



MARCELLE MENDES MENDONÇA

**CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DO
MANGARITO**

LAVRAS-MG

2019

MARCELLE MENDES MENDONÇA

CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DO MANGARITO

Dissertação apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos para a obtenção do título de Mestre.

Dra. Joelma Pereira

Orientadora

LAVRAS-MG

2019

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Mendonça, Marcelle Mendes.

Caracterização do amido do mangarito / Marcelle Mendes

Mendonça. - 2019.

62 p. : il.

Orientador(a): Joelma Pereira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Xanthosoma riedelianum. 2. Amido. 3. Hortaliça não
convencional. I. Pereira, Joelma. II. Título.

MARCELLE MENDES MENDONÇA

CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DO MANGARITO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 16 de agosto de 2019.

Dra. Neide Botrel EMBRAPA

Dra. Ellen Cristina de Souza UFLA

Dra. Joelma Pereira
Orientadora

LAVRAS-MG
2019

Agradecimentos

A Deus, pelas oportunidades que me concedeu até hoje, sempre presente nos momentos mais difíceis me dando forças para lutar e não desistir.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pelo suporte para execução deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pela concessão de bolsa de estudos.

À minha orientadora, Dra. Joelma Pereira, por toda ajuda, dedicação, paciência, incentivo.

À Embrapa Hortaliças e Dra. Neide Botrel, pela disponibilidade da matéria-prima.

À minha mãe, Maria das Graças, por todo amor, pelo apoio, pelas palavras de carinho nos momentos certos e decisivos.

Agradeço profundamente ao meu pai Jairo Mendonça (*in memoriam*), exemplo de pessoal e caráter em minha vida. Saudades!

Aos meus irmãos queridos, Marlon e Maiza, pelo amor, companheirismo e laço de união que sempre nos acompanha.

Ao Diogo, meu marido e companheiro de todas as horas. Por todo o amor, incentivo e compreensão.

A toda a minha família e amigos, pelo apoio e carinho.

RESUMO

O mangarito (*Xanthosoma riedelianum*) é uma hortaliça que foi muito utilizada no passado pelos povos da região centro-americana, no entanto, atualmente a planta se encontra no grupo das hortaliças não convencionais. Há poucos estudos sobre a espécie e isso faz com que ela seja desvalorizada pelos produtores e consumidores. No entanto alguns estudos preliminares demonstraram que o mangarito apresenta o amido como principal componente, sendo considerado eminentemente calórico. Diante do exposto objetivou-se com o trabalho caracterizar o amido de mangarito e avaliar suas propriedades para indústria alimentícia. Após a extração, a fécula foi caracterizada quanto a sua morfológica, propriedades térmicas e tecnológicas. As características morfológicas foram avaliadas pelas análises de distribuição de tamanho dos grânulos, microscopia eletrônica de varredura e raios-X. As propriedades térmicas foram examinadas pela determinação das temperaturas iniciais, de pico e finais de gelatinização e retrogradação; e relacionadas com as propriedades tecnológicas que foram determinadas pelas análises de viscosidade, poder de inchamento, solubilidade, claridade da pasta e sinérese. Também foram realizadas análises de densidade, pH e acidez titulável. Os resultados foram analisados com observações de médias e desvio padrão. Foi realizado análise de variância para poder de inchamento, solubilidade, claridade de pasta e sinérese. O rendimento do processo de extração do amido de mangarito foi de 7,89%, e apresenta baixo teor de umidade, com grânulos sem porosidade superficial, forma circular, liso, com algumas irregularidades, tamanho das partículas com distribuição polimodal. Apresentam polimorfismo do tipo B, com índice de cristalinidade de 41,20% que está de acordo com o índice de cristalinidade de amidos nativos. A temperatura de gelatinização determinada pelo DSC é de 67,63°C enquanto que a temperatura de pasta determinada pelo RVA é de 77,9°C, diferença esperada devido à alta sensibilidade do equipamento calorímetro diferencial de varredura. No amido de mangarito são observados três eventos térmicos de perda de massa, apresentando 96,86% de perda acumulando de massa e 3,14% de cinzas. O amido de mangarito apresenta alta temperatura de empastamento, alta resistência a agitação mecânica, alta tendência à retrogradação e elevada viscosidade final. O poder de inchamento dos grânulos apresenta crescimento contínuo durante o aumento da temperatura, já o índice de solubilidade tem comportamento similar até a temperatura de 70° C e depois há redução na solubilidade. A claridade da pasta do amido de mangarito diminui com o tempo de armazenamento. A densidade absoluta do amido estudado é de 1,47g cm⁻³, o pH é próximo da neutralidade e a acidez titulável dentro da faixa dos amidos de fontes rizomatosas. O amido de mangarito, portanto, representa boa fonte para a elaboração de pudins, recheios de tortas, alimentos infantis e produtos de panificação por possuir elevada viscosidade e além disso pode ser usado na formulação de caldos, pois exhibe pasta opaca.

