATÉRIA-PRIMA.....	33
4.2 EXTRAÇÃO ALCALINA.....	33
4.3 EXTRAÇÃO AQUOSA.....	33
4.4 MÉTODOS.....	35
4.4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO CARÁ-ROXO (<i>DIOSCOREA TRIFIDA</i>) E DO AMIDO EXTRAÍDO PELOS DOIS MÉTODOS.....	35
4.4.2 Determinação de cor.....	35
4.4.3 Densidade	35
4.4.4 Microscopia eletrônica de varredura – MEV	35
4.4.5 FTIR - Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier	36
4.4.6 Ciclo de congelamento e descongelamento	36
4.4.7 Poder de inchamento e solubilidade.....	36
4.4.8 Capacidade de absorção de óleo (CAO) e capacidade de absorção de água (CAA)	36

4.4.9	Propriedade de pasta - <i>Rapid Visco Analyser</i> – RVA	36
4.4.10	Difração de Raio-X	37
4.4.11	Análises Térmicas	37
4.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	38
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
5.1	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA POLPA DE CARÁ-ROXO (<i>DIOSCOREA TRIFIDA</i>)	39
5.2	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS AMIDOS DE CARÁ-ROXO	40
5.3	FTIR - ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER.....	43
5.4	RENDIMENTO.....	44
5.5	MEV	46
5.6	PODER DE INCHAMENTO E SOLUBILIDADE.....	47
5.7	CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (CAA) E ÓLEO (CAO).....	50
5.8	CICLO DE CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO	51
5.9	PROPRIEDADES DE PASTA – RVA.....	54
5.10	PROPRIEDADES TÉRMICAS	57
5.11	DIFRAÇÃO DE RAIO-X	60
6	CONCLUSÕES.....	63
	REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

O cará ou inhame pertence à família *Dioscoreaceae*, gênero *Dioscorea* e possui aproximadamente 600 espécies, das quais cerca de 50 são comercialmente cultivadas para alimentação humana. Este gênero, por sua vez, abrange a espécie *Dioscorea trifida*, popularmente conhecido na região Norte/Nordeste do Brasil como “cará-roxo” associado à sua forte coloração roxa (REIS et al., 2010; FALADE; AYETIGBO, 2014).

Este tubérculo é rico em carboidratos, especialmente o amido, que é a principal reserva energética dos vegetais e a principal fonte de carboidratos na dieta humana. Possui apreciáveis teores de proteínas, baixos teores de gorduras e é rico em minerais (fósforo, cálcio e ferro), vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina, niacina), vitamina A e vitamina C (ácido ascórbico) (HEREDIA - ZÁRATE; VIEIRA, 2002; HUANG et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2007).

O cará-roxo possui atividades antidiarreica, antitussígena, hipoglicêmica e também atua como um bom anti-inflamatório natural devido à presença de componentes altamente funcionais e nutricionais (mucina, dioscina, alantoína, colina, aminoácidos essenciais) os quais são utilizados na produção de fármacos, pela alta digestibilidade do amido presente em sua composição. Já nas indústrias alimentícias é utilizado na elaboração de sopas para alimentação infantil, produção de filmes biodegradáveis e na produção de frutose para adoçantes e como agente de gelificação em alimentos devido ao seu poder espessante (BHANDARI; KASAI; KAWABATA, 2003; LEONEL; OLIVEIRA; DUARTE FILHO, 2005; TAMIRU et al., 2008; MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010; MIYOSHI et al., 2011; PARK et al., 2013).

A demanda na produção de amido tem aumentado, assim como as novas tecnologias que visam a extração desse composto, contribuindo para o surgimento de estudos que avaliem fontes alternativas de amido não convencionais. Há poucas investigações sobre as propriedades do amido encontrado nos tubérculos *Dioscorea trifida*, o que sugere a necessidade de novas pesquisas sobre a espécie para compreender as características estruturais do amido de forma a indicar possíveis aplicações para a indústria de alimentos (JIANG et al., 2012; ASCHERI et al., 2014).

Na literatura, as propriedades funcionais de amidos obtidos a partir de sementes comerciais de milho e arroz, tubérculos e raízes, como batata, batata-doce e mandioca são amplamente estudados com uma extensa utilização em alimentos e aplicações industriais

(AMANTE, 1986; YUAN et al., 2007; WANG et al., 2010; REIS, 2010; JIANG et al., 2012; WANG et al., 2013).

O emprego de amido geralmente pode variar de acordo com sua funcionalidade específica, sendo considerado uma alternativa viável devido a sua biodegradabilidade, baixo custo e disponibilidade na natureza (CHANDRA; RUSTGI, 1998; LEONEL; CEREDA, 2002). No Brasil, os amidos explorados em escala industrial são oriundos da mandioca e do milho. A sua extração para comercialização é feita por moagem ou ralação, separação da fibra e suspensão de amido em água, centrifugação, purificação e desidratação. Os amidos não comerciais podem exigir etapas extras (SANTOS et al., 2013).

Extrações de amido utilizando água como solvente é o método mais comum, uma vez que não promove alterações das características estruturais do grânulo de amido, porém a quantidade de proteínas e lipídeos residuais nos grânulos é alta. Outros métodos de extração utilizam solvente alcalino; apresenta alto rendimento de extração e baixo teor de resíduos de proteínas, no entanto esse tratamento pode alterar a microestrutura dos grânulos de amido e suas propriedades físico-químicas (CARDOSO et al., 2006; LIM et al., 1999; ZAVAREZE et al., 2009; GOMEZ et al., 1992). O hidróxido de sódio (NaOH), dimetil sulfoxido (DMSO) e metabissulfito de sódio são os reagentes mais utilizados para a extração de amido (ÁREAS; LAJOLO, 1980; CARPITA; KANABUS, 1987).

Diante do exposto este trabalho visou caracterizar o amido de cará-roxo (*Dioscorea trifida*) extraído por diferentes métodos de extração, bem como avaliar a eficiência e influência do tipo de extração sobre as características físicas, químicas, morfológicas, tecnológicas e térmicas do amido extraído.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Caracterizar o amido de cará-roxo (*Dioscorea trifida*) obtido por dois métodos de extração (alcalino e aquoso).

2.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar as características físico-químicas do amido extraído pelos dois métodos.
- ✓ Determinar as características físico-químicas do cará-roxo (*Dioscorea trifida*) e do amido extraído pelos dois métodos.
- ✓ Avaliar as características morfológicas e estruturais do amido de cará-roxo extraído pelos dois métodos.
- ✓ Caracterizar os amidos extraídos quanto às suas propriedades tecnológicas.
- ✓ Estudar o comportamento reológico dos géis de amido e suas propriedades térmicas.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 CARÁ-ROXO (*DIOSCOREA TRIFIDA*)

O cará ou inhame é uma planta da família Dioscoreaceae, herbácea, dióica, trepadeira, pertencente ao gênero *Dioscorea*, com cerca de 600 espécies, dentre estas, as espécies *D. cayennensis*, *D. rotundata*, *D. alata*, *D. trifida* e *D. esculenta* são as mais importantes produtoras de túberas comestíveis (SANTOS et al., 2006; FERREIRA et al., 2010). As dioscoreáceas estão distribuídas nas regiões tropicais, subtropicais e temperadas de todo mundo e constituem uma importante fonte alimentar (PEDRALLI, 1988).

O cará é o terceiro mais importante tubérculo tropical na África Ocidental, América Central, Ilhas do Pacífico e Sudeste Asiático, após a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) e a batata doce (*Ipomoea batatas* L. Lam.). Na África, apesar de ter havido um declínio em sua produção com relação à produção da mandioca e do arroz, é considerado ainda um alimento básico preferido pela população (SRIVASTAVA; GAISER, 2008).

O cará-roxo está entre as principais espécies comerciais presente, sobretudo nos estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia e Maranhão na região Nordeste do Brasil. Constitui-se como um negócio agrícola muito promissor, tendo em vista a excelente qualidade nutritiva e energética de suas túberas, bem como sua grande utilidade na alimentação humana (MONTEIRO; PERESSIN, 2002).

Segundo a FAO, em 2014 a produção mundial de inhame foi estimada em aproximadamente 68 milhões de toneladas, sendo que aproximadamente 96,1% da referida produção fora cultivada no continente africano, tendo a Nigéria como maior produtor. O Brasil neste mesmo ano foi o segundo maior produtor da América do Sul com produção aproximada de 247.000 toneladas.

Estudos realizados na China descrevem que a presença de componentes fisiologicamente ativos tais como polissacarídeos, saponinas e mucinas no cará-roxo são utilizados como antitussígeno, antidiarréico e hipoglicêmico, por apresentarem efeitos satisfatórios do produto em pó liofilizado, e também agem como um bom anti-inflamatório natural (MIYOSHI et al., 2011; PARK et al., 2013). Outros estudos com o cará roxo apontam sua utilização na produção de filmes biodegradáveis e na produção de frutose para adoçantes, considerando o bom gosto e rendimento de produção de frutose que oferece (TAMIRU et al., 2008; MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010).

O cará apresenta como componente principal o amido (75,6 a 84,3 %), com teores de proteínas de 1 a 4 %, pequenas frações de lipídeos, fibras entre 1 a 3 %, vitaminas do complexo B (tiamina e niacina), vitamina A. E também é rico em minerais como potássio, magnésio, fósforo, sódio, ferro, boro e manganês. O teor de vitamina C nesse tubérculo varia de 13,0 a 24,7 mg/100 g (WANASUNDERA; RAVINDRAN, 1994; PACHECO-DELAHAYE; TECHEIRA; GARCÍA, 2008; MUSA; MARANGON, 2012).

Cerca de 80 a 100g de matéria seca de raízes e tubérculos são compostas de hidratos de carbono, que consistem principalmente de amido, mucilagem e açúcares. Por essa característica, raízes e tubérculos desempenham papel significativo na fabricação de papel e como ingrediente de alimentos processados em todo o mundo (HUANG et al., 2007; KIM; WIESENBOHN; ORR; GRANT, 1995).

3.2 AMIDO

O amido é o produto fotossintético e reserva de carbono das plantas. Sua formação ocorre devido a atividade coordenada de algumas enzimas, tanto nas organelas fotossintéticas ativas onde o amido é reserva temporária quanto nos amiloplastos de órgãos de reserva (CEREDA et al., 2002). Segundo Fontes e Finger (1997) a deposição dos grânulos de amido nos amiloplastos decorre da transformação de sacarose, glicose e maltose em amilose e amilopectina. Diversas enzimas participam da síntese do amido tendo como precursor comum a glicose-1-fosfato (G-1-P).

Os grânulos de amido são insolúveis em água fria, se hidratam muito pouco necessitando assim, de aquecimento para melhor dissolução dos grânulos. O amido é constituído basicamente por dois polissacarídeos, a amilose e a amilopectina, que estão associadas entre si por ligações de hidrogênio entre os grupos hidroxilas das unidades de glicose, que por sua vez estão unidas por ligações glicosídicas, formando as áreas cristalinas radicalmente orientadas (LEONEL; CEREDA, 2002; FENNEMA, 2009).

Para que um vegetal seja considerado como fonte de amido, este deve conter uma quantidade significativa desse carboidrato, ser de fácil extração e possuir propriedades de interesse econômico. As fontes potenciais mais importantes de amido são os grãos de cereais (40 a 90 %), leguminosas (30 a 40 %), tubérculos (65 a 85 %) e frutas imaturas ou verdes (40 a 80 %) (GUILBOT; MERCIER, 1985; CEREDA; VILPOUX, 2003).

O amido de *Dioscorea ssp.* tem relativamente menor grânulo, e essa característica o torna um agente ideal de enchimento em plásticos biodegradáveis e talcos. Além de possuir,

potencial espessante e agente de gelificação em alimentos se comparado ao amido de batatas e de mandioca que já são mais comercializados e aplicados em alimentos (BRUNNSCHWEILER et al., 2005; JAYAKODY; HOOVER; LIU; DONNER, 2007).

O amido de cará já foi utilizado como um excipiente farmacêutico na forma de comprimido e formulação de cápsula, e como agente espessante em produtos farmacêuticos, quando comparável aos amidos de batata e milho. O amido nativo de cará obtido a partir de tubérculos de *Dioscorea esculenta* foi avaliado como desintegrante de comprimidos, em comparação com amido de milho e amido de arroz (ZULUAGA; BAENA; MORA, 2007; NATTAPULWAT; PURKKAO; SUWITHAYAPANTH, 2008; IBEZIM; OFOEFULE; OMEJE, 2008). Assim, a pesquisa utilizando amidos de *Dioscorea* deve ser encorajada a fornecer amidos com características únicas.

Uma vez que alguns amidos nativos não têm o requisito funcional, esforços por parte da indústria de alimentos são feitos para modificá-los como complemento adequado para aplicações de alimentos em escala industrial (LIPORACCI; MALI; GROSSMANN, 2005).

Embora o cará seja considerado uma ótima fonte alimentar e uma fonte sustentável de amido no contexto industrial, a presença de alto teor de mucilagem no cará-roxo dificulta a liberação do amido do tecido vegetal, o que gera incentivos reduzidos por parte das indústrias, tornando o conhecimento científico incipiente no que tange as suas qualidades nutricionais e funcionais (LIPORACCI; MALI; GROSSMANN, 2005).

Raízes e tubérculos tropicais contêm, geralmente, diferentes níveis de mucilagem. Estas mucilagens exibem propriedades reológicas únicas com potencial considerável como um espessante alimentar e estabilizador (FEDENIUK; BILIADERIS, 1994).

A viscosidade do gel do amido torna possível espessar e modificar a textura do alimento e de bebidas, possibilitando sua aplicação em produtos de panificação, fabricação de diversos doces; ser ingrediente funcional em produtos, como sopas instantâneas, pudins, balas, produtos em pó a base de carnes e peixes; como ligante na fabricação de salsichas e linguiças; em grande variedade de produtos com baixo teor de gorduras e aplicação nas indústrias de papel e têxtil. Nas indústrias farmacêuticas pode ser utilizado como estabilizador de emulsões e pomadas (HOW; HSU; LEE., 2002; TAVARES et al., 2011).

Wang et al. (2010) e Jiang et al. (2012) destacam as principais propriedades físico-químicas e funcionais dos amidos para aplicações alimentares e não-alimentares, as quais incluem: gelatinização, retrogradação, solubilidade, poder de inchamento, capacidade de

absorção de água, padrões de difração de raios-X, comportamento reológico e as propriedades de pasta. Estas propriedades são correlacionadas com o conteúdo de amilose, a forma dos grânulos, a estrutura molecular, a distribuição de tamanho dos grânulos e a origem botânica dos amidos nativos de diferentes fontes. Sendo, por sua vez, propriedades que variam na quantidade e variedade de componentes, de acordo com a região de cultivo.

3.3.EXTRAÇÃO DE AMIDO

O Brasil, por ser um país tropical, tem como privilégio a existência de uma variedade de espécies amiláceas pouco estudadas e com características que poderiam atender a determinados usos alimentícios. É o caso da espécie *Dioscorea alata*, que oferece um potencial para produção industrial de amido devido ao seu rendimento agrícola, todavia, apresenta dificuldades na extração, em razão da presença de mucopolissacarídeo (AMANTE, 1986; REIS, 2010).

Para a extração de amido o método mais comum é a extração utilizando água como solvente, uma vez que não há alterações das características estruturais do grânulo de amido, porém a quantidade de proteínas e lipídeos residuais nos grânulos é alta. Outros métodos de extração utilizam solvente alcalino que apresenta alto rendimento de extração e baixos resíduos de proteínas, no entanto esse tratamento pode alterar a microestrutura dos grânulos de amido e suas propriedades físico-químicas (GOMEZ et al., 1992; LIM et al., 1999; CARDOSO et al., 2006; ZAVAREZE et al., 2009).

As mudanças que ocorrem nas extrações com solventes alcalinos são variadas e dependem do tipo de agente alcalino, da concentração usada, do tipo da superfície do grânulo, e a influência desse efeito na gelatinização do amido (HAN; HAMAKER, 2002; KARIM et al., 2007; LEE et al., 2008). O hidróxido de sódio (NaOH) (ÁREAS; LAJOLO, 1980) e o dimetil sulfóxido (DMSO) são reagentes comuns utilizados para a extração de amido (CARPITA; KANABUS, 1987).

O NaOH é utilizado na solubilização e separação de polissacarídeos de parede celular. Soluções diluídas de NaOH extraem pectinas metilesterificadas e hemiceluloses, como o xiloglucano (GORSHKOVA et al., 1996), o que leva a superestimar o conteúdo de amido. O hidróxido de sódio em pequenas concentrações (0,2 %) segundo Schoch e Maywald (1968) é utilizado para solubilizar frações de fibras finas altamente hidratadas com baixa capacidade de sedimentação e desnaturação de proteínas insolúveis flocculantes sem, no entanto, provocar a gelatinização do amido.

Como o NaOH é um reagente comum usado na extração ou modificação de amidos, variações significativas nas propriedades do amido podem estar relacionadas com a presença de diferentes quantidades de álcali residual em amidos modificados ou isolados. As diferentes temperaturas e a presença de álcali influenciam o comportamento da gelatinização de amidos de cereais através de sua habilidade para estabilizar os grânulos de amido, provavelmente via interações eletrostáticas entre íons Na^+ e grupos hidroxila do amido. Além disso, resulta em variações nas propriedades de amidos como cor, viscosidade de pasta, propriedades de gel e tendência a retrogradação (LAI et al., 2002).

O uso de DMSO apresenta como limitação o poder de extrair hemiceluloses da parede celular, especialmente arabinoxilanos, como verificado para folhas de milho e para suspensões celulares de tabaco (CARPITA; KANABUS, 1987). Outro reagente é o antioxidante metabissulfito de potássio, utilizado na extração do amido para prevenir o escurecimento da matéria quando esta apresenta componentes fenólicos, tornando-os mais solúveis (SONI et al., 1990; BERMUDEZ, 1997).

Zhu (2015) menciona que as dificuldades na extração de amido de *Dioscorea sp.* podem ser atribuídas ao tamanho do amido, onde grânulos pequenos sedimentam mais lentamente durante a extração do que o amido com grânulos grandes; e pequenos grânulos ficam mais facilmente retidos na matriz fibrosa. Em espécies como *D. alata*, a presença de polissacarídeos não amiláceos (NSP) pode dificultar a extração de amido dando uma suspensão viscosa após homogeneização, prendendo grânulos de pequeno porte e levando-os para a fração residual.

Várias soluções químicas, incluindo-se NaOH ($0,03 \text{ mol/L}^{-1}$), pectinase, e oxalato (10 %), foram testados para reduzir a influência de NSP durante a extração, e oxalato foi mais eficaz em reduzir a viscosidade da mucilagem e dando uma extração de amido até 63 % (DAIUTO et al., 2005).

3.4 AMIOLOSE E AMILOPECTINA

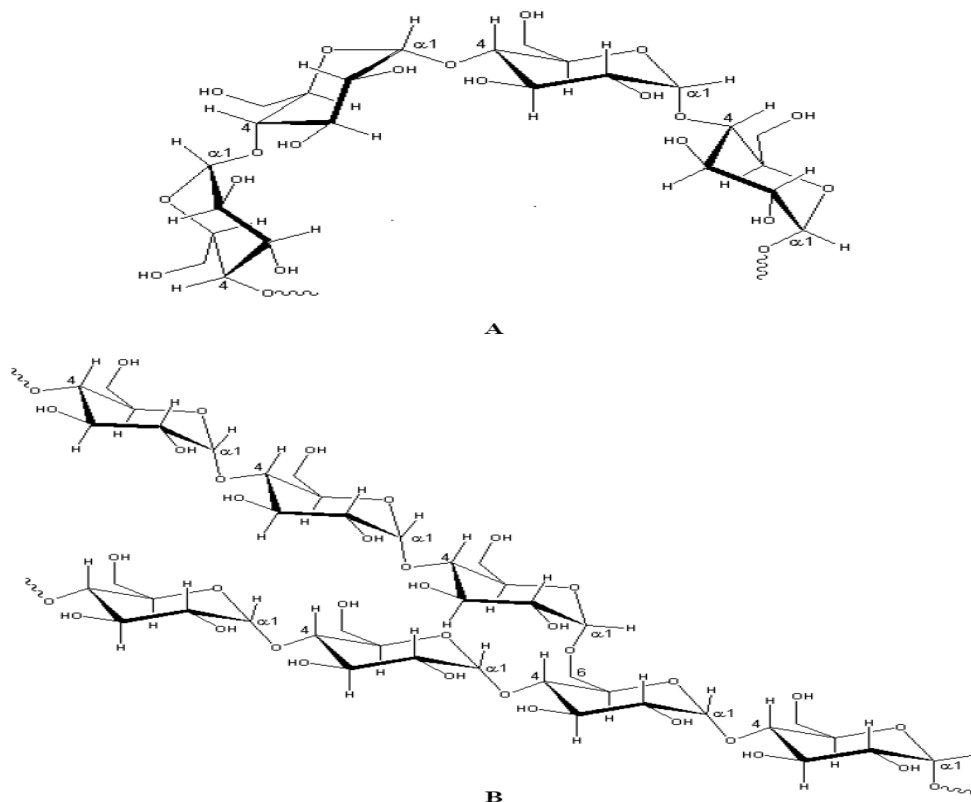
O amido é um polissacarídeo formado por duas frações principais: amilose e amilopectina. A amilose polímero essencialmente linear, que acumula para 15 a 35 % dos grânulos na maior parte das plantas, é composta de unidades de glucose com ligações glicosídicas α -1,4, formando, assim, unidades de maltose. Algumas moléculas de amilose, particularmente aquelas de grande massa molecular pode ter até dez ou mais moléculas (Figura 1) (ELIASSON; GUDMUNDSSON, 1996; DERNADIN; SILVA, 2009).

A amilopectina, é uma molécula altamente ramificada, unidades de glucose unidas em α -1,4 com cadeias de glucose ligadas em α -1,6, de modo que, além de unidades de maltose, apresenta-se em menor proporção de isomaltose nos pontos de ramificação, que têm um forte efeito sobre as propriedades físicas e biológicas (Figura 1) (PÉREZ; BERTOFT, 2010).

Com propriedades diferentes, a amilose tem uma alta tendência a retrogradação, em produzir géis duros e filmes fortes. A amilopectina, por sua vez, é mais estável e produz géis macios e filmes fracos. As estruturas de amilose e amilopectina podem apresentar fosfolípideos e lípideos, com efeitos significativos sobre as propriedades físicas. O conteúdo de amilose foi descrito como sendo um dos fatores que influencia a retrogradação do amido (ALVES; GROSSMANN; SILVA, 1999).

A amilose e a amilopectina estão associadas entre si por ligações de hidrogênio e a maioria dos amidos contém de 20 a 30 % de amilose e 70 a 80 % de amilopectina. O amido de cará, em sua composição possui teor médio de amilose de 30 % e alta taxa de retrogradação, com aproximadamente 40 % de perda de peso em géis armazenados por 24 h (MURPHY, 2000; MALI et al., 2004).

Figura 1. A) Estrutura da amilose - polímero linear composto por D-glicoses unidas em α -(1-4). B) Estrutura da amilopectina - polímero ramificado composto por D-glicoses unidas em α -(1-4) e α -(1-6).

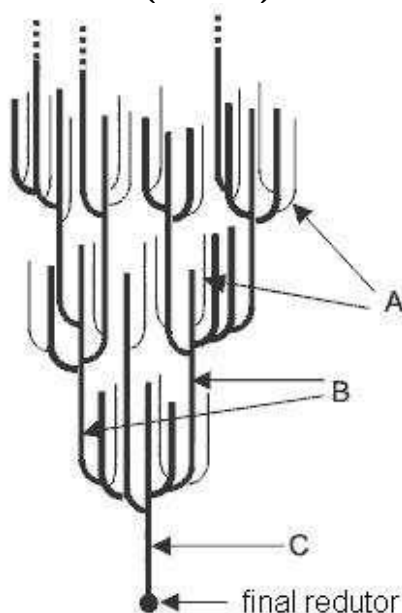


Fonte: Denardin; Silva (2009).