Palavras-chave: *Xanthosoma riedelianum*. Hortaliças não convencionais. Amido. Propriedades térmicas. Propriedades reológicas.

ABSTRACT

The mangarito (*Xanthosoma riedelianum*) is a vegetable that was widely used in the past by the people of the Central American region. However, the plant is currently in the group of unconventional vegetables. However, some preliminary studies have shown that the cuff has starch as its main component, being considered eminently caloric. In view of the above, the objective of this study was to characterize the mangarito starch and evaluate its properties for the food industry. After extraction, the starch was characterized by its morphological, thermal and technological properties. Morphological characteristics were evaluated by granule size distribution, scanning electron microscopy and X-ray analyzes. The thermal properties were examined by determining the initial, peak and final temperatures of gelatinization and retrogradation; and related to the technological properties that were determined by the analysis of viscosity, swelling power, solubility, paste clarity, and syneresis. Density, pH and titratable acidity analyses were also performed. Results were analyzed with mean and standard deviation observations. Variance analysis was performed for swelling power, solubility, paste clarity and syneresis. The yield of the mangarito starch extraction process was 7.89 %, and it is low in moisture, with granules without surface porosity, circular, smooth, with some irregularities, particle size with the polymodal distribution. They present type B polymorphism, with a crystallinity index of 41.20 %, which is in agreement with the crystallinity index of native starches. The gelatinization temperature determined by the DSC is 67.63 °C while the paste temperature determined by the RVA is 77.9 °C, an expected difference due to the high sensitivity of the differential scanning calorimeter equipment. In the mangarito starch, three thermal events of mass loss are observed, presenting 96.86 % of mass accumulating loss and 3.14 % of ash. Cuff starch has high sticking temperature, high mechanical stirring resistance, high tendency to retrograde and high final viscosity. The swelling power of the granules shows continuous growth during the temperature increase, while the solubility index has a similar behavior up to 70 °C and then there is reduction insolubility. The clarity of the cuff starch paste decreases with storage time. The absolute density of the starch studied is 1.47 g cm⁻³, the pH is close to neutrality and the titratable acidity within the range of starches from rhizomatous sources. Mango starch, therefore, is a good source for making puddings, pie fillings, baby foods, and bakery products because it has high viscosity and can be used in broth formulation. because it displayed an opaque folder.