A amilose pode influenciar a organização das duplas hélices, interferindo na densidade de empacotamento das cadeias de amilopectina, mesmo com seu limitado papel na formação de cristais. Estudos apontam que parte da amilose pode cristalizar juntamente com a amilopectina, formando lamelas cristalinas. Entretanto, a organização exata desses componentes dentro do grânulo ainda não está totalmente esclarecida (OATES, 1997; BAKER et al., 2001; TESTER et al., 2004; KUAKPETOON; WANG, 2007).

As cadeias de amilopectina estão organizadas de maneiras diferentes, sugerindo uma classificação de cadeia A, B e C (Figura 2). O tipo A é composto por uma cadeia não redutora de glicose, unida por ligações α - (1,4) sem ramificações, sendo unida a uma cadeia tipo B, através de ligações α - (1,6). As cadeias do tipo B são compostas por glicose ligadas em α -(1,4) e α -(1,6), contendo uma ou várias cadeias do tipo A e podem conter cadeias tipo B, unidas por meio de um grupo hidroxila primário. Já a cadeia C é a única em uma molécula de amilopectina, sendo composta por ligações α -1,4 e α -1,6, com grupamento terminal redutor (ELIASSON, 2004; LAJOLO; MENEZES, 2006). Cada cadeia pode ser especificamente classificada de acordo com seu comportamento e, conseqüentemente, sua disposição dentro dos grânulos (HIZUKURI, 1986).

Figura 2. Diagrama da estrutura molecular da amilopectina em forma de Cachos (clusters)



Fonte: Chaplin (2010).

3.5 CONSTITUINTES MENORES ASSOCIADOS AO AMIDO

A composição química do amido apresenta variações conforme a fonte botânica e também conforme a variedade. O amido é constituído apenas de carboidratos. Contudo, constituintes menores influenciam em suas propriedades, tais como: ácidos graxos, proteínas e minerais. São constituintes próprios da planta de onde o amido foi extraído e a quantidade no amido depende do método de extração e purificação (CEREDA, 2001; PERONI, 2003).

Quanto menor o teor destas substâncias, melhor a qualidade do amido. Teores menores também refletem processos de extração e purificação mais eficientes. Em geral, o amido possui umidade que varia de aproximadamente 10 a 12 % (cereais) e de 14 a 18 % (algumas raízes e tubérculos) (TESTER, KARKALAS; QI, 2004).

De acordo com Denardin (2008), os grânulos de amido podem conter lipídeos na forma de lisofosfolipídeos (*Lisofosfolipid* - LPL) e ácidos graxos livres (*Free Fat Acids* - FFA), que são positivamente relacionados à fração amilose. Os LPL podem compor entre 0,5 e 2 % do peso do amido. Nos amidos com elevado teor de amilose, estes lipídeos formam complexos helicoidais com amilose, sendo insolúveis em água e apresentam temperaturas de dissociação acima de 93 °C.

As proteínas assim como os minerais, aparecem em pequenas quantidades em amidos de tubérculos e chegam a alterar suas propriedades funcionais. As proteínas têm massa molecular mais elevada do que as proteínas de superfície, incluindo os resíduos das enzimas envolvidas na síntese de amido (BALDWIN, 2001).

Proteínas de armazenamento ou resíduos de enzimas de síntese ou degradação de amido, quando presentes, podem tornar-se ativas se expostas a certas condições, influenciando na funcionalidade do amido. Amidos puros possuem baixas quantidades de proteínas (menor de que 0,5 %), que geralmente representam resíduos de enzimas da biossíntese de amido (TESTER; KARKALAS; QI, 2004).

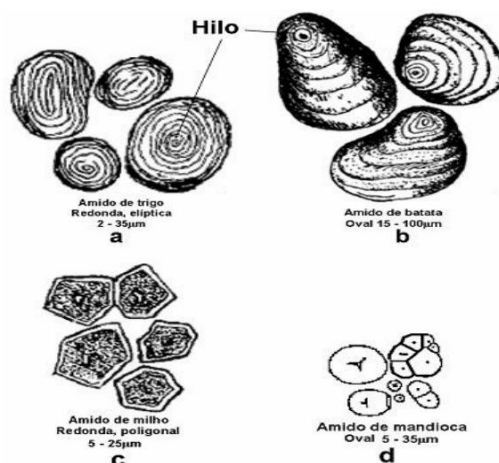
Os minerais também podem estar presentes em pequenas quantidades no amido (cálcio, magnésio, potássio, sódio e fósforo), apresentam pouca funcionalidade, com exceção do fósforo, o qual pode estar presente sob três formas: mono-ésteres de fosfato, fosfolipídeos e fosfatos inorgânicos. Mono-ésteres de fosfato estão seletivamente ligados a regiões específicas dentro das moléculas de amilopectina. O fósforo exerce influência em propriedades reológicas de amidos, como formação de pastas transparentes e com alta viscosidade (BULÉON et al., 1998; LAJOLO; MENEZES, 2006).

Segundo Lajolo e Saura-Calixto (2001) a fibra vegetal está relacionada fundamentalmente aos elementos da parede da célula vegetal, sendo assim matéria prima com alto teor de fibras requer ajustes na moagem e extração, etapas em que ocorre o rompimento dessas células para a liberação dos grânulos e posterior lavagem obtendo um material puro ao final da extração.

3.6 MICROSCOPIA DOS GRÂNULOS DE AMIDO

O amido encontra-se nas plantas sob a forma de grânulos, sendo que seu tamanho, a forma e a estrutura variam de acordo com as diferentes fontes botânicas. Os diâmetros dos grânulos geralmente variam de menos de 1 μ m a mais de 100 μ m, e os formatos podem ser regulares (esféricos, ovóides ou angulares) ou bastante irregulares (DERNADIN; SILVA, 2009). Microscopicamente, os grânulos de amido comumente medem de 1 a 35 μ m de diâmetro em cereais (trigo, cevada, milho e aveia), e acima de 100 μ m em batata (Figura 3) (MOON; GIDDINGS, 1993).

Figura 3. Representação esquemática do grânulo de amido de: a) trigo; b) batata; c) milho e d) mandioca.



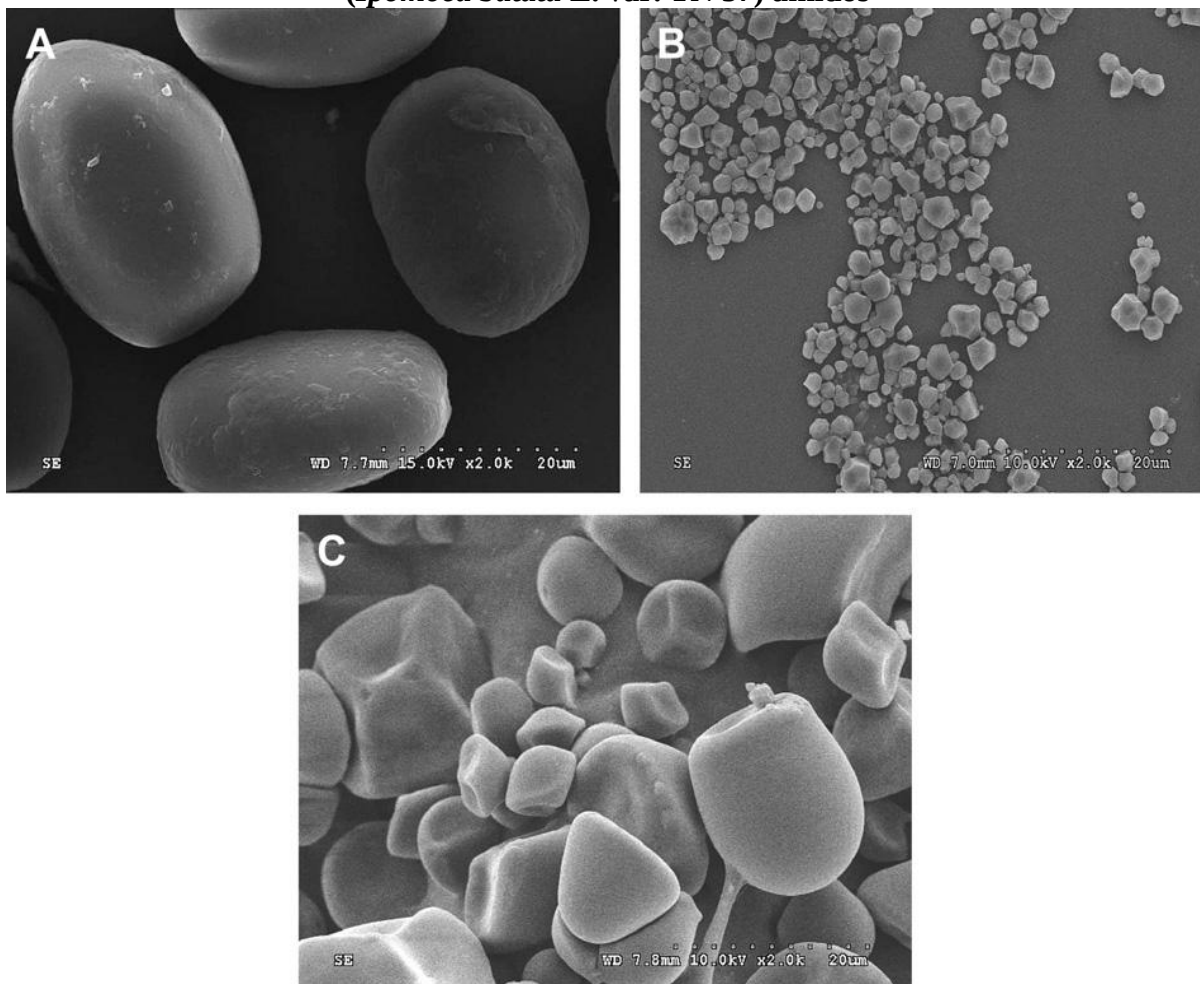
Fonte: Hoover (2001).

Em cereais como trigo, milho, cevada, centeio e sorgo, os grânulos podem ser classificados como simples, quando cada plastídeo contém um grânulo, ou compostos (arroz e aveia), quando muitos grânulos estão dentro de cada amiloplasto (LINDEBOOM et al., 2004; LAJOLO; MENEZES, 2006).

O grânulo de amido é constituído de hilo (ponto inicial de formação) e lamelas ou estrias (zonas claras e escuras). Na análise microscópica devem ser observadas características como a forma (esféricos, ovóides, poliédricos, periformes, elipsóides etc.), presença de lamelas, tipo de hilo (pontuado, estrelado, linear etc.) e estado de agregação. Os grânulos de amido de tuberosas são geralmente volumosos e elipsoidais com hilos excêntricos ou poliédricos (GUILBOT; MERCIER, 1985).

A superfície dos grânulos é plana e sem traços marcantes, exceto por algumas estrias e fissuras visíveis em alguns grânulos através de microscopia eletrônica de varredura (SEM – *Scanning Electron Microscopy*) (Figura 4) (OATES, 1997; BULEÓN et al., 1998).

Figura 4. Microscopia eletrônica de varredura de amidos de (A) cará (*Dioscorea alata* L. var. *Dasan*), (B) taro (*Colocasia esculenta* L. var. *Betelnut*) e (C) de batata-doce (*Ipomoea batata* L. var. TN 57) amidos



Fonte: Huang (2010).

As técnicas de isolamento do amido e de determinação de tamanho influenciam na exatidão da distribuição de tamanho dos grânulos. Um bom método de isolamento previne

perdas de grânulos pequenos, enquanto uma boa técnica de determinação de tamanho de partícula permite usar um tamanho de amostra mais representativo e medir todas as partículas da amostra (RAEKER et al., 1998).

O tamanho de grânulos de amido contribuem ou interferem em suas propriedades químicas e físicas em diferentes aplicações. Grânulos pequenos podem ser usados como substitutos de gorduras e os grandes podem ser aplicados na manufatura de filmes plásticos biodegradáveis (NACHTERGAELE; VAN NUFFEL, 1989; LIM et al., 1992; CHIOTELLI; LE MESTE, 2002).

Segundo Daiuto (2005) grânulos com diâmetro homogêneo influenciam na biodegradabilidade dos amidos contidos em plásticos; grânulos com tamanho maior tem sido evitados em produtos comestíveis como molhos e sobremesas lácteas, que exigem sensação de maciez na boca; grânulos pequenos, podem ser usados como substitutos de gordura devido ao tamanho semelhante às estruturas de lipídeos.

3.7 PADRÃO DE CRISTALINIDADE DO AMIDO

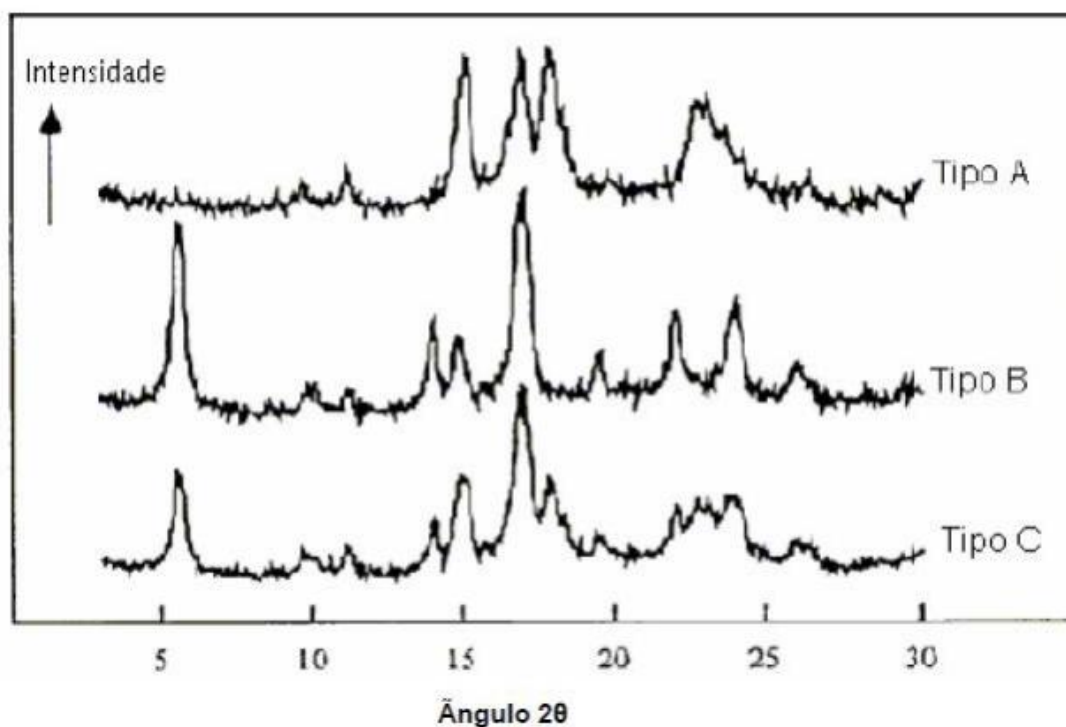
A região cristalina do amido é principalmente composta por moléculas de amilopectina ramificada ao passo que a amilose é dispersa dentro da região amorfa (PARKER; ANEL, 2001). Portanto, a cristalinidade dos grânulos de amido é medida por difração de raios-X dada pela presença de alinhadas e compactadas duplas hélices formadas pela amilopectina ramificada (HOOVER, 2001).

As áreas cristalinas do amido é que mantêm a estrutura do grânulo, controlando seu comportamento na presença de água e a resistência aos ataques enzimáticos ou químicos, porém um excesso de cristalinidade pode resultar em fragilidade (NETO, 2003).

A cristalinidade do amido pode variar conforme a fonte botânica e apresentam modelos de difração característicos que se dão pelas cadeias curtas da amilopectina. Existem três padrões de difração para os amidos: A, B e C (Figura 5). Os amidos de cereais, em geral, possuem um padrão de cristalinidade do tipo A (látice monocíclico), ou seja, as moléculas de amilopectina são densamente empacotadas e resultam em alta cristalinidade, amidos de tuberosas apresentam comumente o padrão tipo B, sendo o representante mais típico o amido de batata (5,6°); e o padrão C, que é uma mistura dos precedentes com características de A e

B, tem como forte representante o amido de mandioca (CORDENUNSI; LAJOLO; MENEZES, 2006).

Figura 5. Difratoograma dos padrões A, B e C que representam os grânulos de amido de diversas fontes



Fonte: Bertolini (1995).

Segundo a lei Bragg, quando dois feixes paralelos incidem em uma rede cristalina, estes sofrem o fenômeno de difração e dependendo do tamanho de célula cristalina e do comprimento de ondas do feixe esses podem sofrer interferência construtiva, resultando em um máximo de intensidade; ou interferência destrutiva resultando em um mínimo de intensidade. A intensidade dessas interferências é detectada por um sensor e traduzida em um gráfico de intensidade versus duas vezes o ângulo de incidência (FRANÇA, 2008).

3.8 PODER DE INCHAMENTO E SOLUBILIDADE

A determinação de propriedades funcionais dos amidos, a relação amido-água, temperaturas de gelatinização, formação de gel e propriedade de pasta, capacidade de inchamento e solubilidade são de grande importância para dar finalidade a nível indústria (RAEKER et al., 1998; LINDEBOOM; CHANG; TYLER, 2004).

O poder de inchamento e a solubilidade são geralmente determinados em função da temperatura onde ocorre a entrada das moléculas de água provocando o intumescimento e o aumento da solubilidade dos grânulos de amido. Ambos contribuem para importantes

características da maioria dos produtos ricos em amido, tais como as propriedades de pasta e o comportamento reológico durante o aquecimento em excesso de água (MENDES; BORA; RIBEIRO, 2012).

O poder de inchamento relaciona-se com o teor de amilose, capacidade de retenção de água de moléculas de amilose e amilopectina, ligações de hidrogênio e grau de cristalinidade. Uma fonte de amido com baixo poder de inchamento pode ser atribuída à presença de um grande número de regiões cristalinas formadas através da associação entre longas cadeias de amilopectina (WANG et al., 2006; HUGHES et al., 2009).

O poder de inchamento dos grânulos pode ser determinado pelo aquecimento da amostra de amido em excesso de água e é definido como o peso do sedimento inchado (g) por grama de amido. A solubilidade do amido também pode ser determinada na mesma suspensão. Ela é expressa como a percentagem em peso da amostra de amido, que é dissolvida após o aquecimento (LEACH; MCCOWEN; SCHOCH, 1959).

3.9 PROPRIEDADES DE PASTA

3.9.1 Gelatinização e retrogradação

Quando o amido entra em contato com a água fria, os grânulos incham ligeiramente (10 a 20 %) devido à difusão e absorção de água nas regiões amorfas, mas esse processo é reversível pela secagem. Contudo, quando os grânulos são aquecidos em água, eles incham irreversivelmente num fenômeno denominado gelatinização, em que ocorre perda da organização estrutural (perda da birrefringência), com união dos cristais. A gelatinização tem início no hilum e se expande rapidamente para a periferia, ocorrendo inicialmente nas regiões amorfas, devido à fragilidade das ligações de hidrogênio nessas áreas, ao contrário do que ocorre nas regiões cristalinas (SINGH et al., 2003; THARANATHAN, 2002).

A gelatinização de amidos em suspensões diluídas, dá informações pertinentes sobre mudanças comportamentais e estruturais dos grânulos de amido. Os grânulos de amido passam por intenso inchamento durante a gelatinização dependendo da disponibilidade de água (PARKER; RING, 2001).

Quando é resfriado e armazenado, o amido gelatinizado pode sofrer um fenômeno denominado retrogradação. A retrogradação é a transformação entre as moléculas de amilose em géis, quando se unem e formam zonas micelares cristalinas, isto é, no grânulo de amido forma-se novamente partes cristalizadas como aquelas destruídas na formação do gel. Com

isso, há uma diminuição de volume e expulsão de água ligada as moléculas, sendo que tanto a viscosidade do sistema quanto a transparência podem aumentar. A retrogradação caracteriza-se pela associação da amilose por junções do tipo dupla-hélice e pela recristalização das cadeias de amilopectina suspensas (fenômeno mais lento que o anterior) (PARKER; RING, 2001).

A retrogradação é um fenômeno complexo que varia com alguns fatores, como: temperatura e tempo de armazenamento, pH, fonte do amido, presença de outros componentes (lipídeos, eletrólitos e açúcares) e condições de processamento. A repetição de ciclos congelamento-descongelamento acelera drasticamente a retrogradação e a sinerese. Todavia, a principal influência da retrogradação é observada na textura, na aceitabilidade e na digestibilidade dos alimentos que contém amido (ELIASSON, 1996; THARANATHAN, 2002; ELIASSON, 2004).

De acordo com Daiuto et al. (2002) o amido na indústria alimentícia é utilizado em função da viscosidade, poder geleificante, adesão, tendência a retrogradação, entre outras propriedades que são influenciadas pela proporção amilose/amilopectina, teor de proteína e gordura além da estrutura, forma e tamanho dos grânulos.

Hernández-Medina et al. (2008) relataram que durante o processo de gelatinização, o que requer uma combinação de excesso de água, calor, os grânulos de amido são destruídos de forma gradual e irreversível. Assim, a viscosidade da pasta é uma das mais importantes propriedades dos materiais ricos em amido.

A curva de viscosidade representa o comportamento durante o aquecimento e permite avaliar as características da pasta formada devido a modificações estruturais de moléculas de amido e retrogradação durante o resfriamento e armazenamento (ZHOU; LIM, 2012).

Os principais determinantes do comportamento de pasta de amidos são as mudanças que ocorrem nos grânulos durante a gelificação e a retrogradação, as quais têm sido medidas principalmente pelas mudanças de viscosidade durante o aquecimento e o resfriamento de dispersões de amido usando equipamentos como viscoamilógrafo Brabender e o Rápido Visco Analisador (RVA) (THOMAS; ATWELL, 1999).

De acordo com Jane et al. (1999) as propriedades de pasta de amidos são afetadas pelo conteúdo de amilose e pela distribuição da amilopectina, com relação ao comprimento das cadeias ramificadas.

As medidas em uma curva típica de RVA incluem pico de viscosidade, tempo para atingir o pico de viscosidade, quebra e viscosidade final. O perfil de viscosidade é extremamente útil na determinação do comportamento do amido sob várias condições e para comparar diferenças relativas entre amidos. Um dos mais importantes aspectos dos perfis de viscosidade é a medida dos efeitos de reagentes ou processos que modificam os amidos sobre as suas propriedades de pasta (WHISTLER; BeMILLER, 1997; PERONI, 2003).

3.9.2 Ciclo de congelamento e descongelamento

Na retrogradação as pastas de amido formadas não são estáveis e sofrem transformações estruturais por resfriamento e/ou armazenamento. A retrogradação ocorre quando as moléculas de amilose e amilopectina se re-associam e formam uma estrutura ordenada. Sob condições favoráveis, uma ordem cristalina aparece e ocorre separação da fase líquida. Durante essa re-associação, há liberação de água, processo que recebe o nome de sinerese (ATWELL; HOOD; LINEBACK 1998).

A propriedade funcional de amidos de resistir a sinerese tem sido relacionada com diferentes componentes ou características dos amidos. A sinerese foi primeiramente atribuída às moléculas de amilose, agregadas através das ligações de hidrogênio intra ou intermoleculares (DREHER et al., 1983).