Keywords: *Xanthosoma riedelianum*. Unconventional vegetables. Starch. Thermal properties. Rheological properties.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Folhas e rizomas do mangarito.....	14
Figura 2: Estrutura da molecular de amilose.	17
Figura 3: Estrutura molecular da amilopectina.	18
Figura 4: Curva de viscosidade do RVA	24
Figura 5: Morfologia dos grânulos de amido de mangarito pela microscopia óptica utilizando o aumento de 40x.	35
Figura 6: Distribuição de tamanho dos grânulos de amido de mangarito.....	36
Figura 7: Micrografias obtidas através de MEV dos grânulos de amido de mangarito com ampliações de 1500x (A) e 2500x (B) e escala de 10 μ m	37
Figura 8: Difractograma de raio-X do amido de mangarito.....	38
Figura 9: Curvas TG e DTA do amido de mangarito	39
Figura 10 - Perfil viscoamilográfico do amido de mangarito	41
Figura 11: Regressão do poder de inchamento (PI) do amido de mangarito em função da temperatura.....	44
Figura 12: Índice de solubilidade (IS) do amido de mangarito em função da temperatura	45
Figura 13: Percentagem de absorbância e transmitância do amido de mangarito em função do tempo de armazenamento	46
Figura 14: Efeito do tempo de armazenamento sobre a sinérese (%) do amido de mangarito	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Propriedades térmicas de geletinização de amidos de mangarito.	39
Tabela 2: Resultados obtidos por TG e DTA no amido de mangarito.....	40
Tabela 3: Propriedade de pasta do amido de mangarito	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Hortaliças não convencionais.....	12
2.2	Mangarito.....	13
2.2.1	Origem e cultivo	13
2.2.2	Características nutricionais	15
2.3	Amido	16
2.3.1	Estrutura e composição	17
2.3.2	Propriedades tecnológicas do amido.....	19
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1	Matéria-prima	28
3.2	Delineamento experimental	28
3.3	Caracterização do amido.....	28
3.3.1	Extração do amido	28
3.3.2	Teor de umidade	29
3.3.3	Microscopia óptica com luz comum e polarizada.....	29
3.3.4	Distribuição de tamanho dos grânulos	29
3.3.5	Microscopia eletrônica de varredura.....	30
3.3.6	Difração de raio-X.....	30
3.3.7	Propriedades térmicas	31
3.3.8	Propriedade de pasta	31
3.3.9	Poder de inchamento e índice de solubilidade.....	32
3.3.10	Clareza da pasta.....	32
3.3.11	Sinérese	33
3.3.12	Densidade.....	33
3.3.13	pH do amido	33
3.3.14	Acidez titulável	34
3.4	Análise estatística.....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1	Rendimento.....	34
4.2	Teor de umidade	35
4.3	Microscopia óptica com luz comum e polarizada.....	35
4.4	Distribuição de tamanho dos grânulos	36
4.5	Microscopia eletrônica de varredura.....	37
4.6	Difração de raio-X.....	37
4.7	Propriedades térmicas	38

4.8	Propriedade de pasta	40
4.9	Poder de inchamento e índice de solubilidade	44
4.10	Claridade de pasta	45
4.11	Sinérese.....	47
4.12	Densidade Absoluta	49
4.13	pH e acidez titulável do amido	49
5	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

O amido é a principal reserva energética dos vegetais e a principal fonte de carboidrato na dieta humana. Na indústria alimentar este carboidrato pode ser usado em inúmeras funções como proporcionar viscosidade, cremosidade, estabilidade, adesividades e formação de filme. É comum encontrar grande quantidade de produtos elaborados a partir de amido de trigo e milho, dado que suas características e comportamento já conhecidos, enquanto que os amidos de outras fontes não convencionais ainda são pouco populares (LUCAS-AGUIRRE et al., ANDRADE et al., 2017).

O mangarito (*Xanthosoma riedelianum*) é um exemplo dessas fontes alternativas, no qual seus rizomas são ricos em amido, além de possuir elevado teor de proteínas (17,95 g 100 g⁻¹) e minerais, como cálcio (114,0 mg 100g⁻¹), ferro (3,02 mg 100g⁻¹) e fósforo (398,0 mg 100g⁻¹) (CEREDA, 2002; SILVA, 2008).

O mangarito pertencente à família *Araceae*, gênero *Xanthosoma* e possui aproximadamente 60 espécies distribuídas em regiões tropicais e subtropicais da América do Sul, sendo muito apreciado pelos seus rizomas e folhas (GONÇALVEZ, 2000).

Contudo a urbanização da sociedade brasileira e a padronização do consumo fizeram que espécies como o mangarito, taioba, serralha, ora-pro-nóbis, peixinho, caruru, araruta entre outras fossem praticamente descartadas da cadeia produtiva, apesar de já terem sido importantes na dieta dos brasileiros (FILHO, 2012). Essas hortaliças passaram a ser classificadas como hortaliças não convencionais ou tradicionais, pois são espécies que possuem distribuição limitada e são restritas a determinadas regiões, além de não terem uma cadeia produtiva estabelecida (SILVA et al, 2018; SOUZA et al., 2019; XAVIER et al., 2018).

O mangarito, assim como outras hortaliças não-convencionais, apresenta características nutricionais e agrônômicas muito interessantes, no entanto são pouco exploradas. Trabalhos que resgata essas hortaliças são

fundamentais para que impeça o processo de extinção de algumas espécies e aumente o interesse entre os agricultores em produzi-las.

Segundo Cereda (2002), o mangarito pertence ao grupo das amiláceas, sendo considerada uma das espécies mais energéticas, precedido somente pela mandioca e batata baroa, sendo assim uma possível fonte de amido nativo com propriedades diferenciadas.

Nesse sentido, estudos relacionados à espécie, principalmente em relação à caracterização do amido, poderão contribuir para a preservação da cultura, bem como proporcionar o aumento da produtividade, tornando uma opção de renda para os agricultores, assim como expandir as fontes de amidos para utilização nas indústrias de alimentos.

Diante o exposto objetivou-se com o trabalho caracterizar o amido de mangarito e avaliar suas propriedades para indústria alimentícia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Hortaliças não convencionais

De acordo com Brasil (2010), definem-se como hortaliças não convencionais as espécies que não são valorizadas pela comunidade técnico-científica e pela sociedade como um todo, resultando em consumo localizado em algumas regiões, com dificuldade de propagarem para outras regiões do país. Além disso, são culturas que não estão organizadas como cadeia produtiva, assim não despertam interesse por parte de empresas de sementes, fertilizantes ou agroquímicos.

As hortaliças não convencionais, já foram muito consumidas em algumas regiões e devido às mudanças no comportamento alimentar, passaram a ter expressão econômica e social reduzida, perdendo mercado para outras hortaliças. O inhame (*Colocasia esculenta* L. Schott) até meados da década de 60 apresentava mercado significativo e era consumido por grande

parte da população. Porém ao passar do tempo, seu consumo foi reduzido se compararmos com outras hortaliças como tomate e batata (BRASIL, 2010).

Kinupp e Barros (2007), afirmam que as hortaliças não convencionais foram desvalorizadas principalmente pela ocorrência da migração da população rural para as cidades grandes e pelo consumo de alimentos de rápido preparo.

Ainda assim, a recuperação do valor das hortaliças não convencionais tem grande importância para melhorar o padrão alimentar da população brasileira, incentivando o consumo de alimentos que assegurem uma alimentação mais saudável (SANTIN, 2015).

Trabalhos realizados, concluíram que os teores de proteínas, carotenóides, minerais e compostos fenólicos encontrados nas hortaliças não convencionais como: beldroega (*Portulaca oleracea*), bertalha (*Basella rubra*), caruru (*Amaranthus viridis*), peixinho (*Stachis lanata*) e azedinha (*Rumex acetosa*) caracterizam esses vegetais como possuidores de elevado potencial nutricional e antioxidante, podendo seu consumo regular estar associado a benefícios à saúde humana (VIANA et al., 2015).

2.2 Mangarito

2.2.1 Origem e cultivo

O mangarito (*Xanthosoma riedelianum*) pertence à família Araceae, juntamente com o inhame (*Colocasia esculenta* Schott) e a taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). Originário da região centro-americana, que engloba as Américas Central e do Sul, pode ser encontrado no México, Venezuela, Colômbia, Panamá, Costa Rica, Porto Rico, Peru e Brasil (COTINA, 1991, citado por COSTA et al., 2005).

O mangarito é conhecido em outros países como “tannia”, “tiquisque” e “malangay”, e no Brasil como “mangará”, “taioba portuguesa” e “mangareto” e pela população Guarani denominado “tayaó” (MONTEIRO e PERESSIN, 1997).

Segundo Vasconcelos (1972) e Santos (2005), o mangarito fazia parte da base alimentar de povos indígenas, e começou a ser cultivado pelos primeiros colonizadores do Brasil. Desde então, tem sido produzido por agricultores tradicionais em várias regiões do país, no entanto é cultivado em plantios de subsistência em pequenas propriedades e em hortas domésticas. Há registro da espécie nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, Espírito Santo, Santa Catarina, São Paulo e Paraná (MADEIRA, 2015).

O mangarito é uma planta herbácea perene que apresenta o caule principal subterrâneo, chamado de rizoma parental, rizoma-mãe ou matriz de onde brotam caules secundários (rizoma filhos) e várias folhagens, como é visto na Figura 1, as quais são sagitadas, eretas e com longo pecíolo (VASCONCELOS, 1972). Segundo o mesmo autor, há preferência pelos rizomas filhos, pelo fato de serem mais tenros e de rápido cozimento.