A intensidade da sinerese pode ser atribuída a combinação do conteúdo de amilose, ao grau de associação entre os componentes do amido, ao comprimento das cadeias de amilopectina e ao grau de polimerização da amilose e amilopectina (HOOVER; SOSULSKI, 1991).

A sinerese pode ser influenciada pelo preparo e armazenamento de pastas, ocorrendo um aumento ou diminuição das taxas conforme o aumento do número do ciclo de armazenamento. Isto pode ser explicado porque em uma pasta de amido ocorre separação de fases com a formação de cristais de gelo. No descongelamento, a pasta de amido continua sendo composta de uma fase aquosa rica em amido e outra deficiente. Esta separação de fases é evidenciada com o aumento do número de ciclos de congelamento/descongelamento, devido o aumento da quantidade de amilopectina retrogradada, na fase aquosa (YUAN; THOMPSON, 1993).

O teor de amilose e conteúdo de lipídeos podem limitar o inchamento de amidos. O grau de associação dos amidos pode ser dividido em três grupos: com alto, médio e baixo grau de associação. Desta forma, amidos de cereais com o maior grau de associação, têm o menor

poder de inchamento e solubilidade, seguido pelos amidos de raízes e tubérculos (SWINKELS, 1985; BALAGOPALAN et al., 1988; PÉREZ; BERTOFT, 2010).

Amidos de batata, de mandioca e os cerosos possuem alto poder de inchamento. Amidos ricos em amilose, por outro lado, apresentam grânulos com inchamento limitado. O interior de estrutura helicoidal formada pela amilose contém átomos de hidrogênio sendo, portanto, hidrofóbico, o que não permite que os grânulos de amido ricos em amilose inchem o suficiente para formar pastas viscosas quando cozidas em água sob condições normais (THOMAS; ATWEEL, 1999).

3.10 ANÁLISES TÉRMICAS

As análises térmicas constituem-se de um conjunto de técnicas, cada uma com a sua habilidade de acompanhar uma propriedade física específica de uma substância em função do tempo ou da temperatura, enquanto é submetida a uma programação controlada de aquecimento (WENDLANDT, 1986; IONASHIRO, 2005).

Conhecer essas propriedades térmicas permite um melhor entendimento de processos e modelagem, transporte, conservação e até das aplicações de determinados compostos e materiais. Por exemplo, em uma decomposição é válido saber quais os produtos voláteis e os resíduos gerados, em relação à sua ação biológica ou ambiental. Dessas técnicas, as mais utilizadas são: termogravimetria/termogravimetria derivada (TG/DTG) e a calorimetria exploratória diferencial (DSC) (DENARI; CAVALHEIRO, 2012).

A análise termogravimétrica (TGA) é uma técnica termoanalítica que acompanha a perda e/ou ganho de massa da amostra em função do tempo ou temperatura (DENARI; CAVALHEIRO, 2012). O equipamento utilizado na termogravimetria é a termobalança, um instrumento que permite a pesagem contínua de uma amostra na medida em que ela é aquecida ou resfriada (BENINCA, 2008). Quando uma amostra é aquecida, podem ocorrer mudanças químicas ou físicas em sua estrutura, dependendo se o calor é menor ou maior do que as energias de suas ligações, respectivamente (DENARI; CAVALHEIRO, 2012).

Informações sobre as modificações da estrutura molecular que ocorrem quando grânulos (amido, por exemplo) são submetidos ao aquecimento permitem avaliar a decomposição de diferentes produtos. Com a termogravimetria pode-se conhecer detalhadamente as alterações que o aquecimento pode causar na massa das substâncias e ainda estabelecer a faixa de temperatura em que as mesmas adquirem composição química definida, ou sofrem processos de decomposição (CARVALHO FILHO, 2000).

As curvas TG permitem obter conclusões sobre a estabilidade térmica da amostra, composição, estabilidade dos compostos intermediários, além da composição do resíduo sendo, entre as técnicas termoanalíticas, a mais utilizada (IONASHIRO, 2005).

A análise térmica diferencial (DTA), geralmente é plotada em conjunto com a curva TG. É uma técnica de medição contínua das temperaturas da amostra e de um material de referência termicamente inerte, à medida que ambos vão sendo aquecidos ou resfriados em um forno. Estas medições de temperatura são diferenciais, pois registram a diferença entre a temperatura da referência e a da amostra, em função da temperatura ou do tempo, dado que o aquecimento ou resfriamento são sempre feitos em ritmo linear (IONASHIRO, 2005).

Por meio desta técnica pode-se avaliar variações entálpicas que ocorrem com uma dada substância e um material de referência em função da temperatura, enquanto essas são submetidas a uma programação controlada de temperatura (IONASHIRO, 2005).

A calorimetria exploratória diferencial (DSC) é uma técnica termoanalítica na qual as variações de entalpia da amostra são monitoradas em relação a um material de referência termicamente inerte enquanto ambos são submetidos a uma programação controlada de temperatura. A técnica de DSC é utilizada para o estudo do comportamento térmico de amidos. O estudo de propriedades térmicas pode auxiliar nos caminhos do processamento de amidos e, também, na exploração e entendimento da estrutura granular. A análise por DSC permite verificar e monitorar propriedades térmicas e transições de fase dos amidos (JI; SEETHARAMAN; WHITE, 2004; ZHONG; SUN, 2005).

Além disso, fornece informações valiosas sobre o fenômeno ordem-desordem dos grânulos de amido em soluções aquosas. É uma técnica que detecta as mudanças do fluxo de calor associado com a fusão e a transição vítrea, e também fornece as temperaturas e as entalpias características da transição de fase (CRUZ - OREA et al., 2002).

Segundo Tester (1997), o DSC mede a quebra de ligações (principalmente ligações de hidrogênio que estabilizam as duplas hélices) dentro dos grânulos de amido, quando eles são aquecidos em água e quantifica a temperatura e a energia envolvida (entalpia) na transição de um grânulo semicristalino para um gel amorfo. Esta técnica pode também ser empregada para medir maiores transições de temperaturas em amidos, quando complexos amilose-lipídeo se dissociam.

Entretanto, os resultados reportados não são muito reprodutíveis e causam controvérsias devido à complexidade do comportamento térmico dos amidos e condições de medidas diferentes (PERONI, 2003).

As técnicas termoanalíticas, normalmente, são utilizadas na análise de transições que ocorrem quando polímeros sintéticos são aquecidos. A gelatinização de amidos verificada por estas técnicas é importante para definir a energia requerida para o cozimento (LACERDA, 2006).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATÉRIA-PRIMA

Os tubérculos de cará-roxo (*Dioscorea trifida*) foram adquiridos na feira- livre Ver-o-peso, da cidade de Belém - PA, e transportados à temperatura ambiente ao Laboratório de Medidas Físicas (LAMEFI), da Universidade Federal do Pará (UFPA). Os mesmos foram submetidos às etapas de higienização e sanitização (hipoclorito de sódio 200 ppm, por 20 minutos) com posterior enxágue em água corrente. Em seguida, realizou-se o descascamento e a trituração da amostra sem adição de água.

A polpa do cará-roxo foi embalada em sacos plásticos de 500 g e armazenados em freezer a -18 ± 2 °C até o momento da execução das análises.

4.2 EXTRAÇÃO ALCALINA

A metodologia utilizada para a extração alcalina do amido foi baseada no método descrito por Wang e Wang (2004), modificado (Figura 6). A polpa de cará-roxo foi adicionada de solução de NaOH 0,1 % na proporção de 1:2 e deixada em repouso durante 18 horas em temperatura de refrigeração. O material resultante foi filtrado em tecido de pano dessorador, e centrifugado a 2991 g durante cinco minutos à temperatura ambiente (25 °C $\pm$ 2). O sobrenadante foi descartado e ao precipitado foi adicionada nova quantidade de solução de NaOH 0,1% na mesma proporção e centrifugado novamente, esta operação foi repetida duas vezes. O amido extraído foi disperso com água destilada e neutralizado com HCl 1mol^{-1} até atingir pH 6,5 sendo então centrifugado. O amido resultante da etapa de centrifugação foi seco em estufa com circulação de ar a 40 °C até atingir 11 % $\pm$ 0,5 de umidade.

4.3 EXTRAÇÃO AQUOSA

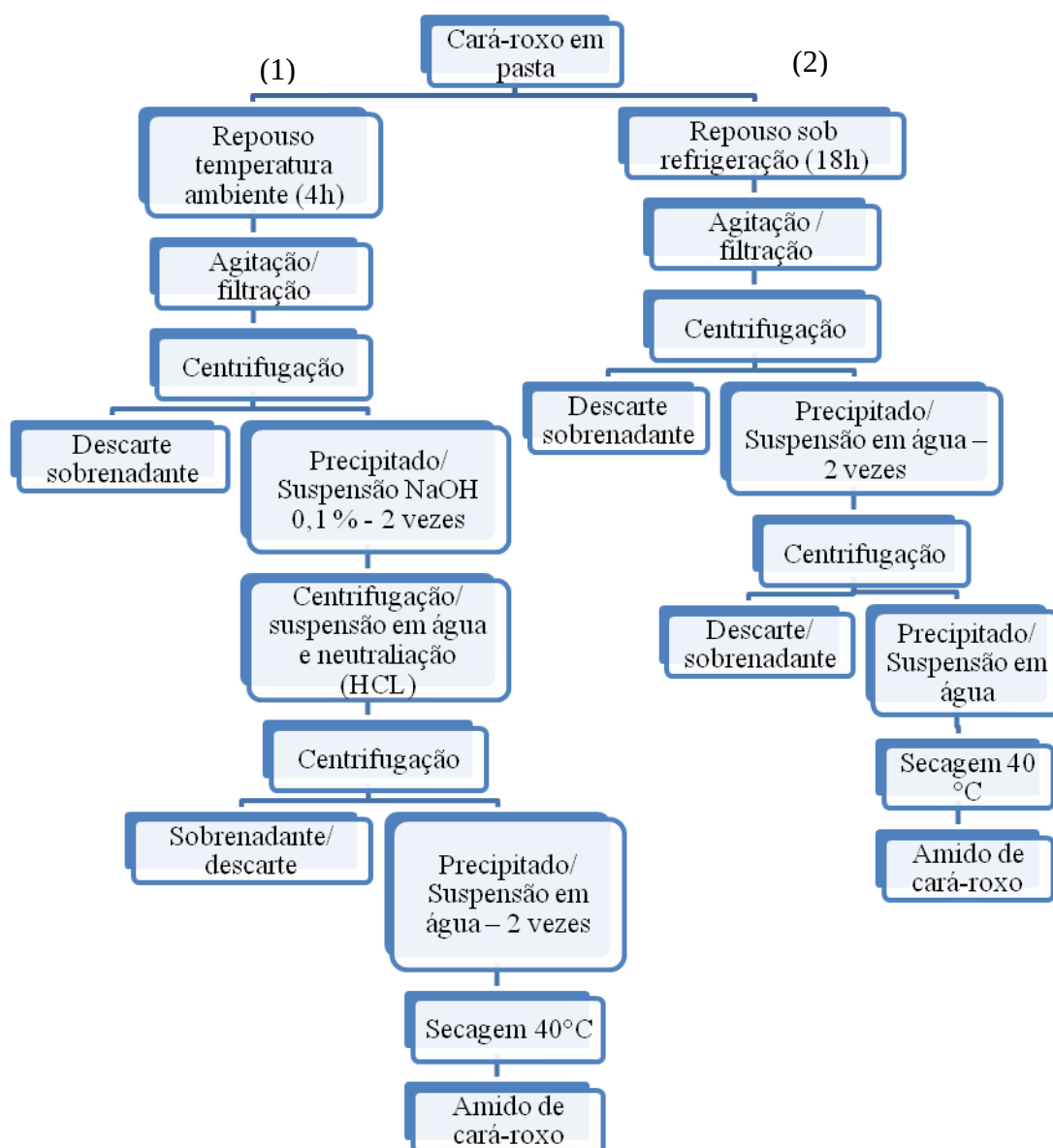
O processo de extração aquosa foi realizado de acordo com o procedimento descrito por Cruz e Dash (1984), com modificações (Figura 6). A polpa de cará-roxo foi adicionada de água destilada na proporção de 1:4 e deixada em repouso por 3 horas para a decantação do material amiláceo em temperatura ambiente. O material resultante foi filtrado e centrifugado a 2991 g durante cinco minutos à temperatura ambiente (25 °C $\pm$ 2). Esta operação foi realizada duas vezes. O amido resultante foi seco em estufa com circulação de ar a 40 °C até atingir 11 % $\pm$ 0,5 de umidade.

O cálculo do rendimento de amido obtido nas duas extrações foi realizado de acordo com a Equação 1:

onde m_a : massa de amido seco em (g) e m_s : massa de polpa de cará-roxo (g) utilizada para a extração.

$$(1) \text{ Rendimento de amido\%} = m_a/m_s \times 100$$

Figura 6. Fluxograma de extração alcalina (1) e aquosa (2) de amido de cará-roxo (*Dioscorea trifida*)



4.4 MÉTODOS

4.4.1 Caracterização físico-química do cará-roxo (*Dioscorea trifida*) e do amido extraído pelos dois métodos

A polpa de cará-roxo (*Dioscorea trifida*) e os amidos obtidos nas duas extrações foram submetidos às seguintes análises de acordo com o método oficial da AOAC (1997): umidade (nº 925.10), proteínas (nº 920.87), cinzas (nº 923.03), carboidratos por diferença, pH (nº 981.12), acidez titulável (nº 942.15) e lipídeos (Método de Bligh-Dyer). As análises de amido total (CEREDA; DAIUTO; VILPOUX, 2004), fibras totais (nº 985.29) e sólidos solúveis (nº 932.12), foram realizadas somente na polpa de cará-roxo.

A análise de atividade de água foi realizada por meio de leitura, em termohigrômetro da marca AquaLab Series 3TE da DECAGON®, com controle interno de temperatura a 25°C. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.4.2 Determinação de cor

Para determinação de cor da polpa do cará-roxo e dos amidos extraídos foi utilizado um colorímetro CHROMA METER CR-400 / Marca: KONICA MINOLTA, operando no sistema CIElab (L^* , a^* , b^*), onde (L) representa a luminosidade (L^*) ($L^* = 0$ preto e $L^* = 100$ branco); (a) define a transição da cor verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$) e (b) representa a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$). Com base nestas coordenadas, fez-se o cálculo para a variação total da cor (ΔE^*), ao passo que o índice de saturação (C^*), o ângulo de tonalidade (h^*) foram expressos pelo equipamento.

4.4.3 Densidade

A densidade absoluta das partículas foi determinada pelo método do picnômetro por deslocamento do xileno a 30 °C, segundo Schoch e Leach (1964). A determinação foi realizada em triplicata.

4.4.4 Microscopia eletrônica de varredura – MEV

Os amidos foram submetidos à microscopia eletrônica de varredura (MEV) em microscópio eletrônico de varredura modelo ZEISS DSM 940 A, sob amperagem de 80mA e voltagem 5kV, do Laboratório de microscopia da Universidade Federal de Viçosa (UFV –

MG). O suporte metálico foi montado com fita adesiva dupla face, seguida de recobrimento metálico com ouro, feito em metalizador BAL-TEC SCD 050.

4.4.5 FTIR - Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier

A análise dos amidos foi realizada empregando-se um espectrofotômetro FTIR Nicolet Avatar 360, equipado com detector DTGS. A faixa espectral considerada foi 4.000 a 400 cm^{-1} , com ênfase na região denominada “impressão digital”, de 2.000 a 700 cm^{-1} , que possibilita uma investigação da estrutura molecular dos compostos analisados. Segundo método descrito por Dupuy (1997).

4.4.6 Ciclo de congelamento e descongelamento

Géis de amido foram submetidos a 4 ciclos de 24 h para congelamento a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ e descongelamento a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, seguindo metodologia de Wang et al. (2013), para avaliação da quantidade de água liberada. A análise foi realizada em triplicata.

4.4.7 Poder de inchamento e solubilidade

O poder de inchamento e a solubilidade dos amidos foram determinados nas temperaturas de 65, 75, 85 e 95°C , seguindo metodologia descrita por Leach e Schoch (1959). Análise realizada em triplicata.

4.4.8 Capacidade de absorção de óleo (CAO) e capacidade de absorção de água (CAA)

Foram colocados 1g de amostra e 10 mL de óleo de soja em um tubo de centrífuga cônico graduado (Falcon) de 50 mL; a amostra, foi agitada manualmente com óleo, durante 1 min e em seguida deixada em repouso durante 30 min; centrifugou-se a 2991 g durante 30 min e fez-se a leitura visual do volume do óleo livre. A percentagem de gordura absorvida foi expressa como a quantidade de óleo de soja retido por 100g de amostra, seguindo o método de Falade e Okafor (2015). A mesma metodologia foi executada para capacidade de absorção de água utilizando 10 mL de água destilada. As análises foram realizadas em triplicata.

4.4.9 Propriedade de pasta - *Rapid Visco Analyser* – RVA

A determinação das propriedades de pasta foi realizada em viscosímetro *Rapid Visco Analyser* (RVA), da marca PERTEN, série RVA 4500. Foram construídos amilogramas usando

2,7 gramas de amido, em peso seco, para 28 mL de água (AACC, 2000). A partir dos gráficos obtidos pelo equipamento as seguintes características foram avaliadas: temperatura inicial de pasta, viscosidade máxima, temperatura no pico de viscosidade máxima, viscosidade mínima, viscosidade final no ciclo de resfriamento e tendência a retrogradação (*set back*). A tendência à retrogradação foi obtida pela diferença entre a viscosidade mínima e a viscosidade no resfriamento. O viscoamilógrafo foi programado para manutenção de temperatura a 50 °C por 2 minutos, aquecimento a 95 °C a uma taxa de 6 °C/minuto, manutenção a 95 °C por 5 minutos e resfriamento até 50 a 6 °C/minuto. A suspensão foi agitada a 160 rpm durante todo o experimento. As propriedades de pasta dos amidos foram determinadas usando o *software* Thermocline for Windows®. As análises foram realizadas em triplicata.

4.4.10 Difração de Raio-X

Os testes de difração de raios-X nos amidos foram realizados em um Difrátômetro de Raio-X, modelo X'PERT PRO MPD (PW 3040/60), da PANalytical, com goniômetro PW3050/60 (θ / θ), tubo de Raios-X cerâmico e anodo de Cu ($K\alpha_1 = 1,540598 \text{ \AA}$), modelo PW3373/00, com foco fino (2200 W / 60 kV), e filtro $K\beta$ de Níquel. As condições instrumentais utilizadas foram as seguintes: varredura de 3 a 75° em 2θ , voltagem de 40 kV, corrente de 30 mA, tamanho do passo de 0,02° em 2θ e movimentação circular da amostra com frequência de 1 rotação/s. A aquisição de dados foi feita com o software X'Pert Data Collector, e o tratamento dos dados com o software X'Pert HighScore. As análises foram realizadas em triplicata no Laboratório de Caracterização Mineral do Instituto de Geociências da UFPA.

4.4.11 Análises Térmicas

A análise de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) foi realizada no Laboratório de Físico-química da Faculdade de Farmácia da UFPA, utilizando equipamento modelo PL Thermal Science, com analisador térmico simultâneo STA1000/1500, da Stanton Redcroft Ltda, forno cilíndrico vertical e conversor digital acoplado a um microcomputador. As amostras foram depositadas em placas de alumínio. A varredura ocorreu de 10 até 600 °C, com uma taxa de aquecimento de 20 °C/ min, atmosfera de nitrogênio, 2,7 mg de amostra, em um fluxo de vazão 50ml/min. Os registros da variação de massa e da diferença de temperatura foram feitos simultaneamente.

A análise de Termogravimetria Derivada (TG) foi realizada nos dois amidos extraídos utilizando 4,65 mg dos amidos em placas de alumínio, sob fluxo de 50 mL/ min de ar

sintético em um analisador termomecânico Shimadzu DTG - 60 AH, Japão. As amostras foram aquecidas de 10° C a 300° C com taxa de aquecimento de 5° C min⁻¹. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram avaliados com o auxílio do programa *Statistica*[®] versão 7 (STATSOFT, 2000), empregando as metodologias de Análise de Variância (ANOVA) a 5 % de significância estatística, bem como as médias comparadas através do teste de Tukey ($p < 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA POLPA DE CARÁ-ROXO (*Dioscorea TRIFIDA*)

Os valores dos parâmetros físico-químicos da polpa de cará-roxo estão ilustrados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da polpa de cará-roxo (*Dioscorea trifida*)

Composição centesimal (%)		Físico-química	
Umidade	77,7 ± 0,1	Fibra solúvel (%)	0,86 ± 0,23
Cinzas	2,42 ± 0,03	Fibra insolúvel (%)	2,13 ± 0,23
Lipídios	0,13 ± 0,30	pH	6,2 ± 0,06
		Acidez titulável (mL	
Proteínas	1,00 ± 0,13	NaOH/100g)	0,22 ± 0,01
Fibras totais	2,99 ± 0,18	Sólidos solúveis (°Brix)	7,2 ± 0,21
Carboidratos	18,75 ± 0,3	Atividade de água	0,99 ± 0,00
Amido total	55,94±0,11		

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Média ± desvio padrão em base seca para todos os valores, exceto valor de umidade.

O teor de umidade assemelhou-se aos resultados encontrados por Huang et al. (2007) ao estudarem três variedades de *Dioscorea alata*, onde observaram as alterações da composição química durante o crescimento dos tubérculos e comprovaram variação de umidade entre 77,6 e 87,0 %; e por Fang et al. (2011), 78 % em cará-roxo. Valores mais baixos foram reportados por Fioreze e Morini (2000).

O teor de lípideos e cinzas foram inferiores aos resultados encontrados por Fang et al. (2011), De Paula et al. (2012) e Huang et al. (2007). Os carboidratos apresentam-se como componentes predominantes no cará-roxo, que concordam com valores também reportados por De Paula et al. (2012) e de Huang et al. (2007). O componente principal dos tubérculos é o amido, o qual pode representar até 85 % do peso seco total do tubérculo (HUANG et al, 2006).

Em relação às fibras totais, TACO (2011) e IBGE (2011) apresentaram valores inferiores ao deste estudo, 1,7g/100g e 1,8g/100g de fibras, respectivamente. Contudo, a legislação rege 3g de fibra por 100g da matéria prima para que um alimento seja considerado fonte de fibras; desta forma pode-se enquadrar o cará-roxo neste quesito (BRASIL, 2012). Pode-se inferir que, o cará-roxo é uma fonte importante de carboidratos e fibras para a alimentação humana.

5.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS AMIDOS DE CARÁ-ROXO

Teores menores de ácidos graxos, proteínas e minerais refletem processos de extração e purificação mais eficientes; quanto menor o teor destas substâncias, melhor a qualidade do amido e menor será a influencia nas propriedades do amido. Sendo que esta composição química pode variar de acordo com a fonte botânica e variedade.

Os parâmetros físico-químicos para os amidos extraídos do cará-roxo por diferentes métodos de extração estão ilustrados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos de amidos de cará-roxo (*Dioscorea trifida*)

Componentes	Extração Alcalina	Extração Aquosa
Umidade (%)	6,40 ± 0,08 ^b	7,80 ± 0,03 ^a
Cinzas (%)	0,09 ± 0,02 ^a	0,09 ± 0,03 ^a
Lipídios (%)	0,2 ± 0,15 ^a	0,3 ± 0,10 ^a
Proteínas	ND	ND
pH	5,1 ± 0,001 ^b	5,6 ± 0,001 ^a
Acidez titulável (mL NaOH/100g)	0,57 ± 0,01 ^a	0,47 ± 0,001 ^b
Atividade de água	0,28 ± 0,00 ^b	0,36 ± 0,00 ^a
Densidade (g/mL)	1,30 ± 0,01 ^a	1,01 ± 0,01 ^b
<i>L</i> *	84,8 ± 0,70 ^a	76,0 ± 0,20 ^b
<i>a</i> *	1,5 ± 0,1 ^a	0,90 ± 0,09 ^b
<i>b</i> *	8,4 ± 0,09 ^a	5,7 ± 0,09 ^b
<i>C</i> *	8,5 ± 0,07 ^a	5,74 ± 0,08 ^b
<i>H</i>	100,4 ± 0,10 ^a	99,9 ± 0,2 ^b

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

^{a,b} Os valores apresentados são as médias ± desvio padrão. Comparando dados na mesma linha para cada tipo de extração de amido com letras diferentes são significativamente diferentes (p<0,05). ND: não detectado.