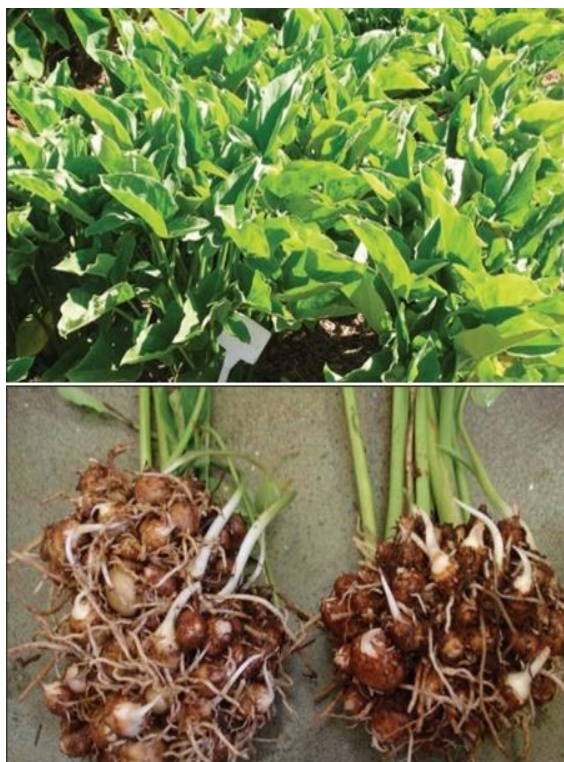


Figura 1: Folhas e rizomas do mangarito
Fonte: BRASIL (2010)

A variabilidade genética do mangarito ocorre de acordo com a região, havendo rizomas de coloração interna branca, amarela e arroxeadas. O mangarito se desenvolve em regiões tropicais úmidas, podendo ser cultivado em regiões mais frias no verão. Assim como as demais espécies da família Araceae, o mangarito permanece dormente durante o período frio e/ou seco do ano, sendo melhor cultivado em solos profundos, bem drenados, não compactados e com alto teor de matéria orgânica (AZEVEDO FILHO, 2012).

A cultura do mangarito apresenta ciclo de nove a onze meses, sendo que durante os primeiros cinco a seis meses ocorre o desenvolvimento dos rizomas e folhas e nos últimos quatro a cinco meses as folhas começam a secar, indicando o ponto de colheita da cultura (COSTA et al., 2008).

Estudos relacionados ao cultivo afirmam que região do plantio e suas características interferem na produtividade e o rendimento deste rizoma, estando associado com a oferta de água e de nutrientes, espaçamento, época do plantio, espécie e tamanho do rizoma utilizado para a produção de mudas (COSTA et al., 2008; CEREDA, 2002).

2.2.2 Características nutricionais

As hortaliças são fontes importantes de vitaminas, sais minerais e fibras, sendo algumas também ricas em carboidratos e proteínas. O mangarito, embora pouco conhecido, é uma hortaliça não convencional com características promissoras para o cultivo e consumo apresentando boa qualidade nutricional (CAVALCANTI, 2011).

De acordo com Cereda (2002), o mangarito é fonte energética por fornecer aproximadamente 107,2 Kcal 100 g⁻¹. Além disso, o mangarito apresenta teores superiores, em base seca, de cálcio (114,0 mg 100 g⁻¹), ferro (3,02 mg 100 g⁻¹) e fósforo (398,0 mg 100 g⁻¹) em comparação com outras espécies, como por exemplo a batata que possui 9 mg 100 g⁻¹, 1 mg 100 g⁻¹ e 69 mg 100 g⁻¹ desses nutrientes, respectivamente.

Em outro estudo, realizado por Silva et al. (2008), em que foi determinada a composição química do mangarito, encontraram os seguintes teores de umidade ($82,97 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), matéria seca ($17,03 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), cinzas ($7,70 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), proteína ($17,95 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), fibra bruta ($7,15 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), fibra em detergente neutro – FDN ($45,73 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e fibra em detergente ácido – FDA ($14,45 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), em base seca.