O método de extração dos amidos não influenciou na composição da maioria dos constituintes menores. Não houve diferença significativa para a composição química em cinzas e lipídeos dos amidos pelos dois métodos de extração, exceto a umidade, a qual apresentou diferença significativa. Contudo, verificou-se que a composição química dos amidos está de acordo com características permitidas pela Legislação Brasileira (Resolução CNNPA n°12 de 1978 – Amidos e Féculas) (BRASIL, 1978) para amidos comerciais.

A legislação brasileira determina: máximo de 14 % de umidade e máximo de 0,50 % para teor de cinzas. Jiang et al. (2012), estudando amidos de cinco diferentes espécies de cará encontraram teores de umidade de 7,32 a 14,35 %, com método de extração enzimático e Pérez et al. (2011) extraindo com água o amido de variedades da espécie *Dioscorea trifida* relataram umidade entre 8,29 e 9,40 %. Tanto os valores de umidade como o de cinzas estão de acordo com a legislação brasileira e próximos ao relatados na literatura. Estes resultados confirmam que o percentual de minerais pode variar de acordo com a composição de cada planta.

Os teores de lipídeos encontrados neste estudo para os amidos, foram inferiores a 1 %, valores estes considerados aceitáveis e próximos de teores encontrados por Rocha, Demiate e Franco (2008), para a mandiocinha salsa (0,13 %) e por Pérez et al. (2011) para cará (*Dioscorea trifida* – 0,08 %). A maioria destes lipídeos está presente no grânulo como complexo com a amilose, uma vez que os lipídeos não complexados são removidos no processo de extração do amido (WANG; WHITE, 1994).

Marcon et al. (2007) afirmam que, altos teores de cinzas podem indicar a presença de sais associados às moléculas de amilose e amilopectina, os quais influenciam no comportamento característico de pasta, o mesmo ocorrendo com o teor de proteína. Pérez et al. (2013), encontraram valores de cinzas entre 0,1 a 0,3 % para cinco variedades de amido de *Dioscorea spp.*, concordando com os valores encontrados neste estudo. A quantidade de cinzas presente no amido de inhame foi inferior ao encontrado por Cereda et al. (2010) de 0,92 %, porém mais próximo de outro estudo por Cereda et al. (2001) que foi de 0,22 %.

Como observado na Tabela 2, os valores encontrados de pH para os amidos das duas extrações aceitáveis. Segundo Amante (1986), o pH do amido é importante, pois com o seu aumento a retrogradação diminui, sendo que em soluções alcalinas ela é inexistente. Tanto os parâmetros de pH quanto de acidez titulável podem interferir de forma indireta na qualidade tecnológica do amido. Amidos isolados a partir das três variedades *Dioscorea trifida* apresentaram pH entre 6,31-6,36 (PÉREZ et al., 2011).

A Resolução CNNPA nº 12, de 1978 (BRASIL, 1978) determina o limite máximo de acidez titulável para amido de batata de 2,0 % e amido de mandioca de 1,5 %. Smith (1977) afirma que diferenças na acidez podem ocorrer em função da época do plantio, tipo de solo, estação, localização, nutrição mineral e tempo de colheita. No caso do amido de cará-roxo, os

resultados obtidos para acidez titulável são aceitáveis, considerando o limite máximo para amidos convencionais.

Em relação à densidade, Ciacco e Cruz (2004) apontam a variação da densidade do amido de 1,40 a 1,52 g/mL. A determinação da densidade permite definir qual variedade processar e o que seria economicamente mais viável no processo de extração. A decantação é uma das operações unitárias realizadas no processo de extração. Quanto maior a densidade do amido menor será o tempo de retenção nos decantadores e/ou nas centrífugas. Além disso, é possível calcular o volume específico do material, sendo este muito útil para o dimensionamento de embalagens e equipamentos que serão usados no processamento das farinhas e dos produtos que a utilizaram como matéria prima.

A densidade dos amidos de cará-roxo (*Dioscorea trifida*) apresentaram diferença significativa entre si, apontando uma maior densidade para o amido extraído com NaOH (0,1%). Dessa forma, pode-se inferir que a diferença na densidade é devido ao tratamento de extração aplicado, e que, apesar da modificação causada essa densidade ainda é menor em relação ao que seria industrialmente interessante. Valores superiores foram encontrados por Pérez et al. (2011), em três variedades de *Discorea trifida* entre 1,38 e 1,49.

Os valores dos parâmetros de cor dos amidos de cará-roxo apresentados na Tabela 2, referem-se às coordenadas L* (luminosidade), coordenada a* refere-se a cromaticidade verde (-)/ vermelho (+) e a coordenada b* a cromaticidade azul (-)/ amarelo (+). Valores de L* mais próximos de 100 representam maior luminosidade e mais próximo de 0 representam menor luminosidade (PEREIRA; MINIM; CHAVES, 2007). De modo geral os valores de L*, a* e b* indicaram que os amidos de cará pelos dois métodos apresentaram coloração clara, podendo ser aplicados em produtos alimentícios com coloração uniforme, assim como sorvetes, sucos e doces (PELISSARI et al., 2012).

Observando os parâmetros de luminosidade (L*), o amido 1 (extração alcalina) mostrou-se mais claro, com diferença significativa em relação ao amido 2 (extração aquosa). O mesmo ocorreu para os parâmetros a* e b*, onde houve diferença significativa entre os dois amidos, com intensidade ao vermelho (a*) e amarelo (b*). Resultados semelhantes foram relatos em extração alcalina em amido de jaca, que mostrou amostras mais claras obtidas para este tipo de extração, o que pode ser observado por um aumento na luminosidade (L*). Esse fato pode ser atribuído aos menores constituintes de lipídios, proteínas e cinzas nos amidos obtidos pelo método de extração alcalina.

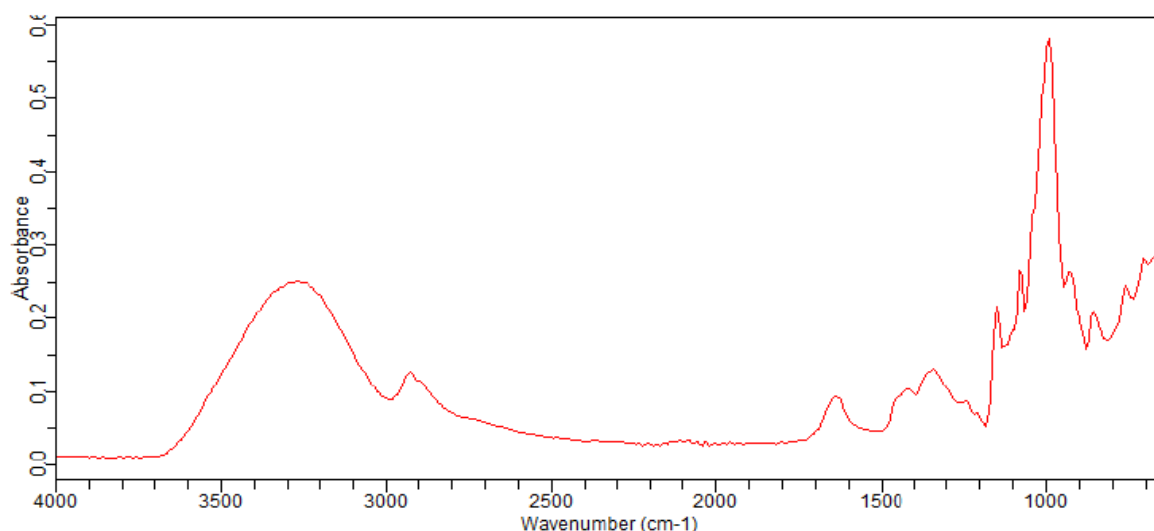
Estes dados estão em conformidade com Pérez et al. (2011 e 2013), estudando variedades de *Dioscorea trifida* apresentaram padrão branco com luminosidade (L^*) entre 94,03 a 96,68, e os parâmetros a^* e b^* com intensidade ao vermelho e amarelo, respectivamente.

Segundo Ladeira e Pena (2011), a cor branca é caracterizada pelo elevado valor da luminosidade (L^*); baixas tendências ao vermelho e ao verde ($a^* \approx 0,0$), e ao amarelo e ao azul ($b^* \approx 0,0$), e são desejáveis para produtos amiláceos. Desta forma, a combinação dos valores dos parâmetros L^* , a^* e b^* dos dois amidos permitem classificá-los como produtos brancos. Resultado semelhante foi encontrado por Santos (2010), que obteve média de 94,3 para o parâmetro L^* de polvilho azedo.

5.3 FTIR - ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER

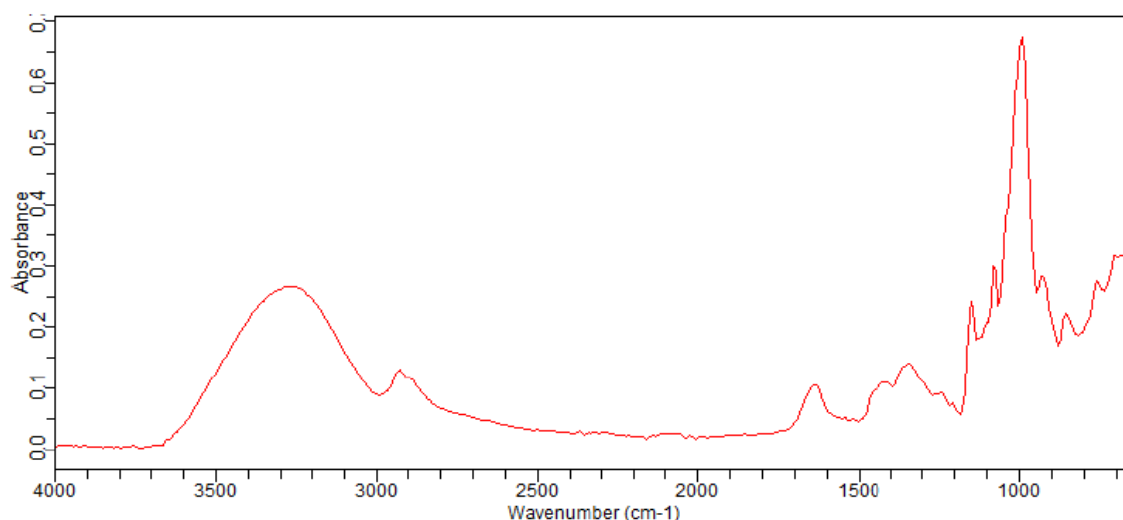
Nas Figuras 6 e 7, os espectros dos amidos de cará-roxo são apresentados considerando a região de 4.000 a 400 cm^{-1} . Esta técnica foi utilizada para identificar as bandas características dos grupos funcionais existentes nas matérias-primas utilizadas nesta pesquisa.

Figura 5. Espectro de FTIR amido de cará-roxo (*Dioscorea trifida*) - extração alcalina



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Figura 6. Espectro de amido de cará-roxo (*Dioscorea trifida*) - extração com água



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

De acordo com as Figuras 6 e 7, os espectros de FTIR representam um comportamento típico do amido. A banda larga na região de 3600-3000 observada a 3300 cm^{-1} correspondente à absorção dos grupos hidroxilas do amido. Bandas de absorção a aproximadamente 2995 cm^{-1} indicam estiramento C-H. As bandas de absorção em 1648 cm^{-1} e 1400-1460 cm^{-1} correspondem à água ligada e C-C e C-O-H, respectivamente.

A posição da banda relativa à água residual é dependente da cristalinidade do polissacarídeo. A região de absorção em 1200-1050 refere-se à impressão digital do amido. Os picos associados à impressão digital dos amidos de cará-roxo diferiram entre si neste ponto. O amido da extração alcalina (NaOH 0,1 %) mostrou um pico maior de que o amido da extração aquosa. Bandas localizadas a aproximadamente 1458 cm^{-1} , 1242 cm^{-1} e 860 cm^{-1} são designadas como vibrações associadas com grupos CH_2 . As absorções em 1340 cm^{-1} e 1024 cm^{-1} tem sido relacionadas a deformações de grupos C-OH.

5.4 RENDIMENTO

O rendimento da extração de amido a partir de tubérculos parece depender de fatores tais como o teor de amido nos tubérculos original, a estrutura e composição, as condições de conservação pós-colheita, e a eficiência do método de isolamento (DAIUTO et al., 2005). Além disso, a qualidade do amido de cará depende de vários fatores como: a época de colheita; variedade; ciclo da cultura e tratos culturais (HEREDIA, 1988).

Os tubérculos de *Dioscorea trifida* apresentaram 77,7 % de água e um rendimento de amido de 7,3 e 5,65 %, para as extrações alcalina e aquosa, respectivamente. Valor este considerado baixo quando comparado com o rendimento do amido de inhame, a qual fica entre 18 e 23 % (FRANCO et al., 2002). Esse rendimento foi inferior ao encontrado por Reis, Ascheri e Devilla (2010), quando extraíram amido de inhame variedade São Bento com ácido oxálico e oxalato de amônio obtendo 13,96 %. Liporacci, Mali e Grossmann (2005), nas mesmas condições de extração obtiveram rendimento de 10%. Por outro lado, o rendimento foi semelhante de 7 %, quando o amido foi extraído com metabissulfito de sódio a 10 % e hidróxido de sódio a 0,1 % para o mesmo estudo de Liporacci, Mali e Grossmann (2005).

Rendimentos maiores foram relatados para amido da semente de jaca, utilizando diferentes tipos de extração: $13,7 \pm 2,1$ % para a extração com água, $11,4 \pm 1,9$ % para extração com NaOH 0,05 mol/ L⁻¹ e $12,8 \pm 3,1$ % NaOH 0,1 mol/ L⁻¹ (LUCIANO, 2016). Estudo semelhante com amido de pinhão os autores encontraram o rendimento bem maior: $42,97 \pm 1,54$ % para o protocolo de extração com água, $41,26 \pm 1,23$ % para a extração com NaOH a 0,05 mol/ L⁻¹ e $40,78 \pm 1,54$ mol/ L⁻¹ para a extração com NaOH 0,1 mol/ L⁻¹. Onde não houve diferença significativa entre os rendimentos do pinhão em amido para os diferentes protocolos de extração (MUCCILLO, 2009).

Outras matérias primas com rendimento também superior foi encontrado em batata inglesa (18 % - FRANCO et al., 2002), araruta (8 a 16 % - FRANCO et al., 2002), mandioquinha salsa (5 a 23 %) (ROCHA et al, 2008) grão-de-bico (28 % - OLIVEIRA, 2007), mandioca (22,7 % - CEREDA et al., 2002), biri (11,44 % - LEONEL et al., 2002), banana (5 a 8 % - FREITAS; TAVARES, 2005).

Soluções químicas diferentes podem resultar em diferenças na morfologia granular e as propriedades do material resultante amido (DAIUTO et al., 2005). Outros autores relataram rendimento de amido de espécies de *Dioscorea*: *D. rotundata* (MOORTHY; NAIR 1989), *D. opposita* (ZHOU et al., 2012), *D. esculenta*, e *D. alata* (JAYAKODY et al., 2007) que variou de 10 a 25 % (base úmida), e *D. alata*, *D. cayenensis*, *D. dumetorum*, e *D. esculenta* variou de 85 a 88 % (base seca) (EMIOLA; DELAROSA, 1981). Segundo Zhu (2015), o rendimento do amido (o razão entre o amido resultante no amido original no tubérculo pelo peso) a partir de tubérculos de inhames não tem sido dado na maioria dos artigos.

5.5 MEV

As microscopias dos grânulos de amidos, resultantes das extrações alcalina (amido 1) e aquosa (amido 2) obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) estão expostas na Figura 10.

Observou-se que o amido 1 (extração alcalina), apresentou características morfológicas semelhantes ao amido 2 (extração aquosa), quando observados em MEV. Os dois amidos apresentaram grânulos inteiros e não danificados, pequenos, formatos oval ou alongados, com estruturas lisas e sem fissuras.

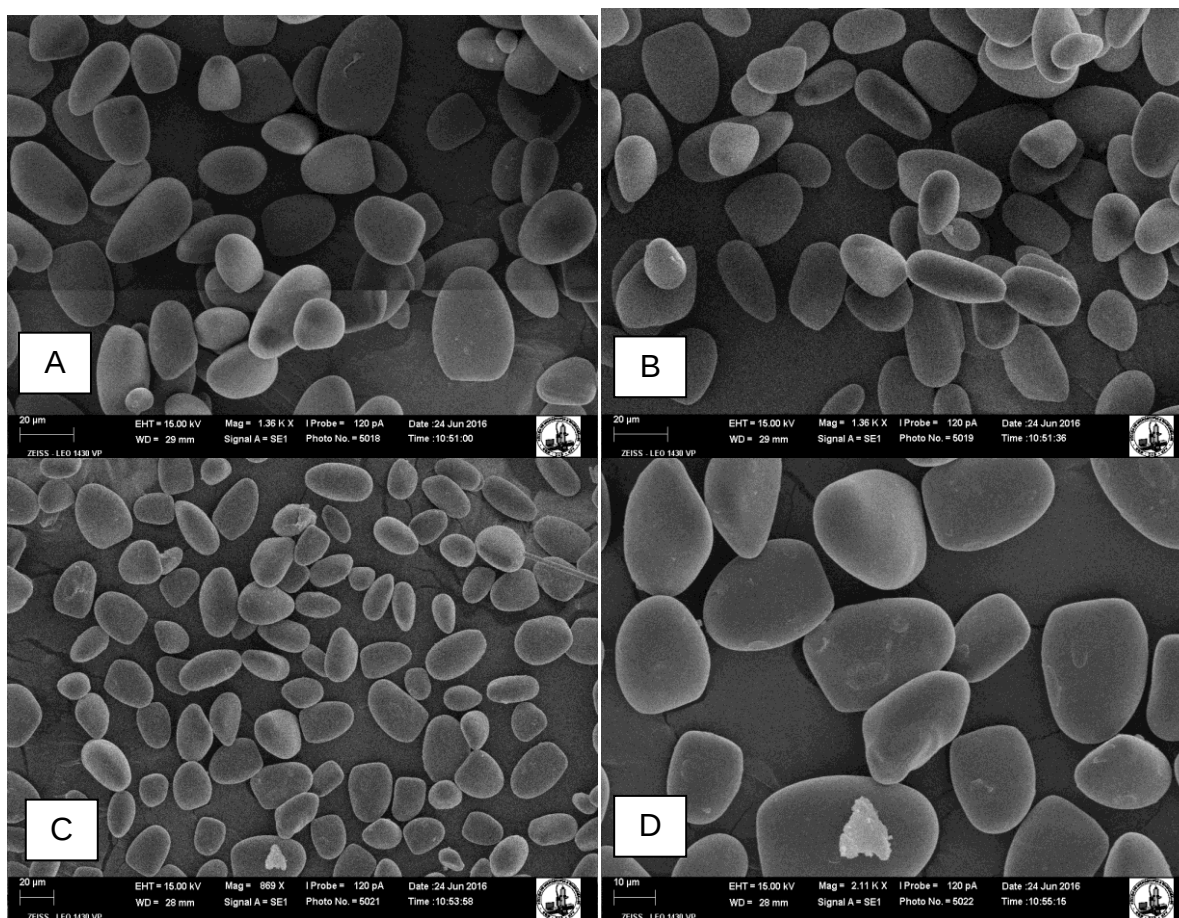
Resultado em conformidade com o estudo de Wang et al. (2011), com amido de *Dioscorea opposita* por extração alcalina e enzimática, mostrou a presença de grânulos de amido pequeno a grande, redondo ou cubóide ou ovais ou irregulares, com intervalos de diâmetro entre 5 a 20 e 20 a 50 μm para pequenos e grandes grânulos, respectivamente; superfície suave e sem nenhuma evidência de quaisquer fissuras, indicando o tipo de extração não proporcionou grande impacto sobre a estrutura dos amidos.

Grânulos com diâmetro homogêneo influenciam na biodegradabilidade dos amidos contidos em plásticos; grânulos com tamanho maior, tem sido evitados em produtos comestíveis como molhos e sobremesas lácteas que exigem sensação de maciez na boca; e grânulos pequenos, podem ser usados como substitutos de gorduras devido ao tamanho semelhante ao dos micélio de lipídios (DAIUTO, 2005).

É notório nas imagens do MEV, que o amido 2 (extração aquosa) apresentou outros constituintes aderidos à superfície dos grânulos de amido. Possivelmente fibras que não foram separadas durante a extração. Características similares foram encontradas por Jiang et al.(2012) com extração com NaOH e Pérez et al. (2011) com extração aquosa, encontrando formas ovais e esféricas, lisas e sem fissuras.

Correia et al.(2012) estudaram dois métodos de extração: com solução alcalina e enzimática, sobre as propriedades funcionais, térmicas e viscoelásticas de pastas de amido de castanha portuguesa, e concluíram que a extração alcalina com 0,25% de NaOH, foi a que melhor preservou a ordem molecular e, conseqüentemente, as propriedades funcionais desse amido.

Figura 7. Microscopia Eletrônica de Varredura de amido de cará-roxo (*Dioscorea trifida*).



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Figuras: A e B - extração alcalina; C e D - extração aquosa.

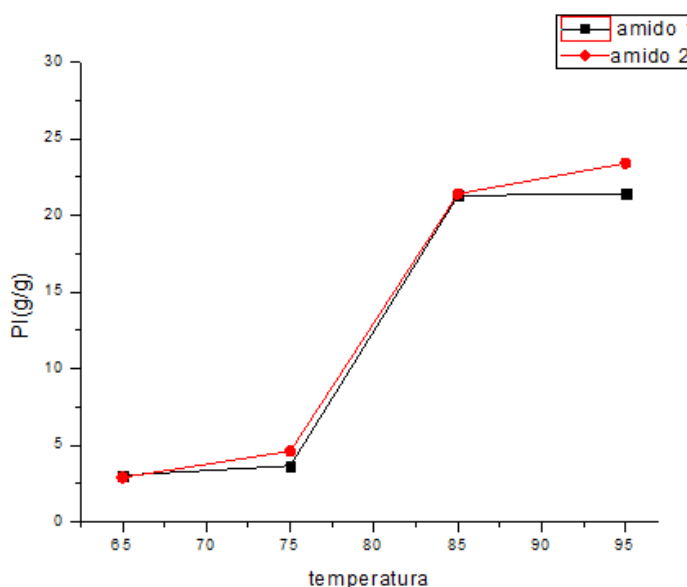
5.6 PODER DE INCHAMENTO E SOLUBILIDADE

Padrões de poder de inchamento e de solubilidade são necessários para fornecer algumas informações sobre a natureza da ligação associativa dentro dos grânulos de amido. O arranjo das moléculas de amilose e amilopectina na estrutura granular e a sua concentração podem afetar o intumescimento e a solubilidade do amido (PÉREZ et al., 2011).

As curvas de poder de inchamento dos dois amidos extraídos mostraram um crescimento contínuo com o aumento da temperatura, com pico em 85 °C e um pequeno aumento na temperatura de 95 °C para o amido 2 (extração com água) (Figura 9). Isso indica que os dois amidos possuem grande capacidade de absorção de água e resistência à ruptura. Segundo Ciacco e Cruz (1982), a consequência direta do intumescimento é o aumento na solubilidade, claridade e viscosidade da pasta do amido. Os valores de poder

de inchamento dos amidos de cará-roxo não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) para todas as temperaturas.

Figura 8. Poder de Inchamento de amidos de cará-roxo (*Dioscorea trifida*)



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Tanto o poder de inchamento (PI) quanto o índice de solubilidade (SO) dependem do arranjo das moléculas de amilose e amilopectina nos grânulos de amido, que controlam o comportamento do amido em água (AMANTE, 1986). Jiang et al. (2012), em estudo com cinco diferentes espécies de *Dioscorea spp.*, apresentaram PI variando entre 8,85 a 16,92 %, enquanto que os valores de SO variaram entre 11,14 a 30,04 % (65 a 95 °C), valores estes inferiores aos dados desta pesquisa.

O amido 2 (extração com água) apresentou os maiores valores para o poder de inchamento e índice de solubilidade, 23,63 e 40,09 %, respectivamente, na temperatura de 95 °C. O mesmo foi observado por Jiang et al. (2013), quando investigaram as características, propriedades e relações de amidos de dez diferentes variedades de *Dioscorea opposita.*, encontraram maiores valores para poder de inchamento (10,83 a 16,59 g/g) e solubilidade (12,21 a 19,24 %) à temperatura de 95 °C para todas as variedades.

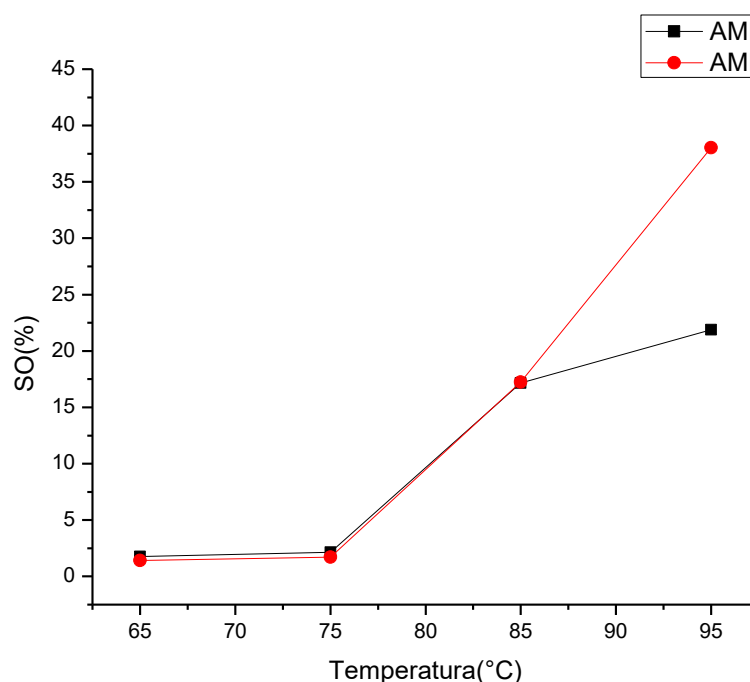
Segundo Thomas e Atwell (1997) os amidos de batata, de mandioca e os cerosos apresentam alto poder de inchamento. Contudo, amidos ricos em amilose apresentam grânulos com inchamento limitado. Viell (2015) encontrou valores inferiores para o amido de mandioca nativo, de 22,90 g/g para o poder de inchamento e 16,63 % de solubilidade a 90 °C.

Outros autores relataram poder de inchamento variando de 10,8 a 16,4 % e solubilidade de 7,2-13,5% em variedades de *D. alata* e *D. cayenensis-rotundata*, valores entre 18,8 a 25 % para poder de inchamento e 10,8 a 12,4 % para solubilidade a 75° C para *D. alata* e *D. rotundata* e valores de poder de inchamento 20,5 a 37 % e solubilidade 2,1 a 4,4 % à 90 °C encontrados para *Dioscorea trifida* (MOORTHY, 1997; JAYAKODY et al., 2007; PEREZ et al., 2011).

A solubilidade é resultante do lixiviamento da amilose. A medida que os grânulos continuam se expandindo, ocorre a lixiviação da amilose da fase intergranular para a fase aquosa, resultando no aumento substancial das propriedades reológicas do sistema (DENARDIN; SILVA, 2009).

Sukhija et al. (2016) ao estudarem um tipo de inhame (*A. paeoniifolius*) da Índia, observaram aumento do poder de inchamento e solubilidade dos amidos nativos e modificados, com o aumento de temperatura (55 a 95 °C). Segundo os autores o aumento da solubilidade dos amidos oxidados pode ser o resultado de enfraquecimento estrutural. Na Figura 9 pode-se observar as variações de solubilidade comparando os dois amidos das extrações alcalina e aquosa estudados nesta pesquisa.

Figura 9. Solubilidade de amidos de cará-roxo (*Dioscorea trifida*)



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Valores semelhantes para solubilidade foram encontrados por Wang et al. (2011), ao avaliarem as propriedades de amidos de *Dioscorea Opposita* Thunb obtidos a partir de resíduos de cará, que foram extraídos com tratamentos alcalino e enzimático comparados ao amido nativo, onde tanto o poder de inchamento quanto a solubilidade entre as amostras foram ligeiramente diferentes. Contudo, os autores encontraram solubilidade maior para o amido nativo seguido do amido resultante do tratamento alcalino entre 65 e 80 °C (18 a 24 %).

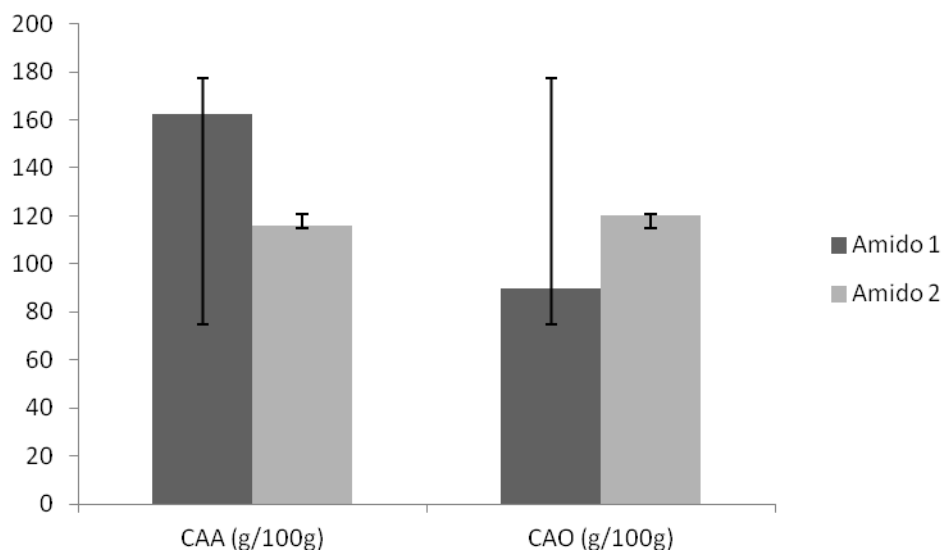
Amidos de cará-roxo apresentam poder de inchamento (22,34 e 23,39g/g) e solubilidade (21,89 e 38,03 %) altos a 95 °C, se comparado a outras fontes a 90 °C como grão de bico (13,6 g/g e 14,9 %), gengibre (8,62 g/g e 6,74 %), e inferiores ao de mandioca (78,33 g/g e 30,47 %) que possui altos valores para poder de inchamento e solubilidade.

Os valores encontrados podem ser justificados pelo maior conteúdo de amilopectina, baixos teores de lipídios que não interferiam na gelatinização do amido, bem como menor estabilidade granular que aumenta a capacidade de inchamento do grânulo.

5.7 CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (CAA) E ÓLEO (CAO)

A capacidade de absorção de água (CAA) está relacionada à disponibilidade de grupos hidrofílicos (–OH) em se ligar às moléculas de água e à capacidade de formação de gel das moléculas de amilose e amilopectina (COLONNA et al., 1984). A seguir estão apresentados os resultados com índices de capacidade de absorção de água e óleo pelos amidos do cará-roxo (Figura 10).

Figura 10. Capacidade de absorção de água e óleo de amidos de cará-roxo (*Dioscorea trifida*)



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Dados em porcentagem g/100g. 1: amido de extração alcalina; 2: amido de extração aquosa. Barras de erro com desvio padrão.

O maior valor para absorção de água foi apresentado pelo amido 1 (162,3%), referente a extração alcalina. O que foi significativamente diferente em relação à absorção de água pelo amido 2 (115,8 %) extração aquosa. Essa elevada capacidade de absorção de água, é uma propriedade relevante para aplicações em produtos cárneos, e de panificação (pães e bolos) (PORTE, 2011).

Ao contrário, o amido que apresentou maior absorção de óleo foi o amido 2 (120%), significativamente diferente da absorção do amido 1 (89,8%). O mesmo foi encontrado para amido de manga, onde o amido oxidado apresentou maior capacidade de absorção de água (105,9 g/100g), enquanto o amido nativo demonstrou maior capacidade de absorção de óleo (59,78 g/100g) (MENDES; BORA; RIBEIRO, 2012).

Reis, Ascheri, Devilla (2010) descreveram a capacidade de absorção de água encontrada para o amido de inhame de 2,22 kg kg⁻¹ e capacidade de absorção de óleo de 2,39 kg kg⁻¹, o que também indica a baixa solubilidade deste amido em óleo.

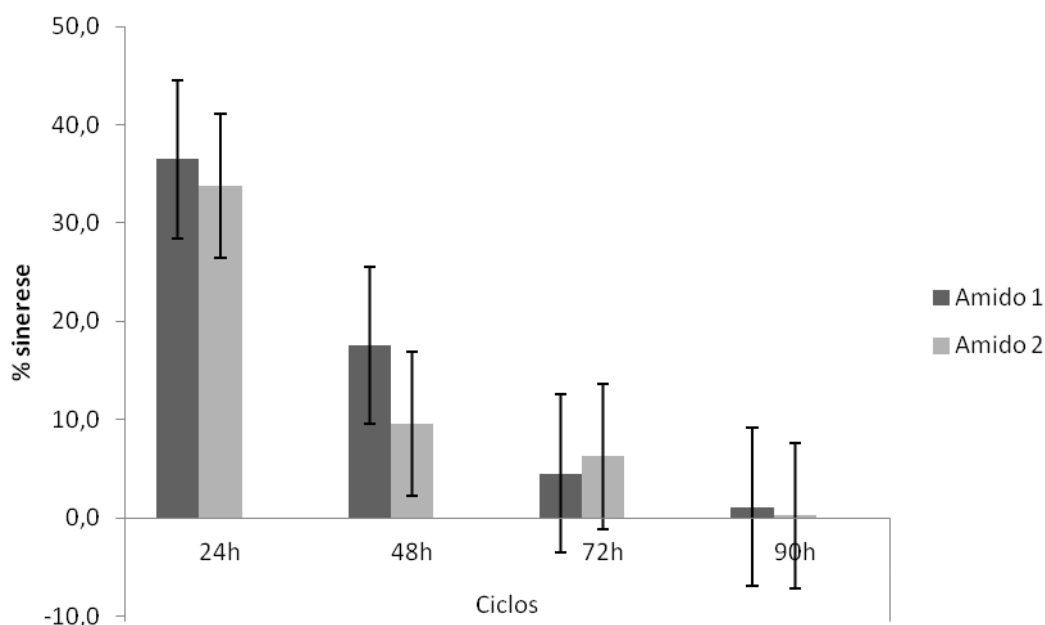
5.8 CICLO DE CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO

Os ciclos de congelamento/descongelamento permitem observar a resistência do amido em relação à temperatura de congelamento e descongelamento, e retenção de água no gel a qual influencia na qualidade do amido e direciona suas características em termos de

aplicabilidade em alimentos que devem ser refrigerados e/ou congelados, considerando que a liberação de água é geralmente prejudicial à qualidade do produto final (SILVA et al., 2013).

Na Figura 11, observa-se a perda de água, ou sinerese, dos géis de amido de cará-roxo em função do tempo de estocagem, chegando a menos de 5 % em 4 dias. Os géis de amido que foram descongelados todos ao mesmo tempo e novamente congelados, exibiram intensa perda de água já a partir do primeiro dia de armazenamento, mostrando que os ciclos de congelamento-descongelamento favoreceram o envelhecimento do gel. A taxa de perda de água apresentada é consideravelmente baixa, visto que está associada a uma diminuição da reassociação molecular durante o resfriamento e estocagem, resultando em menor liberação de água.

Figura 11. Ciclo de congelamento e descongelamento de amidos de cará-roxo (*Dioscorea trifida*).



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Ciclo de congelamento/descongelamento de amidos de cará-roxo (*Dioscorea alata*) submetidos a dois métodos de extração diferentes com intervalos de 24h/4 dias.

Em todos os ciclos o amido 1 apresentou maior perda de água se comparado ao amido 2, exceto para o ciclo de 72h. Viell (2015) em estudo com amidos de mandioca nativos e modificados, em quatro ciclos mostrou perda considerável de água desde as primeiras 24h (1º ciclo). Estes valores de sinerese dos amidos estão bem abaixo dos encontrados em amido de lentilha encontrados por Ratnayake et al. (2001) para os cinco ciclos de

congelamento/descongelamento e para amido de fruta-do-lobo, onde os autores encontraram 26,1 % após 5 dias (SANTOS, 2009).

O ciclo de congelamento e descongelamento evidenciou uma considerável tendência a retrogradação, devido à alta liberação de água já no primeiro ciclo. No entanto, nos ciclos seguintes esta tendência foi diminuindo. Em estudo com variedades de mandioca, a variedade Manteiga foi a que apresentou uma tendência a maior perda de água com o passar do tempo, indicando uma retrogradação progressiva, que foi se instalando com o passar do tempo (NUNES; SANTOS; CRUZ, 2009).

Segundo Wurzburg (1986), as pastas de amidos de milho, trigo ou arroz, que contêm teores relativamente elevados de amilose se tornam opacas e formam géis durante o resfriamento. Pastas obtidas de féculas de batata ou de mandioca, por outro lado, geralmente permanecem mais claras (menos opacas) e, embora ao resfriarem apresentem um certo aumento de viscosidade, não chegam a formar géis opacos. O que está de acordo com os géis apresentados neste estudo, que permaneceram mais claros até o final do ciclo.

A metodologia de congelamento e descongelamento objetiva simular o que ocorre no ciclo da produção industrial no consumo final. No entanto, o comportamento da pasta de amido é de interesse, pois maior liberação de água prejudica a textura do produto, características estas indesejáveis para o processo, sendo assim os dois amidos extraídos de cará-roxo podem ser utilizados na produção de molhos para saladas e sobremesas, os quais exigem pouca ou até mesmo nenhuma tendência a liberação de água (SANTOS, 2009).

Daiuto e Cereda (2006), em estudo com amidos submetidos a diferentes pH apresentaram um grupo de géis de féculas com menores valores de porcentagem de liberação de água, no pH 3,5, quando a maioria dos géis dos outros amidos se liquefez. Este seria um grupo resistente à esterilização, mantendo uma estrutura de gel e liberando uma quantidade de água relativamente menor que as outras féculas e atingindo o valor de 0% de liberação de água neste pH. O grupo de géis de féculas estudado engloba amidos de inhame e mandioquinha-salsa.

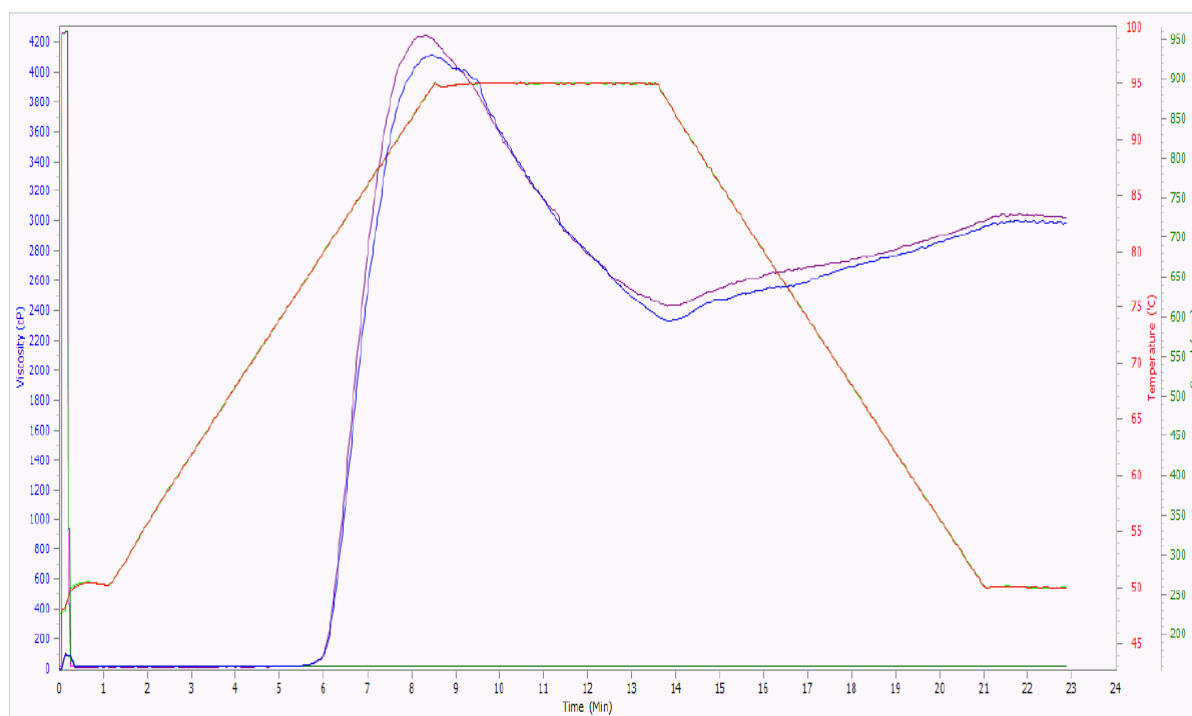
5.9 PROPRIEDADES DE PASTA – RVA

Os resultados referentes às propriedades de pasta, avaliadas pelo RVA, dos amidos de cará-roxo, expressos em pico de viscosidade, quebra de viscosidade, viscosidade final, retrogradação e temperatura de pasta, caracterizando os perfis viscoamilográficos desses amidos, estão apresentados na Tabela 3 e as curvas de RVA podem ser observadas na Figura 12.

De acordo com Thomas e Atwell (1999), os amidos de raízes tuberosas têm temperaturas de pastas (viscosidade inicial) mais baixas que os amidos de cereais, o que foi verificado neste trabalho. A viscosidade inicial expressa o momento em que polímeros com baixo peso molecular, particularmente moléculas de amilose, começam a ser lixiviadas dos grânulos. O maior valor de temperatura de pasta foi encontrado para o amido 1, o qual atingiu 82 e 79,5 °C para o amido 2. Estes valores foram maiores do que os amidos de batata (65,4 °C) e mandioca (70,6 °C), amido de arroz (62,9 °C) e amido de manga (76,72 °C) (BARTZ et al., 2012; MENDES; RIBEIRO; ALMEIDA, 2015).

Estudos com *Dioscorea ssp.* confirmam os resultados deste estudo, onde relataram alta temperatura de pasta ($\cong 95$ °) e estabilidade térmica em relação a amidos de batata-doce (66 a 68 °C), mandioca (60 a 70 °C), taro (70 a 75 °C), araruta (72 a 75 °C) (SONI et al., 1985; MOORTHY; NAIR, 1989; HOOVER, 2001). Por outro lado, estudos também com *Dioscorea ssp.* exibiram temperaturas mais baixas (50 a 78 °C) (PÉREZ et al., 2011; JIANG et al., 2012).

Figura 12. Curvas dos perfis viscoamilográficos de amidos de cará-roxo extraídos por dois diferentes métodos



Linha roxa: amido 1 (extração alcalina); linha azul: amido 2 (extração aquosa).

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

As altas temperaturas podem ser justificadas pela presença de fortes forças de ligação no interior do grânulo que resistem à quebra durante o período de aquecimento. A alta força do gel do amido é desejável em muitas aplicações na indústria alimentícia, por exemplo, como um bom espessante (WURZBURG, 1986).

Tabela 3. Propriedades de pasta de amidos de cará-roxo (*Dioscorea trifida*)

Extrações	Temperatura de pasta (°C)	Pico de viscosidade (cP)	Quebra de viscosidade (cP)	Viscosidade Final (cP)	Tendência à retrogradação (Setback)
Amido 1	82,0 ^a ±0,02	4740,5 ^a ±0,01	1745,5 ^a ±0,09	3173,5 ^a ±0,07	651 ^a ±0,004
Amido 2	79,5 ^b ±0,02	4178,0 ^b ±0,01	1796,5 ^a ±0,09	3002,5 ^a ±0,07	591,0 ^b ±0,004

Fonte: Dados da pesquisa (2016) **Fonte: Dados da pesquisa (2016).** ^{a,b} Os valores apresentados são as médias ± desvio padrão. Comparando dados na mesma coluna para cada tipo de extração de amido com letras diferentes são significativamente diferentes (p<0,05)

Os viscoamilogramas dos dois amidos apresentaram formato pontiagudos (retos), indicando homogeneidade dos grânulos, o que pode ser observado pela microscopia de varredura eletrônica (MEV). Um pico de viscosidade é obtido durante o empastamento,

quando existe a maioria dos grânulos totalmente inchados, grânulos intactos e o alinhamento molecular de qualquer polímero solubilizado ainda não ocorreu dentro do campo de atrito do instrumento (TSAI; LI; LII, 1997; WHISTLER; BeMILLER, 1997).

Após o início da formação de pasta, os grânulos começaram a intumescer, aumentando a viscosidade até uma viscosidade máxima, a qual é demonstrada por um pico agudo que apareceu a partir de 4,5 minutos (tempo do pico) e foi significativamente maior para o amido 1 (4740,5 cP), seguido por uma quebra da viscosidade menor, porém não significativa, quando comparado ao comportamento do amido 2 (Tabela 3), demonstrando assim, que o amido 1 apresenta uma menor tendência a resistir ao aquecimento. Um maior valor de quebra (*breakdown*) indica uma ruptura ou menor tendência do grânulo de resistir às forças de cisalhamento durante o aquecimento (KARIM et al., 2008).

As viscosidades máximas para amidos de *Dioscorea sp.* foram inferiores a 1800-2250 cP. Em comparação com outro estudo sobre amidos nativos e cerosos utilizando o mesmo equipamento RVA, os amidos *Dioscorea trifida* "Mapuey" apresentaram uma viscosidade mais baixa do que as batatas nativo e ceroso (2,550 e 2441 cP, respectivamente), porém viscosidades significativamente mais elevadas do que as de milho e milho ceroso (176 e 973 cP), arroz (343 e 498 cP) e mandioca (954 e 1119 cP) (PEREZ et al., 2011).

O amido de cará-roxo produz pastas viscosas de forma mais lenta. Em estudo com tubérculos e raízes, Huang et al. (2010), apresentaram amido de batata doce (486,2 RVU) com pico de viscosidade maior do que o amido de taro (296,4 RVU).

No caso de pastas de amido de milho ceroso, as mesmas se comportam como as obtidas de féculas, tendo inclusive menor tendência à retrogradação. Os valores do perfil para tendência a retrogradação (*setback*) foram muito menores para amido 1 (extração alcalina). O que implica em uma menor reassociação dos grânulos de amido, resultando em uma baixa liberação de água e menor estabilidade.

O perfil de viscosidade para os dois amidos estudados, apresentaram características desejáveis para preparações de molhos ou sopas que precisam ser cozidos por 5 a 10 min, como uma alternativa sendo ingrediente de preparações que requerem alta viscosidade, em altas temperaturas, pois seus grânulos intumescem lentamente e apresentam viscosidade mais estável ao aquecimento (WEBER, 2009).

5.10 PROPRIEDADES TÉRMICAS

As temperaturas de gelatinização, obtidas das curvas de DSC, são definidas como as temperaturas de pico (T_p), e a quantidade de energia requerida para essa transição é a entalpia de gelatinização (ΔH). As curvas típicas são mostradas nas Figuras 13 e 14, que representa, um único pico de transição endotérmico, que indica o início da gelatinização do amido e a intensidade de curva representa a entalpia de gelatinização. A Tabela 3 contém os valores obtidos para temperatura inicial de gelatinização (on-set – T_i), temperatura de gelatinização (temperatura de pico – T_p), temperatura de complexação (temperatura final – T_f) e entalpia de gelatinização (ΔH).

Tabela 3. Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) para amidos de cará-roxo.

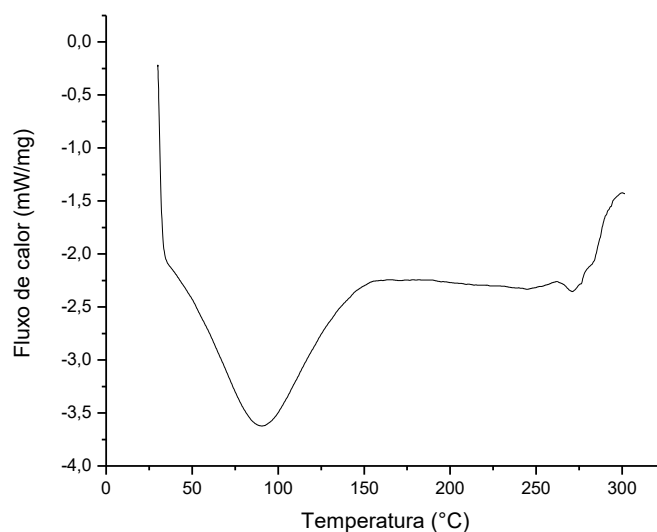
	DSC - Gelificação			
	T_o (°C)	T_p (°C)	T_f (°C)	ΔH (J/g)
Amido 1	32,09	90,56	136,24	-629,59
Amido 2	34,79	90,02	136,49	-617,95

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Ambos os amidos apresentaram altas temperaturas de gelatinização em temperaturas de pico e final, enquanto que a temperatura inicial foi bem menor. A quantidade de entalpia foi um tanto maior para o amido 1, sendo os dois amidos caracterizados por reações exotérmicas, pois apresentaram entalpias com valores negativos. Segundo Pérez et al. (2011), a temperatura inicial de gelatinização e a temperatura final são medidos por calorimetria de exploratória diferencial (DSC) e analisador rápido viscosid (RVA) com temperaturas de 69,4 e 75,0 °C para o inhame amarelo, 71,5 e 78,2 °C para o inhame branco, 76,5 e 79,8 °C para inhame água, e 78,1 e 83,1 °C for inhame amargo, respectivamente.

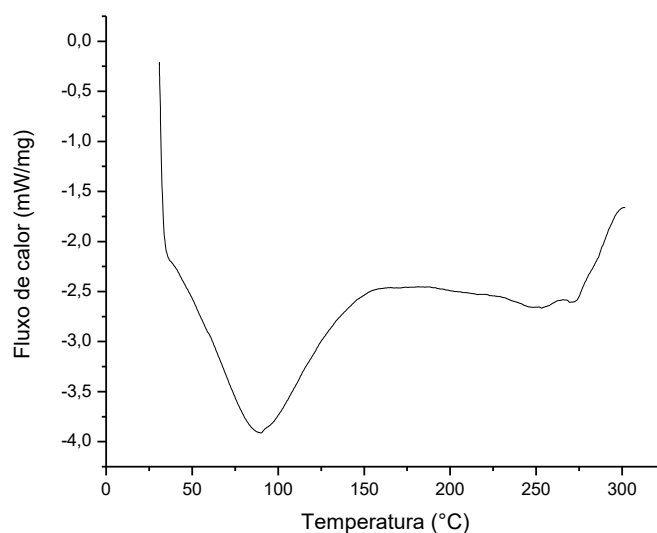
A temperatura e a entalpia de gelatinização para o amido de cará-roxo não foram influenciadas pelo tipo de extração. Um pico com uma menor faixa de temperatura indica menor heterogeneidade nos cristais de amilopectina (PAREDEZ-LOPEZ, BELLO-PÉREZ; LÓPEZ, 1994). O que não ocorreu com as amostras deste estudo. Para ambos os amidos as temperaturas de gelatinização foram bem altas indicando uma homogeneidade das moléculas de amilopectina.

Figura 13. Curva de DSC de amido de cará-roxo extraído por tratamento alcalino.



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Figura 14. Curva de DSC de amido de cará-roxo extraído por tratamento aquoso.



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

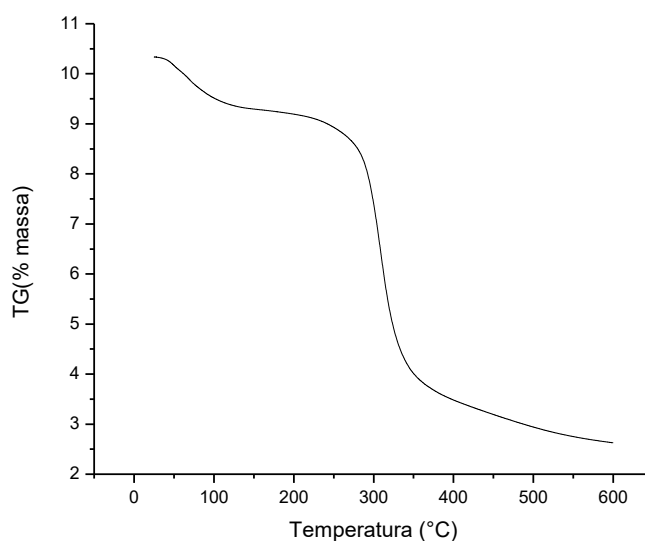
Outros estudos com inhames africanos mostraram gelatinização inicial do amido medidos por DSC entre 69,1 e 73,4 °C, gelatinização de pico e final apresentaram valores de 73,0-77,3 °C e 81,4-83,6 °C, respectivamente. Entre raízes e tubérculos, amido de inhame tem a maior resistência ácida para além da resistência térmica. A variação de entalpia de gelatinização (ΔH) foi relatada pelos autores entre 13,7-20,3 J/g⁻¹ (AMANI et al, 2003-2005). Diferentemente, Pérez et al. (2011) apresentaram variação de entalpia de gelatinização (ΔH)

entre 22,4-25,3 J/g⁻¹ para espécies de *Dioscorea sp*, com a maior variação de entalpia para o amido de inhame roxo.

A Tabela 5 e as figuras 15 e 16 fornecem dados referentes ao comportamento do amido de cará-roxo extraídos por diferentes processos, durante o aumento gradativo de temperatura.

O tratamento térmico em amidos normalmente leva à sua despolimerização quando a temperatura aplicada excede os 300 °C. O amido passa por uma série de alterações irreversíveis: num primeiro momento a alteração estrutural leva o polímero à formação de pirodextrinas. Em temperaturas mais elevadas ainda, a despolimerização das macromoléculas levam à formação de levogluconas, furfural, produtos de baixa massa molecular e voláteis, enfim, produtos carbonáceos (cinzas) (AGARWALL; DOLLIMORE, 1998).

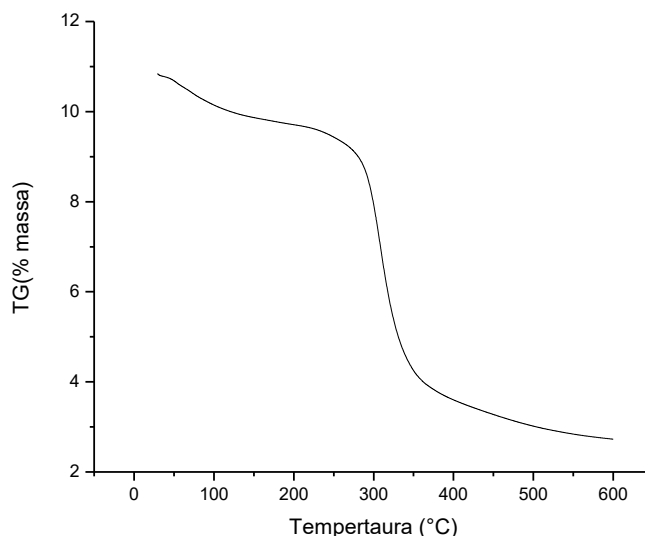
Figura 15. Curva de TG amido de cará-roxo por extração alcalina.



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Como observado na Figura 15, para o amido extraído com NaOH apresentou a primeira perda de massa entre 30 e 130 °C, mostrada pela curva TG. Uma vez desidratados os compostos ficaram estáveis até 287,81 °C. A segunda perda de massa dos compostos anidros ocorreu entre 287,81 e 336,58 °C, correspondentes a picos endotérmicos de 310,07 °C que são atribuídos a decomposição térmica que ocorre inicialmente sem processo oxidativo. A última perda de massa ocorreu entre 336,58 e 547,03 °C, registrada por um pico exotérmico. O restante é resultado de materiais que não conseguiram volatilizar na temperatura final de análise (600 °C), tais como as cinzas.

Figura 16. Curva de TG de amido de cará-roxo por extração aquosa.



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Na Figura 16, para o amido extraído com água, a primeira perda de massa ocorreu entre 30 e 130 °C, mostrada pela curva TG. Uma vez desidratados os compostos ficaram estáveis até 289,64 °C. A segunda perda de massa dos compostos anidros ocorreu entre 289,64 e 340,57 °C, correspondentes a picos endotérmicos de 311,54 °C que são atribuídos a decomposição térmica. A última perda de massa ocorreu entre 340,57 e 561,60 °C, registrada por um pico exotérmico. O restante é resultado de materiais que não conseguiram volatilizar na temperatura final de análise (600 °C), tais como as cinzas.

5.11 DIFRAÇÃO DE RAIO-X

A caracterização de cristais de grânulos de amido tem sido frequentemente realizada usando difração de raios-X padrões, os quais são classificados como A, B ou C padrão. De acordo com os modelos atuais de amido grânulo, moléculas de amilopectina duplas paralelas resulta na formação de regiões cristalinas, enquanto moléculas de amilose resultam na formação de regiões amorfas na estrutura do amido (CHEETHAM; TAO, 1998).

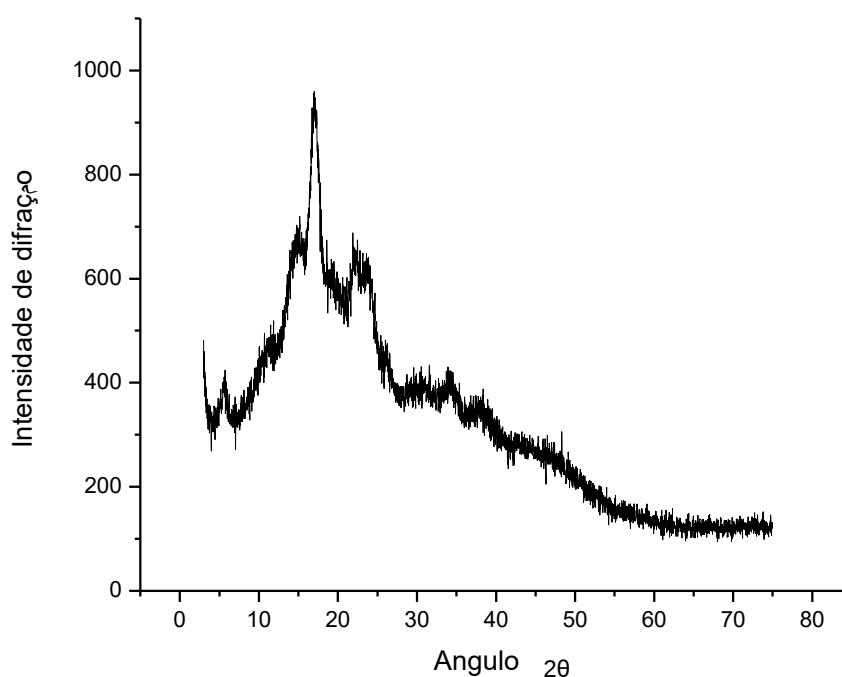
A difratometria de raios-X permite realizar estudos morfológicos em materiais determinando sua estrutura cristalina e o percentual de cristalinidade. Os raios-x interagem com um material cristalino e geram padrões de difração, sendo que cada substância tem o seu padrão, que é único e representa a sua identidade. Quanto maior o número de cristais em um plano de uma estrutura, mais intensos, pontiagudos e estreitos serão os picos na difração de

raio-X. As partes amorfas geram picos mais longos e menores (THERMO ARL, 1999; NETO, 2003).

Os difratogramas de raios-X dos amidos estão apresentados nas Figuras 17 e 18, amido extração alcalina e aquosa, respectivamente. Os dois amidos apresentaram difratogramas muito semelhantes entre si, indicando que o tratamento de extração não afetou a cristalinidade dos produtos. Foram observados quatro picos principais em torno dos ângulos de difração 2θ de 15, 17, 22 e 24°, aproximadamente. Classificando-os como padrão tipo B.

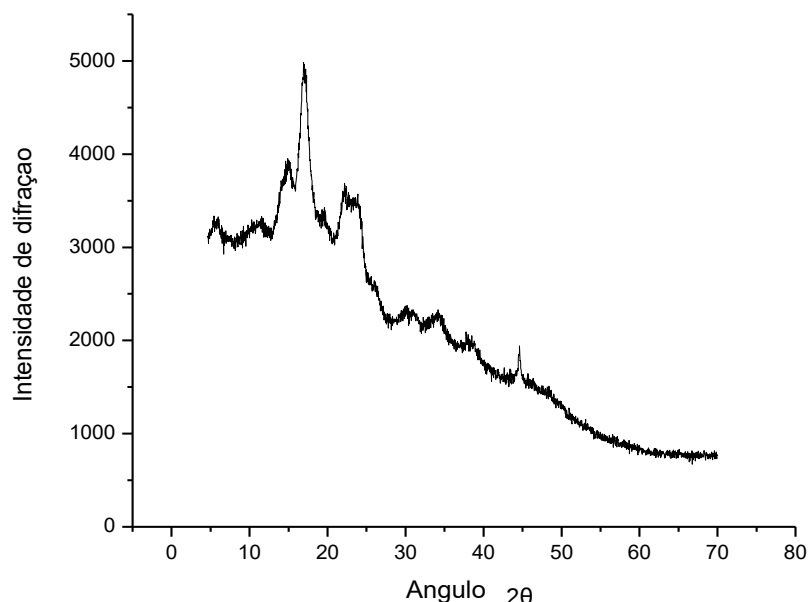
Os amidos de batata, tubérculos em geral e de banana possuem cristalinidade com padrão B (látice hexagonal). Os amidos com cristalinidade tipo B têm formatos e tamanhos θ similares e são resistentes à hidrólise, tanto enzimática quanto ácida. Os do tipo C também são encontrados em ervilhas e feijão (TANG, MITSUNAGA; KAWAMURA, 2006).

Figura 17. Difratograma de raio x de amido de cará-roxo por extração alcalina.



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Figura 18. Difratoograma de raio x de amido de cará-roxo por extração aquosa.



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Padrões de cristalinidade semelhantes foram encontrados por Rocha, Demiate e Franco (2008) para amido de mandioquinha-salsa com picos a 15°, 17,2°, 19,8° e 22,6°. Freitas e Tavares (2005) encontraram um padrão de difração tipo B ao estudar a cristalinidade de amido de banana verde. Amidos com padrão de difração tipo B são mais rapidamente atacados por enzimas devido à heterogeneidade dentro do grânulo, com regiões resistentes separadas por áreas mais abertas e acessíveis. Isso tem sido explicado pela existência de micelas cristalinas fortemente associadas separadas por regiões amorfas (ROSENTHAL et al., 1973, LEONEL et al., 2003).

Por outro lado, espectros de difração de amidos de *Dioscorea opposita* mostraram quatro fortes picos de difração a 5,6, 14,8, 17,0 e 23,1 ° de 2θ; picos de difração em torno dos 5,6 e 17,0 ° de 2θ, característicos de tipo B padrão. Os outros dois picos a 14,8 e 23,1 ° de 2θ eram indicativos do padrão do tipo A. Assim, os três amidos extraídos por diferentes tratamentos foram classificadas como do tipo C, que era uma mistura de tipos A e B (WANG et al., 2011).

O difratograma de raios-X de *D. alata*, *D. cayenensis*, *D. rotundata* é de tipo B (7, 15, 21), *D. dumetorum* mostra padrão tipo A (21,22,24,32), *D. opposita* padrão tipo C (7,17,18,22,24). Os amidos da *D. cayenensis-rotundata* são uma mistura de tipos cristalinos,

com média de 70% do tipo B (WANG et al., 2008; YUAN et al., 2007; AMANI et al., 2005; PEREZ et al., 2011).

6 CONCLUSÕES

O amido da extração alcalina apresentou maior rendimento como esperado. Maior capacidade de absorção de água, característica que permite o uso em produtos de panificação; menor capacidade de absorção de óleo podendo ser usado em empanamento de produtos; observou - se grânulos pequenos e maior densidade. Para este amido, a tendência a retrogradação foi maior, confirmados pelo ciclo de congelamento e descongelamento e dados do RVA. As temperaturas de gelatinização altas remetem este amido como ingrediente em produtos que passem por agitação constante e altas temperaturas.

O amido resultante da extração aquosa também apresentou características satisfatórias, como maior poder de inchamento e solubilidade, menor sinerese, menor capacidade de absorção de água, porém seu rendimento foi menor, a capacidade de absorção de óleo maior, menores temperaturas de gelatinização e maior tendência a retrogradação. Desta forma, este amido pode ser interessante em processos que requerem amidos mais estáveis ao aquecimento e resfriamento. Além disso, uma alta viscosidade é desejável para usos industriais, nos quais o objetivo é o poder espessante.

Os métodos de extração estudados apresentaram modificações interessantes em algumas propriedades dos amidos. Contudo as características preservadas e as modificadas não trouxeram malefícios as funções destes amidos, os quais se mostraram com amplas funções para a área de alimentos. Para aprimoramento dos conhecimentos na área de tecnologia de alimentos, faz-se necessário o desenvolvimento de futuros trabalhos para que fatores como rendimento e modificações na estrutura e comportamento do amido possam ser observados e aplicados a outros ramos da indústria alimentícia.

REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, P; DOLLIMORE, D. A method of comparison between and starch and its products using thermal analysis. **Instrumentation Science and Technology**, v.27, p.191-197,1999.
- ALVES, R. M. L. ; GROSSMANN, M. V. E.; SILVA, R. S. F. Gelling properties of extruded yam (*Dioscorea alata*) starch. **Food Chemistry**, v.67, p. 123-127, 1999.
- AMANI, N'G. G.; DUFOUR, D.; MESTRES, C.; BULE'ON, A.; KAMENAN, A.; Colonna, P. Variability in starch physicochemical and functional properties of yam (*Dioscorea* sp.) cultivated in Ivory Coast. **Journal Scienc Food Agriculture**2004, 84, 2085-2096. Erratum: **Journal Scienc Food Agriculture**, 85, 889. 2005
- AMANI, N'G. G.; DUFOUR, D.; MESTRES, C.; KAMENAN, A. Resistance to technological stress of yam starch gels. **Food Africa**, Internet Forum, March 31-April 11, 2003.
- AMANTE, E. R. **Caracterização de Amidos de Variedades de Mandioca (*Maninot esculenta*, Crantz) e de Batata-doce (*Ipomoea batatas*)**. 1986. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.
- AOAC **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry: Agricultural chemicals, contaminants, drugs**. Gaithersburg, 1997.
- ARÊAS, J. A. G.; LAJOLO, F. M. Determinação enzimática específica de amido, glicose, frutose e sacarose em bananas pré-climatéricas e climatéricas. **Anais de Farmácia e Química de São Paulo**, v. 20, n. 1/2, p. 307-318, 1980.
- ASCHERI, D. P. R.; ANDRADE, C. T.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Obtenção de farinhas mistas pré-gelatinizadas a partir de arroz e bagaço de jabuticaba: efeito das variáveis de extrusão nas propriedades de pasta. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processos de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 115-144, 2006.
- ASCHERI, D. P. R.; MORAIS, C. C.; ASQUIERI, E. R.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Characterization of starch extracted from the roots of *Cissus simsiana* Roem. e Schult. **Semina: Ciências Agrárias**, 35(2), 787-800, 2014.
- ASCHERI, D. P. R.; MOURA, W. De S.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Caracterização física e físico-química dos rizomas e do amido do lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.4, n. 2, p. 159-166, 2010.
- ASCHERI, DIEGO PALMIRO RAMIREZ. Propriedades Físicas do Tubérculo e Propriedades Químicas e Funcionais do Amido de Inhame (*Dioscorea* sp.) Cultivar São Bento-DOI: 10.12971/2179-5959. v01n01a05. **Revista Agrotecnologia**, v. 1, n. 1, p. 71-88, 2012.
- ATWELL, W. A.; HOOD, L. F.; LINEBACK, D. R. The terminology and methodology associated whith basic starch phenomena. **Cereal Food World**, v. 33, n. 3, p. 306-311, 1998.

AZEREDO, H. M. C. et al. Alterações Microbiológicas Durante a Estocagem. In: AZEREDO, H. M. C. Fundamentos de Estabilidade de Alimentos. **Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical**, 2004. cap. 1, p. 20-35

BALDWIN, O. M. Starch granule-associated proteins and polypeptides: A review. *Starch/Stärke*, v. 53, p. 475-503, 2001.

BALAGOPALAN, C., et al. Properties of cassava starch. In: CASSAVA IN FOOD, FEED AND INDUSTRY, **CRC Press**, p.116-126, 1998.

BAKER, A. A.; MILES, M. J.; HELBERT, W. Internal structure of the starch granule revealed by AFM. **Carbohydrate research**, v. 330, n. 2, p. 249-256, 2001.

BAKER, L.A.; RAYAS-DUARTE, P. Retrogradation of amaranth starch at different storage temperatures and the effects of salt and sugars. **Cereal Chemistry** v. 75, p. 308–314, 1998.

BARNES, H. A.; HUTTON, J. F.; WALTERS, K. An introduction to Rheology. Amsterdam: **Elsevier Science Publishers**, 1989. 199 p.

BARTZ, J.; MADRUGA, K. M.; KLEIN, B.; PINTO, V. Z.; DIAS, A. R. D. Propriedades de pasta de amidos de arroz nativo e acetilados. **Brazilian Journal of Food Technology**, p. 78-83, maio de 2012.

BECKER, E. M.; NISSEN, L. R.; SKIBSTED, L. H. Antioxidant evaluation protocols: Food quality or health effects review. **European Food Research and Technology**, v. 219, p. 561-571, 2004.

BENINCA, C. **Emprego de técnicas termoanalíticas na análise de amidos nativos e quimicamente modificados de diferentes fontes botânicas**. 2008. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

BERMUDEZ, J. J. H. **Valorización de las amiláceas “no cereales” cultivadas en los países andinos: Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de SUS almidones y de La resistencia a diferentes tratamientos estresantes**. 142 Colombia: Facultad de Ingeniería de los Alimentos. Universidad de Bogotá. 150p. Trabalho de graduação. Colômbia, 1997.

BEZERRA NETO, E.; ANDRADE, A. G., BARRETO, L.P. **Análise química de tecidos e produtos vegetais**. Recife: UFRPE/Dep.de Química Vegetal, 1994.

BHANDARI, M. R., KASAI, T., KAWABATA, J. Nutritional evaluation of wild yam (*Dioscorea* spp.) tubers of Nepal. **Food Chemistry**, 82, 619–623, 2003.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method for total lipid extraction and purification.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela, 1992.

BRASIL. **Resolução nº 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos - CNNPA**. Brasília, 24 de julho de 1978. http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12_78_amidos.htm.

BRASIL. Resolução RDC n.263 de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 set. 2005. Seção 1, p.368-369.

BRUNNSCHWEILER, J., LUETHI, D., HANDSCHIN, S., FARAH, Z., ESCHER, F. B. Conde- Petit, Isolation, physicochemical characterization and application of yam (*Dioscorea* spp.) starch as thickening and gelling agent, **Starch/Starke** 57 (2005) 107–117.

BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V. Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 23, n. 2, p. 85-112. 1998.

CARDOSO, M. B.; SAMIOS, D.; SILVEIRA, N. P. Study of protein detection and ultrastructure of Brazilian rice starch during alkaline extraction. **Starch-Stärke**, v. 58, n. 7, p. 345-352, 2006.

CARMO, CAS., 2002. **Inhame e taro: sistemas de produção familiar**. Vitória: Incaper. 289 p.

CARPITA, N.C.; KANABUS, J. Extraction of starch by dimethyl sulfoxide and quantitation by enzymatic assay. **Analytical Biochemistry** 161: p.132-139, 1987.

CARVALHO FILHO, M. A. S. **Preparação e estudo termoanalítico dos cinamatos de terras raras, exceto (escândio), no estado sólido**. Universidade Estadual Paulista, Araraquara, Tese de Doutorado, 145p. 2000.

CARVALHO, R. V.; ASCHERI, JOSÉ LUIZ RAMIREZ; CAL-VIDAL, J. O. S. É. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de pellets (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, 2002.

CASTRO, A. P., FRAXE, T. DE J. P., PEREIRA, H. DOS S., KINUPP, V. F. Etnobotânica das variedades locais do cará (*Dioscorea* spp.) cultivados em comunidades no município de Caapiranga, estado do Amazonas. **Acta Botanica Brasilica** 26(3): 658-667. 2012.

CEREDA, M. P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: Cereda MP, coordenador. **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, p.13-37, 2002.

CEREDA, M. P.; GUERREIRO, L. M. R.; LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S. Extration and Characterization of Biri Starch (*Canna edulis*). **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 5. p. 27-32. 2002.

CEREDA, M., VILPOUX, O. F. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. Fundação Cargill, São Paulo, v.3, 711p. 2003.

CEREDA, M.P.; FRANCO, C.M.L.; DAIUTO, E.R.; DEMIATE, I.M.; CARVALHO, L.J.B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O.F.; SARMENTO, S.B.S. **Propriedades gerais do amido**. Campinas: Fundação Cargill, 2001, v.1., 221p.

CEREDA, M.P; DAILTO, E.R.; VILPOUX, O.F. Metodologia de determinação de amido por digestão ácida em microndas. **Revista da ABAM**. n.8, Paranavaí: 2004.

CHANDRA, R.; RUSTGI, R. Biodegradable polymers. **Progress in Polymer Science**. New York, v. 23, p. 1273-1335, 1998.

CHAPLIN, M. **Polysaccharide Hydratation**. Disponível em: <http://www.lsbu.ac.uk/water/hysta.html>.

CHEETHAM, N. W.; TAO, L. Variation in crystalline type with amylose content in maize starch granules: an X-ray powder diffraction study. **Carbohydrate polymers**, v. 36, n. 4, p. 277-284, 1998.

CHEN, Guibing; CAMPANELLA, Osvaldo H.; PURKAYASTHA, Sidd. A dynamic model of crosslinked corn starch granules swelling during thermal processing. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 2, p. 500-507, 2007.

CHIOTELLI, E.; LE MESTE, M. Effect of small and large wheat starch granules on thermomechanical behavior of starch. **Cereal Chemistry**, v. 79, n. 2, p. 286-293, 2002.

CIACCO, C. Y CRUZ, R. Fabricação de amido e sua utilização. **Série Tecnologia Agroindustrial, Secretaria de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia**, São Paulo, 152 p. 1982.

COLACASIA esculenta inhame-selvagem. Disponível em: <<http://www.plantamed.com.br>>.

COLONNA, P.; DOUBLIER, J. L.; MERCIER, C. Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. I. Physical and macromolecular modifications. **Cereal Chemistry**, v. 61, n. 6, p. 538-543, 1984.

CORREIA, P. R.; NUNES, M. C.; BEIRÃO-DA-COSTA, M. L. The effect of starch isolation method on physical and functional properties of Portuguese nuts starches. I. Chestnuts (*Castanea sativa* Mill. var. Martainha and Longal) fruits. **Food Hydrocolloids**, v. 27, n. 1, p. 256-263, 2012.

CORDENUNSI, B. R.; LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Utilização de novas técnicas de microscopia na caracterização do amido. **Carboidratos em Alimentos Regionales Iberoamericanos**. Editora da USP, São Paulo, p.646, 2006.

CRUZ, R. Y EL DASH, A. A.; Isolamento e caracterização de amido de chuchu. **Revista Ceres** v.31(n175): p173-188,1984.

CRUZ-OREA, A. et al. Phase transitions in the starch-water system studied by adiabatic scanning calorimetry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 6, p. 1335-1344, Mar. 2002.

CUQ, B.; RONDET, E.; ABECASSIS, J. Food powders engineering, between knowhow and science: Constraints, stakes and opportunities. **Powder Technology**, 208, 244–251, 2011.

CURIN, Y.; ANDRIANTSITOHAIMA, R. Polyphenols as potencial therapeutical agents against cardiovascular diseases. **Pharmacology Representative**, v. 57, n. 1, p. 97-107, 2005.

DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P. Características físicas e avaliação energética de géis de fécula de tuberosas submetidas ao estresse de esterilização. **Energia na Agricultura**, v. 21, n. 2, p. 45-60, 2006.

DAIÚTO, E. Y CEREDA, M. Extração de fécula inhame (*Dioscorea* sp). En: Cereda, M. y Vilpoux, O. (Eds). **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. Cargill, São Paulo, p177-190. 2003.

DAIUTO, E.R. **Características de féculas de tuberosas e suas relações com resistências dos géis sob condições de estresse aplicada na industrialização de alimentos**. 2005, 146p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

DAIUTO, E.R.; CEREDA, M.P.; CARVALHO, L.J.C.B. Características e propriedades do amido extraído de camadas do tecido da raiz de mandioca. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 5, p. 217-223, 2002.

DAS, A., CHAUDHURI, D., MANDAL, N., & CHATTERJEE, A. Study of antioxidant and reactive oxygen species scavenging activity of the edible tuber of “greater yam”(Dioscorea alata L.) from north-east India. **Flora Journal**, 11, 12, 2012.

DE PAULA, C. D.; PIROZI, M.; PUIATTI, M.; BORGES, DURANGO, J.T., ALBA M. Características físico-químicas e morfológicas de rizóforos de inhame (*dioscorea alata*). **Biotechnología en el sector agropecuario y agroindustrial**. Vol 10 no. 2 (61 - 70) julho-dezembro 2012.

DENARDIN, C. C; SILVA, L. P. da. Estrutura dos Grânulos de Amido e sua Relação com Propriedades Físico-Químicas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 945-954, 2009.

DENARI, G. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. Princípios e aplicações de análise térmica. **Material de Apoio-Curso Teórico/Prático. Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos. São Carlos**, 2012.

DOS ANJOS, S., A.; JUNIOR, J. L. B.; BARBOSA, M. I. M. J. Farinha de banana verde como ingrediente funcional em produtos alimentícios. **Ciencia rural**, v. 45, n. 12, p. 2252-2258, 2015.

DOS SANTOS, A. P., BORGES, A. W. F., BERNARDES, A., CIDADE, A. F., PEREIRA, A. P. N., CATÃO, A. J. L., ...; ARAGÃO, Â. Q. Extração e Caracterização do Amido do Fruto-do-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil) e Elaboração de Filmes Biodegradáveis. 2009.

DREHER, M.I., et al., Buffalo gourd root starch.II.Reologic behaviour, freezethaw stability for use in food products. **Starche/Stärke**, Weinhein,v.35, p.157-162, 1983.

DRESCH, R. R.; JONG, E. V. Influência da Porcentagem de Fibra na Digestibilidade de Proteínas. In: XVI **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos –Rio de Janeiro**, 1998. Anais. Pág.657–658, Volume 1.

DUPUY, N. **Analyse quantitative par spectrométrie moyen infrarouge par transformée de Fourier. Mise au point des protocoles transposables en milieu industriel**. Lille. 1993. 120 p. Thèse de doctorat. Université du Droit et de la Santé de Lille.

DUPUY, N. **Chimiometrie en spectrometrie infrarouge**. Lille. 1997. 90 p. Memoire présenté à l’Université des Sciences et Technologie de Lille pour obtenir l’habilitation a diriger les recherches.

ELIASSON, A. C. **Starch in food – Structure, function and applications**. New York: Boca Raton, CRC, p. 605, 2004.

ELIASSON, A.; GUDMUNDSSON, M. Starch: physicochemical and functional aspects. En Eliasson AC (Ed.) **Carbohydrates in Food**. Dekker. Nueva York, EEUU. pp. 431-503, 1996.

EMIOLA, L.O.; DELAROSA L.C. Physicochemical characteristics of yam starches. **Journal Food Biochemistry** 5:115–30, 1981.

FALADE, K. O.; AYETIGBO, O. E. Effects of annealing, acid hydrolysis and citric acid modifications on physical and functional properties of starches from four yam (*Dioscorea* spp.) cultivars. **Food Hydrocolloids**, v. 43, p. 529-539, 2015.

FALADE, K. O.; OKAFOR, C. A. Physical, functional, and pasting properties of flours from corms of two Cocoyam (*Colocasia esculenta* and *Xanthosoma sagittifolium*) cultivars. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 6, p. 3440-3448, 2015.

FANG, Z.; WU, D.; YÜ, D.; YE, X.; LIU, D.; CHEN, J. Phenolic compounds in Chinese purple yam and changes during vacuum frying. **Food Chemistry**, v. 128, n. 4, p. 943-948, 2011.

FAO. Agriculture data, Food and agriculture organization of the United Nations. Disponível: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>.

FEDENIUK, R. W.; BILIADERIS, C. G. Composition and physicochemical properties of linseed (*Linum usitatissimum* L.) mucilage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 42, 240–247, 1994.

FELTRAN, J. C.; LEMOS, L. B.; VIEITES, R. L. Technological quality and utilization of potato tubers. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 6, p. 598-603, Dec. 2004.

FENNEMA, O. R. **Química dos Alimentos**. 4 ed. São Paulo: Artmed, 2010.

FERREIRA, A. B.; MING, L. C.; CHECHETTO, F.; PINTO, R. A. Dioscoreáceas cultivadas por agricultores da Baixada Cuiabana em Mato Grosso–Brasil. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 6, n. 1, p. 201-208, 2010.

FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.

FIGUEROA, R.; MORINI, B. Yam (*Dioscorea* sp) drying with different cuts and temperatures: experimental and simulated results. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n. 2, p. 262-266, 2000.

FRANÇA, A. B. **Influência do método de preparação e performance catalítica para os catalisadores de Pd-La₂O₃-Al₂O₃ aplicados na forma autotérmica do metano**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos. UFSCar. São Paulo-SP, 2008.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M., VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido**. 2001.

FREITAS, M.C.J; TAVARES, D, de Q. Caracterização do grânulo de amido de bananas (Musa AAANanica e Musa AAB-Terra). **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.2, p.217-222, abril/junho. 2005

GORSHOKOVA, T.A.; WYATT, S.E.; SALNIKOV, V.V.; GIBEAUT, D.M.; IBRAGIMOV, M.R.; LOZOVAYA, V.V.; CARPITA, N.C. Cell-wall polysaccharides of developing flax plants. **Plant Physiology** 110: 721-729, 1996.

GUERREIRO, Lizielle Maria Ricardo; MENEGUELLI, Florencia Cecilia. Influência do tratamento térmico e da acidez no comportamento reológico de amidos nativos funcionais de milho cerosos orgânicos comerciais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 412-419, 2009.

GUILBOT, A.; MERCIER, C. **Starch in the polysaccharides**. Editora O. Aspinall. Academic Press. New York, p.209-282, 1985.

GUTIÉRREZ, T. J., MORALES, N. J., PÉREZ, E., TAPIA, M. S., & FAMÁ, L. Physico-chemical properties of edible films derived from native and phosphated cush-cush yam and cassava starches. **Food Packaging and Shelf Life**, 3, 1-8. 2015.

HAN, X-Z.; HAMAKER, B. R. Partial Leaching of Granule-Associated Proteins from Rice Starch during Alkaline Extraction and Subsequent Gelatinization. **Starch-Stärke**, v. 54, n. 10, p. 454-460, 2002.

HÉREDA-ZÁRATE, N.A.H.; VIEIRA, M.C.; MINUZZI, A. Brotação de seis tipos de mudas dos clones de inhame roxo e mimoso. **Ciência e Agrotecnologia**, vol. 26, no. 4, p. 699-704, 2002.

HEREDIA, N.A. **Curvas de crescimento de inhame (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), considerando cinco populações em solo seco e alagado**. Viçosa, UFV, 1988. 95 p. (Tese de D.S.)

HERNÁNDEZ-MEDINA, M.; TORRUCO-UCO, J. G.; CHEL-GUERRERO, L.,; BETANCUR-ANCONA, D. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 718-726, 2008.

HIZUKURI, S. Relationship between the distribution of the chain length of amylopectin and the crystalline structure of starch granules. **Carbohydrate Research**, 141, 295–306, 1986.

HOOVER, R. AND MANUEL, H. The Effect of Heat-moisture Treatment on the Structure and Physicochemical Properties of Legume Starches. **Food Research International**, 29: 731-750, 1996.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A Review. **Carbohydrate Polymers**, v. 45, n. 3, p. 253- 267, 2001.

HOOVER, R., SOSULSKI, F.W. Composition, structure, functionality and chemical modification of legume starches: a review. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v.69, p. 79-72, 1991.

HOU, Wen-Chi et al. Antioxidant activities of dioscorin, the storage protein of yam (*Dioscorea batatas* Decne) tuber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 10, p. 4956-4960, 2001.

HOW, W.C.; HSU F.L.; LEE, M.H. (*Dioscorea batata*) tuber mucilage exhibited antioxidant activities in vitro. **Planta Medica**, v.68, p.1072-1076, 2002. <http://alfa.ist.utl.pt/~fidel/flaves/intro.html>

HUANG, C. C., CHIANG, P. Y., CHEN, Y. Y., & WANG, C. R. . Chemical compositions and enzyme activity changes occurring in yam (*Dioscorea alata* L.) tubers during growth. **LWT – Food Science and Technology**, 40, 1498–1506, 2007.

HUANG, C. C.; LAI, P.; CHEN, I. H.; LIU, Y. F.; WANG, C. C. Effects of mucilage on the thermal and pasting properties of yam, taro, and sweet potato starches. **LWT-Food Science and Technology**, 43(6), 849-855, 2010.

HUANG, C. H., KU, C. Y., JAN, T. R. Diosgenin attenuates allergen-induced intestinal inflammation and IgE production in a murine model of food allergy. **Planta Medica**, 75, 1300–1305, 2009.

HUANG, C. H., LIU, D. Z., JAN, T. R. Diosgenin, a plantderived sapogenin, enhances regulatory T-cell immunity in the intestine of mice with food allergy. **Journal of Natural Products**, 73, 1033–1037, 2010.

HUANG, C.C.; LIN MC, WANG, C.C.R. Changes in morphological, thermal and pasting properties of yam (*Dioscorea alata*) starch during growth. **Carbohydrate Polymers** 64:524–31, 2006.

HUGHES, T.; HOOVER, R.; LIU, Q.; DONNER, E.; CHIBBAR, R.; JAISWAL, S. Composition, morphology, molecular structure, and physicochemical properties of starches from newly released chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in Canada. **Food Research International**, 42, 627 e 635, 2009.

IBEZIM, E.C.; OFOEFULE, S.I.; OMEJE, E.O.; ODO, U.E.. Performance of starch obtained from *Dioscorea dumetorum* as disintegrant in sodium salicylate tablets, **Africa Journal Pharmacology**. 2 (2008) 52–58. 2014.

IONASHIRO, M. **Fundamentos de Termogravimetria e Análise térmica Diferencial/Calorimetria Exploratória Diferencial**. 1ª edição. São Paulo: Giz, p.80, 2005.

IZIDORO, D. R. **Influência do pré-tratamento com ultra-som e da secagem nas propriedades químicas, físicas e funcionais do amido de banana verde**. 2011. 201 f. 2011. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

IZIDORO, D.R.; DEMCZUK JUNIOR, B.; HAMINIUK, C.W.I.; SIERAKOWSKI, M.R.; FREITAS, R.J.S.; SCHEER, A.P.; Granules morphology and rheological behaviour of green banana (*Musa cavendishii*) and corn (*Zea mays*) starch gels. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, no5; p.1443-1448, 2007a.

JANE, J., CHEN, Y. Y., LEE, L. F., McPHERSON, A. E., WONG, K. S. Effects of amylose branch chain lenght and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, v.76, n.5, p.629-637, 1999.

JAYAKODY L., HOOVER R., LIU Q, DONNER E. Studies on tuber starches: II. Molecular structure, composition and physicochemical properties of yam (*Dioscorea* sp.) starches grown in Sri Lanka. **Carbohydrate Polymers** 69:148–63, 2007.

JHENG, Yi-Jyun et al. Recombinant dioscorins of the yam storage protein expressed in *Escherichia coli* exhibit antioxidant and immunomodulatory activities. **Protein expression and purification**, v. 85, n. 1, p. 77-85, 2012.

JI, I.; SEETHARAMAN, K.; WHITE, P. J. Optimizing a small-scale corn starch extraction method for use in laboratory. **Cereal Chemistry**, v.1, n° 81, p. 55-58, 2004.

JIANG, Q.; GAO, W.; SHI, Y.; LI, X.; WANG, H.; HUANG, L.; XIAO, P. Physicochemical properties and in vitro digestion of starches from different *Dioscorea* plants. **Food Hydrocolloids**, v. 32, n. 2, p. 432-439, 2013.

JIANG, Q; GAO, W.; LI, X.; XIA, Y.; WANG, H.; WU, S.; ... ; XIAO, P. Characterizations of starches isolated from five different *Dioscorea* L. species. **Food hydrocolloids**, v. 29, n. 1, p. 35-41, 2012.

JITTANIT, Weerachet; NITI-ATT, Siriwan; TECHANUNTACHAIKUL, Onuma. Study of spray drying of pineapple juice using maltodextrin as an adjunct. **Chiang Mai Journal of Science**, v. 37, n. 3, p. 498-506, 2010.

KARIM, A. A.; NADIHA, M. Z.; CHEN, F. K.; PHUAH, Y. P.; CHUI, Y. M.; FAZILAH, A. Pasting and retrogradation properties of alkali-treated sago starch. **Food Hydrocolloids**, v. 22, p. 1044-1053, 2008.

KIM, Y. S.; WIESENBERN, D. P.; ORR, P. H.; GRANT, L. A. Screening potato starch for novel properties. **Journal of Food Science**, 60, 1060–1065. 1995.

KIRIZAWA, M.; XIFREDA, C.C.; COUTO, R. Dioscoreaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2012.

KUAKPETOON, DARIS; WANG, YA-JANE. Internal structure and physicochemical properties of corn starches as revealed by chemical surface gelatinization. **Carbohydrate Research**, v. 342, n. 15, p. 2253-2263, 2007.

KUSUMAYANTI, HENY; HANDAYANI, NOER ABYOR; SANTOSA, HERRY. Swelling power and water solubility of cassava and sweet potatoes flour. **Procedia Environmental Sciences**, v. 23, p. 164-167, 2015.

LACERDA, L. G. **Uso de técnicas termoanalíticas na caracterização da hidrólise enzimática parcial de amidos de matérias-primas tropicais**. 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

LACOURSE, N. L.; ALTIERI, P. A. **Biodegradable shaped products and the method of preparation thereof**. U.S. Patent n. 5,043,196, 27 ago. 1991.

LADEIRA, T. M. S.; PENA, R. S. Propriedades físico-químicas e tecnológicas dos polvilhos azedos de três cultivares de mandioca. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 4, p. 631-640, out./dez. 2011.

LAGARRIGUE, S.; ALVAREZ, G. The rheology of starch dispersions at high temperatures and high shear rates: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 50, n. 4, p. 189-202, 2001.

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Ed. Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos. Proyecto CYTED/CNPq XI.18 "**Composición, Estructura, Propiedades Biológicas de Carbohidratos y su Utilización en Alimentos**". EDUSP, São Paulo, p.648, 2006.

LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; WITTIG DE PENNA, E., MENEZES, E.W. **Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos**. Proyecto CYTED XI.6 "Obtención y caracterización de fibra dietética para su aplicación en regímenes especiales"/ CNPq. Editora Varela, São Paulo (SP). 469p, 2001.

LAWAL, O. S.; ADEBOWALE, K. O.; OGUNSANWO B. M.; BARBA L. L.; ILO, N. S. Oxidized and acid thinned starch derivatives of hybridmaize: functional characteristics, wide-angle X-ray diffractometry and thermal properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 35, p. 71-79, 2005.

LEACH, H. W.; MCCOWEN, L. D.; SCHUCH, T. J. Structure of the starch granule. II. Swelling power and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, v. 36, p. 534-544, 1959.

LEBOT, V. **Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids. Crop production science in horticulture series: 17**. CABI: Wallingford, UK, 2008.

LEE, C. K.; LE, Q. T.; KIM, Y. H.; SHIM, J. H.; LEE, S. J.; PARK, J. H.; ...; PARK, K. H. Enzymatic synthesis and properties of highly branched rice starch amylose and amylopectin cluster. **Journal of agricultural and food chemistry**, 56(1), 126-131, 2007.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 1, p. 65-69. jan/abr. 2002.

LEONEL, M.; OLIVEIRA, M.; DUARTE FILHO, J. Espécies tuberosas tropicais como matérias-primas. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, p.49-68, 2005.

ZHANG, L.; ZUO, B.; WU, P.; WANG, Y.; GAO, W. Ultrasound effects on the acetylation of dioscorea starch isolated from Dioscorea zingiberensis C.H. Wright. **Chemical Engineering and Processing**. 54, 29-36, 2012.

LIN, CHIA-HUNG; WEI, YI-TIEN; CHOU, CHENG-CHUN. Enhanced antioxidative activity of soybean koji prepared with various filamentous fungi. **Food microbiology**, v. 23, n. 7, p. 628-633, 2006.

LIN, M.J.Y.; HUMBERT, E.S.; SOSULSKI, F.W. Certain functional properties of sunflower meal products. **Journal of Food Science**, v. 39, n. 2, p. 368-370, 1974.

LINDEBOOM, N.; CHANG, P. R.; TYLER, R. T. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. **Starch/Stärke**, v. 56, n. 3-4, p. 89-99, 2004.

LIPORACCI, J., MALI, S. e GROSSMANN, M. Efeito do método de extração na composição química e nas propriedades funcionais do amido de inhame (*Dioscorea alata*). **Semina: Ciências Agrárias**, 26(3), p.345-352, 2005.

LUCIANO, C. G. **Caracterização da farinha e do amido isolado da semente de jaca e comportamento reológico de dispersões de amido**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2016.

LUTSENKO, E. A.; CÁRCAMO, J. M.; GOLDE, D. W. Vitamin C prevents DNA mutation induced by oxidative stress. **Journal of Biological Chemistry**, v. 277, n. 19, p. 16895-16899, 2002.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; GARCÍA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films. **Carbohydrate Polymers**, v. 56, p. 129-135, 2004.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 137-156, 2010.

MARCON, M. J. A; AVANCINI, S. R. P; AMANTE, E. R. **Propriedades Químicas e Tecnológicas do Amido de Mandioca e do Polvilho Azedo**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2007.

MENDES, M.L.M; BORA, P.S., RIBEIRO, A.P.L. Propriedades morfológicas e funcionais e outras características da pasta do amido nativo e oxidado da amêndoa do caroço de manga variedade Tommy Atkins. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, 71(1):76-84, 2012.

MENDES, M. L. M.; RIBEIRO, A. P. L.; ALMEIDA, E. C. Efeito da acidificação nas propriedades físico-químicas e funcionais do amido de sementes de manga (*Mangifera indica* L.), variedade Tommy Atkins. **Ceres**, v. 62, n. 3, 2015.

MESTRES, C. Los estados fisicos del almidon. In: Conferencia Internacional Del Almidón, Quito. **Anais Quito 1996**. p.2, 1996.

MISAKI, ITO. et al. Constitutional studies on the mucilage of yamanoimo, *Dioscorea batatas* Decne, forma Tsukun e isolation and structure of mannam, **Agricultural and Biological Chemistry**, v.36, p.761-771, 1972.

MONTEIRO, D.A.; PERESSIN, V.A. Cultura do inhame. In: CEREDA, MP. (Coord.). **Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill. p. 511-518, 2002.

MOON, M. H.; GIDDINGS, C. J. Rapid separation and measurement of particle size distribution of starch granules by sedimentation/steric field flow fractionation. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 5, p.1166-1171, 1993.

- MOORTHY, S. N. Effect of steam pressure treatment on the physicochemical properties of Dioscorea starches. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, 47, 1695-1699, 1999.
- MOORTHY, S. N. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: a review, **Starch/Starke**, 54, 559–592, 2002.
- MOORTHY, S. N.; NAIR, S. G. Studies on Dioscorea starch. **Starch/Starke**, 41, 81–83, 1989.
- MUCCILLO, R. C. S. T. **Caracterização e avaliação de amido nativo e modificado de pinhão mediante provas funcionais e térmicas**. (Tese) Doutorado em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- MURPHY, P. starch. In: PHILLIPS, G.O., WILLIAMS, P.A. **Handbook of hydrocoloids**. CRC Press, Inc., Boca Raton, cap. 3, 2000.
- NARDIN, I. Perfil de consumo de batatas em diferentes faixas etárias e de renda familiar. **Revista Batata Show**, Itapetininga, ano 9, n. 25, p. 32-33, dez. 2009.
- NATTAPULWAT, N.; N. PURKKAO, O. SUWITHAYAPANTH. Evaluation of native and carboxymethyl yam (*Dioscorea esculenta*) starches as tablet disintegrants, Silpakorn Univ. **Science Technology**. J. 2, 18–25, 2008.
- NACHTERGAELE, W.; VAN NUFFEL, J. Starch as stilt material in carbonless copy paper-New developments. **Starch/Starke**, v. 41, p. 386-392, 1989.
- NETO, R.B. Raio-X In. CANEVAROLO JR., S.V., ed. **Técnicas de Caracterização de polímeros**. São Paulo: Artiber Editora, 2003, p.41-60.
- NUNES S., L., DUARTE, M. E. M., MOREIRA, M. E. R., MATA, C., ALMEIDA, R. D., & GOUVEIA, D. S. Comportamento Reológico de Pasta de Amido de Inhame Variedade São Tomé. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.2, p.141-154, 2010.
- NUNES, L. B.; SANTOS, W. J.; CRUZ, R. S. Income from extraction and chemical and functional characterization of starch of cassava from semi-arid region of Bahia. **Alimentos e Nutrição**, v.20, n.1, p. 129-134, jan./mar. 2009.
- NWOKOCHA, L. M.; AVIARA, N. A.; SENAN, C.; WILLIAMS, P. A comparative study of some properties of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) and cocoyam (*Colocasia esculenta*, Linn) starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 76, n. 3, p. 362-367, 2009.
- OATES, Christopher G. Towards an understanding of starch granule structure and hydrolysis. **Trends in Food Science and Technology**, v. 8, n. 11, p. 375-382, 1997.
- OCHOA-MARTÍNEZ, C. I., QUINTERO, P. T., AYALA, A. A., ORTIZ, M. J. Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window™ technique. **Journal of Food Engineering**, 2012.
- OLIVEIRA, A.P.; BARBOSA, L.J.N; PEREIRA, W.E.; SILVA, J.E.L.; OLIVEIRA, A.N.P. Produção de túberas comerciais de inhame em função de doses de nitrogênio. Brasília. **Horticultura Brasileira**, n. 25, v.1, p. 73-76, 2007.

OLIVEIRA, T. M. **Desenvolvimento e avaliação de filme biodegradável de polietileno incorporado de amido de grão-de-bico (*cicer arietinum* L.)**. Dissertação. 2007.

OYEYINKA, S. A., SINGH, S., ADEBOLA, P. O., GERRANO, A. S., & AMONSOU, E. O. Physicochemical properties of starches with variable amylose contents extracted from bambara groundnut genotypes. **Carbohydrate polymers**, 133, 171-178. 2015.

PACHECO-DELAHAYE, Emperatriz; TECHEIRA, Nora; GARCÍA, Auris D. Elaboración y evaluación de polvos para bebidas instantáneas a base de harina extrudida de ñame (*Dioscorea alata*). **Revista Chilena de Nutrición**, v. 35, n. 4, p. 452-459, 2008.

PAREDES-LÓPEZ, O., BELLO-PÉREZ, L. A., LÓPEZ, M. G. Amylopectin: Structural, gelatinization and retrogradation studies. **Food Chemistry**, v. 50, p. 411–418; 1994.

PARK, J.M.; KIM, Y.J.; KIM, J.S.; HANA, Y.M.; KANGWANA, N.; HAHMA Ki, B.; KIM, T.S.; KWON, O; KIM, E.H. Anti-inflammatory and carbonic anhydrase restoring actions of yam powder (*Dioscorea* spp) contribute to the prevention of cysteamine-induced duodenal ulcer in a rat model. **Nutrition Research** 33, 677–685, 2013.

PARKER, R.; RING S. G. Aspects of the Physical Chemistry of Starch. **Journal of Cereal Science**, 34(1): p. 1-17, 2001.

PARKER, R.; RING, S. G. Aspects of the physical chemical of starch. **Journal of Cereal Science**, v. 34, p. 1-17, 2001.

PEDRALLI, G. O inhame esse desconhecido. **Ciência Hoje**, v. 8 n. 46, p. 58-62. 1988.

PELISSARI, F. M.; ANDRADE-MAHECHA, M. M.; SOBRAL, P. J. D. A.; MENEGALLI, F. C. Isolation and characterization of the flour and starch of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). **Starch-Stärke**, 64(5), 382-391, 2012.

PÉREZ E, GIBERT O, ROLLAND-SABATÉ A, JIMÉNEZ Y, SÁNCHEZ T, GIRALDO A, PONTOIRE B, GUILOIS S, LAHON MC, REYNES M, DUFOUR D. Physicochemical, functional, and macromolecular properties of waxy yam starches discovered from “Mapuey” (*Dioscorea trifida*) genotypes in the Venezuelan Amazon. **Journal Agricultural Food Chemistry**, 59:263–73, 2011.

PÉREZ, E.; LARES M.; GONZÁLEZ Z.; TOVAR J. Powder pressurised solvent extraction of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl free radical properties of surimi gels. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Press, Oxford, UK, 2007.

PÉREZ, E.; ROLLAND-SABATÉ, A.; DUFOUR, D.; GUZMÁN, R.; TAPIA, M.; RAYMUNDEZ, M.; ... ; GIBERT, O. Isolated starches from yams (*Dioscorea* sp) grown at the Venezuelan Amazons: Structure and functional properties. **Carbohydrate polymers**, v. 98, n. 1, p. 650-658, 2013.

PEREZ, S., BERTOFT, E. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: a comprehensive review. **Starch/Stärke**, 62, 389e420, 2010.

PERONI, F. H. G. **Características estruturais e físico-químicas de amido obtido de diferentes fontes botânicas**. 2003. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2003.

PORTE, A.; SILVA, E.F.; ALMEIDA, V. D. S.; Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*carica papaya*) e de abóbora (*cucurbita sp*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.1, p.91-96, 2011. ISSN 1517-8595.

RAMOS-ESCUADERO, F.; SANTOS-BUELGA, C.; PÉREZ-ALONSO, J.J.; YAÑES, J.A.; DUEÑAS, M. HPLC Dad-esi/MS identification of anthocyanins in *Dioscorea trifida* L., yam tuber (purple sachapapa). **European Food Research and Technology**, Berlin, v.230, p. 745-752, 2010.

RATNAYAKE, W. S. et al. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of starches from four field pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. **Food Chemistry**, London, v. 74, n. 2, p. 189-202, 2001.

RAEKER, M.O.; GAINES, C.S.; FINNEY, P.L.; DONELSON, T. Granule size distribution and chemical composition of starches from 12 soft wheat cultivars. **Cereal Chemistry**, 75(5), 1998, p. 721–728.

REAÇÃO DE CROSS-LINKING NAS PROPRIEDADES DO AMIDO DE SEMENTE DE ABACATE (*Persea americana* Mill). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 31, n. 2.

REIS, R. C. DOS; ASCHERI, D. P. R; DEVILLA, I. A. Propriedades Físicas do Tubérculo e Propriedades Químicas e Funcionais do Amido de Inhame (*Dioscorea sp.*) Cultivar São Bento-DOI: 10.12971/2179-5959. v01n01a05. **Revista Agrotecnologia**, v. 1, n. 1, p. 71-88, 2012.

REIS, R. C.; SERVULO, A. C.O.; SOUZA, A. B. M. E; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R.; COLARES, C. J. G.; BARBOSA, L. S. CARACTERÍSTICAS ENTESIMAS DO AMIDO DE INHAME (*Dioscorea sp.*) **Anais do VIII Seminário de Iniciação Científica e V Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS**. 2010.

ROCHA, S.T.; DEMIATE, M.I.; FRANCO, L.C.M. Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p.620-628, 2008.

ROLLAND-SABATE', A.; AMANI, N'G. G.; DUFOUR, D.; GUILOIS, S.; COLONNA, P. Macromolecular characteristics of ten yam (*Dioscorea sp.*) starches. **Journal Science Food Agricultural**. 83, 927-936. 2003.

ROSENTHAL, F. R. T. et al. Amido de mandioca: estudo de estrutura em variedades de Minas Gerais. **Revista Brasileira Tecnológica**, Brasília, v. 4, p. 7-17, 1973.

SAJJAN, S. U., RAO, M. R. R. Effect of hydrocolloids on the rheological properties of wheat starch. **Carbohydrate Polymers**, 7, 395–402, 1987.

SANTOS, A. P. Extração e caracterização do amido do fruto-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil) e elaboração de filmes biodegradáveis. 2009. 93 p. **Universidade Estadual de Goiás: Anápolis**, 2009.

SANTOS, J. C., SILVA, G. F., SANTOS, J. A., & JÚNIOR, A. M. O. Processamento e avaliação da estabilidade da farinha de banana verde. **Exacta**, v. 8, n.2, p.219-224, 2010.

SANTOS, L. S.; BONOMO, R. C. F.; DA COSTA ILHÉU, R.; FONTAM, P. B.; DOS SANTOS LEITE, C. X.; DOS SANTOS, D. O. Efeito dos métodos de extração na composição, rendimento e propriedades da pasta do amido obtido da semente de jaca. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, 15(3), 255-261, 2013.

SCHOCH, T. J.; LEACH, H. W. Whole starch and modified starches. Determination of absolute density. Liquid displacement. In: WHITLER, R. L.; WOLFRON, M. L. (Ed.). *Methods in carbohydrate chemistry*. **New York: Academic Press**, v. 4. p. 101-103. 1964.

SCHOCH, T.J.; MAYWALD, E.C. Preparation and properties of various legume starches. **Cereal Chemistry**, v.45, n.6, p. 564-573, 1968.

SEBIO, L. **Efeito de alguns parâmetros operacionais de extrusão nas propriedades físico-químicas da farinha de inhame (*Dioscorea rotundata*)**.106f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

SHI X.; BEMILLER J. Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting. **Carbohydrate Polymers**, 50: 7-18, 2007.

SHUJUN, Wang et al. Characterization of new starches separated from different Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) cultivars. **Food Chemistry**, v. 99, n. 1, p. 30-37, 2006.

SIKORA, E.; CIESLIK, E.; LESZCZYNSKA, T.; FILIPIAK-FLORKIWUACZ, A.; PISULEWSKI, P. M. The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. **Food Chemistry, London**, v. 107, p. 50-55, 2008.

SILVA, I. R. A.; DE ALBUQUERQUE, F. S. M.; AQUINO, J. D. S.; NETO, V. Q. Efeito da modificação química por reação de cross-linking nas propriedades do amido de semente de abacate (*Persea americana* Mill). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, 31(2), 2013.

SILVA-JÚNIOR, J. O. C.; VIEIRA, J. L. F., BARBOSA, W. L. R.; PEREIRA, N. L. Caracterização físico-química do extrato fluido e seco por nebulização de *Symphytum officinale* L. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, p. 671-677, 2006.

SINGH, J.; KAUR, L.; MCCARTHY, O. J. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications- A review. **Food Hydrocolloids**, v. 21, n. 1, p. 1-22, 2007.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILL, B. S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. Review. **Food Chemistry**, v. 81, p. 219-231, 2003.

SINGLETON, V.L, ROSSI J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal Enology and Viticulture**. 16, 144-158, 1965.

SIQUEIRA, M. V. B.; VEASEY, E. A. Raíces y tubérculos tropicales olvidados o subutilizados em Brasil. **Revista Colombiana de Ciências Horticolas**, Bogotá, v.3, p. 110-125, 2009.

SIQUEIRA, M.V.B.M. Yam: a neglected and underutilized crop in Brazil. **Horticultura Brasileira**, vol. 29, no. 1, p. 16-20, 2011.

SIQUEIRA, M.V.B.M., NASCIMENTO, W.F., SILVA, L.R.G., FERREIRA, A.B., SILVA, E.F., MING, L.C. AND VEASEY, E.A. Distribution, management and diversity of yam local varieties in Brazil: a study on *Dioscorea alata* L. **Brazilian Journal Biology**, vol. 74, no. 1, p. 52-61, 2014.

SMITH, O. **Potatoes**: production, storing, processing. 2nd ed. Westport: AVI, 1977. 642 p.

SONI, P.L.; SHARMA, H.W.; SRIVASTARA, H.C.; GHARIA, M.M. Physicochemical properties of *Canna edulis* starch – comparison with maize starch. **Starch/ Stärke**, v.42, n.12, p. 460–464, 1990.

SORO, S. et al. Evaluation des propriétés antioxydantes et biologiques de farines infantiles à base d'igname/soja/sources végétales de minéraux. **Journal of Applied Biosciences**, v. 80, n. 1, p. 7031-7047, 2014.

SRIVASTAVA, A.K., GAISER, T. Biomass production and partitioning pattern of Yam (*Dioscorea rotundata*). **Journal Agriculture**. 3, 334–337. 2008.

STATISTICA for Windows 5.5. Computer program manual. Tulsa: **StatSoft.**, 2000.

SUKHIJA, Sakshi; SINGH, Sukhcham; RIAR, Charanjit S. Effect of oxidation, cross-linking and dual modification on physicochemical, crystallinity, morphological, pasting and thermal characteristics of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) starch. **Food Hydrocolloids**, v. 55, p. 56-64, 2016.

SWINKELS, J. J. M. Composition and properties of commercial and native starches. **Starch/Stärke**, n° 37, p.1-5, 1985.

TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4 ed. Campinas: Unicamp, 2011. 161 p.

TAMIRU M., BECKER H.C. MAASS B.L. Diversity, distribution and management of yam landraces (*Dioscorea* spp.) in Southern Ethiopia. **Genetic Resources and Crop Evolution**. 55, 115-131, 2008.

TANG, H.; MITSUNAGA, T.; KAWAMURA, Y. Molecular arrangement in blocklets and starch granule architecture. **Carbohydrate Polymers**, n° 63, p. 555-560, 2006.

TAVARES, Sandra Aparecida et al. Caracterização físico-química da mucilagem de inhame liofilizada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 973-979, 2011.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch – composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, London, v. 39, n. 2, p. 51-165, 2004.

TESTER, R. F.; MORRISON, W. R. Swelling and gelatinization of starches 1. Effects of amylopectins, amyloses and lipids. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 67, n. 6, p. 551-557, 1990.

TESTER, Richard F.; KARKALAS, John; QI, Xin. Starch—composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v. 39, n. 2, p. 151-165, 2004.

THARANATHAN, R.N. Food-derived carbohydrates – Structural complexity and functional diversity. **Critical Reviews in Biotechnology**, v.22, p.65-84, 2002.

THERMO ARL-CH PUBLICATION. Basics of X-ray diffraction, USA, 1999.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. **Practical for guides the food industry-** Starch Saint Paul: Eagan Press, 1999. 94 p.

TSAI, M. L.; LI, C. F.; LII, C. Y. Effects of granular structures on the pasting behaviors of starches. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 74, n. 6, p. 750-757, 1997.

USDA, 2008. Dietary reference Intake table for vitamins. Updated March <http://www.com.edu/objet.File/Master/7/296/w ebtable vitamins; pdf>).

VASCONCELOS, E.A.F.; MEDEIROS, M.G.F.; RAFFIN, F.N.; MOURA, T.F.A.L. Influência da temperatura de secagem e da concentração de Aerosil® 200 nas características dos extratos secos por aspersão da *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Revista Brasileira Farmacognosia**, 15: 243- 249, 2005.

VIELL, Franciele Leila Giopato. **Obtenção e caracterização de amido de mandioca (Manihot esculenta Crantz) modificado com ácido tartárico**. 2015.

WALKER, B. **Gums and stabilisers in food formulations**. In: Gums, 1983

WANASUNDERA, J. P. D.; RAVINDRAN, G. Nutritional assessment of yam (*Dioscorea alata*) tubers. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 46, n. 1, p. 33-39, 1994.

WANG, L., XIE, B. J., SHI, J., XUE, S., DENG, Q. C., WEI, Y., et al. Physicochemical properties and structure of starches from Chinese rice cultivars. **Food Hydrocolloids**, 24, 208-216. 2010.

WANG, L., XIE, B., XIONG, G., WU, W., WANG, J., QIAO, Y., & LIAO, L. The effect of freeze–thaw cycles on microstructure and physicochemical properties of four starch gels. **Food Hydrocolloids**, 31(1), 61-67. 2013.

WANG, L.; WANG, Y. J. Rice starch isolation by neutral protease and high-intensity ultrasound. **Journal of Cereal Science**, London, v. 39, n. 2, p. 291 - 296, 2004.

WANG, L.; XIE, B.; XIONG, G.; WU, W.; WANG, J.; QIAO, Y.; LIAO, L. The effect of freeze–thaw cycles on microstructure and physicochemical properties of four starch gels. **Food Hydrocolloids**, v. 31, n. 1, p. 61-67, 2013.

WANG, L.Z . ; WHITE , P.J . Structure and properties of amylose , amylopectin, and intermediate materials of oat starches . **Cereal Chemistry**, v. 71 , n .3 , p . 263 - 268, 1994.

WANG, Linfeng; WANG, Ya-Jane; PORTER, Raymond. Structures and physicochemical properties of six wild rice starches. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 9, p. 2695-2699, 2002.

WANG, S.; YU, J.; YU, J.; CHEN, H.; PANG, J.; LIU, H. Partial characterization of starches from *Dioscorea opposita* Thunb. cultivars. **Journal Food Engineering**, 88, 287-293, 2008.

WANG, Y.; ZHANG, L.; LI, X.; GAO, W. Physicochemical properties of starches from two different yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) residues. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 54, n. 2, p. 243-251, 2011.

WENDLANDT, W. W. **Thermal analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1986.

WHISTLER, R. L.; BeMILLER, J. M.; PASCHALL, E. F. **Starch: chemistry and technology**. 2.ed. London: Academic Press; v.1- 2; p.718; 1984.

WHO/FAO. **Carbohydrates in human nutrition**. Rome: FAO, 1998, (FAO food and nutrition paper no. 66).

WILLIAMS P. C.; KUZINA F. D.; HLYNKA, I. A Rapid Colorimetric Procedure for Estimating the Amylose Content of Starches and Flours. **Cereal Chemistry**, 47:411 – 421, 1970.

WROLSTAD, Ronald E.; DURST, Robert W.; LEE, Jungmin. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 16, n. 9, p. 423-428, 2005.

WURZBURG, O. B. Cross – linking starches. In: Modified starches: properties and uses. Boca Raton: **CRC Press**, 1986. p.41-53, 1986.

YAMAGUISHI, C. T. **Processo biotecnológico para a produção de feijão desidratado com baixo teor de oligossacarídeos da família rafinose**. 147 p. Dissertação (Mestre em Processos Biotecnológicos). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

YOSHIMURA, M.; TAKAYA, T.; NISHINARI, K. Effect of xyloglucan on the gelatinization and retrogradation of corn starch as studied by rheology and differential scanning calorimetry. **Food Hydrocolloids**, 13, 101–111, 1999.

YUAN, R. C.; THOMPSON, D. B.; BOYER, C. D. Fine structure of amylopectin in relation to gelatinization and retrogradation behavior of maize starches from three wx-containing genotypes in two inbred lines. **Cereal Chemistry**, v. 70, p. 81-81, 1993.

YUAN, Y.; ZHANG, L.; DAI, Y.; YU, J. Physicochemical properties of starch obtained from *Dioscorea nipponica* Makino comparison with other tuber starches. **Journal Food Engineering**, 82, 436-442, 2007.

YUN, Y. H; NA, Y. H; YOON, S. D. Mechanical properties with the functional group of additives for starch/PVA blend film. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 14, n. 1, p. 71-78, 2006.

YUN, Y. H; YOON, S. D. Effect of amylose contents of starches on physical properties and biodegradability of starch/PVA-blended films. **Polymer Bulletin**, v. 64, p. 553-568, 2010.

ZAVAREZE, E. R. et al. Caracterização química e rendimento de extração de amido de arroz com diferentes teores de amilose. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 5, p. 24-30, 2009.

ZHONG, Z.; SUN, S. Thermal characterization and phase behaviour of cornstarch studied by differential scanning calorimetry. **Journal of Food Engineering**, v. 69, p. 453-459, 2005.

ZHOU H, WANG J, FANG X, SUN Y, DOU X. Physicochemical properties of new starches isolated from *Dioscorea opposita* Thunb. Bulbils. **Starch** 64:290–6, 2012.

ZHOU, X.; LIM, S. T. Pasting viscosity and in vitro digestibility of retrograded waxy and normal corn starch powders. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 87, n. 1, p. 235-239, 2012.

ZHU, Fan. Isolation, Composition, Structure, Properties, Modifications, and Uses of Yam Starch. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, n. 4, p. 357-386, 2015.

ZHU, Fan. Structure, properties, and applications of aroid starch. **Food Hydrocolloids**, v. 52, p. 378-392, 2016.

ZULUAGA, M.F.; BAENA Y.; MORA, C.F.; PONCE D'LEON, L.F.. Physicochemical characterization and application of yam (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) starch as a pharmaceutical excipient, **Starch/Starke**. 59, 307–317, 2007.