Cereda (2002) também estudou os rizomas de mangarito e em 100g de amostra foram quantificados 24 g de glicídios, 3 g de protídeos, 0,3 g de lipídios, 2 μg de retinol, 130 μg de tiamina, 20 μg de riboflavina, 6,4mg de niacina, 7 mg de ácido ascórbico, 114 mg de cálcio, 398 mg de fósforo, 3,02 mg de sódio.

2.3 Amido

O amido é o mais abundante carboidrato de reserva em plantas, e é considerado importante fonte energética para a alimentação humana, fornecendo cerca de 70% a 80% das calorias consumidas pelo homem. Os depósitos permanentes do amido ocorrem nos cereais, nos tubérculos e raízes das plantas (LEONEL; OLIVEIRA; FILHO, 2005).

O amido é amplamente empregado como ingrediente em diversos setores industriais, tendo no setor alimentício uma de suas principais áreas de aplicação sendo utilizado como agente espessante e de enchimento e para aumentar ou alterar a viscosidade de alguns produtos. Pode ser utilizado também para ligar ou desintegrar; expandir ou tornar denso, clarear ou tornar opaco, atrair ou inibir umidade, produzir textura curta ou longa, lisa ou de polpa, coberturas leves ou cremosas. Pode ser usado para estabilizar emulsões ou formar filmes resistentes a óleo. Encontramos o amido na forma nativa ou após modificações físicas e /ou químicas, na forma de amido modificado e /ou derivado, como maltodextrinas, dextrinas, xaropes de glicose, entre outros (PONTES, 2006).

Dentre os polissacarídeos, somente o amido se organiza na forma de grânulos, que são pequenas unidades individuais e relativamente densas. E essas estruturas estão diretamente relacionadas às condições agrônômicas do

local em que a planta é cultivada. Alterações de clima, por exemplo, podem influenciar na formação do grânulo e na deposição do amido. Esses fatores, por sua vez, podem interferir no tamanho e formação destes grânulos (DAIUTO; CEREDA, 2004).

Os amidos de diferentes fontes vegetais apresentam propriedades específicas que conferem funcionalidades distintas aos alimentos (JÚNIOR, 2015).

2.3.1 Estrutura e composição

O amido tem uma estrutura granular semicristalina e é classificado como homopolissacarídeo, pois é composto por dois polissacarídeos: a amilose e a amilopectina, sendo que a proporção e a organização destas moléculas estão diretamente relacionadas com as características funcionais do amido (RICHARD et al, 2004).

Segundo Billiaderis (1991), a maior parte dos amidos contém cerca de 20-30% de amilose e 70-80% de amilopectina. Essa proporção varia de uma fonte para outra e com o grau de maturação das plantas sendo que, as diferentes proporções destes polímeros influenciam na viscosidade e gelatinização do amido (BOBBIO; BOBBIO, 1995).

A amilose é uma macromolécula formada por unidades de D-glicose ligadas em α -1,4, como mostra a Figura 2, e possui menos de 0,1 % de ramificações na ligação α -1,6 o que permite considerar que a cadeia é essencialmente linear (BULÉON et al., 1998). A macromolécula apresenta grau de polimerização entre 500 e 5000 unidades de glicose (OATES, 1997) e massa molecular média de $1,5 \times 10^5$ a 10^6 (BLENNOW et al., 2000).

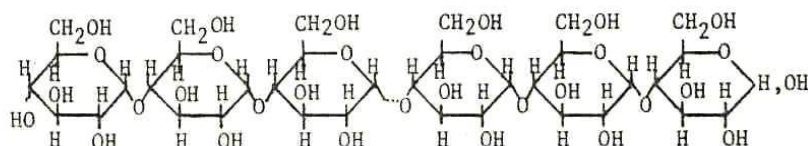


Figura 2: Estrutura da molecular de amilose.
Fonte: Ciacco; Cruz, 1982

A amilopectina, como mostra a Figura 3, é formada por unidades de glicose unidas em α - (1, 4) e fortemente ramificada, com 5% a 6% das ligações em α - (1,6) (BULÉON, et al., 1998), formando uma estrutura ramificada que varia de 20 a 35 unidades de glicose (COULTATE, 2002).

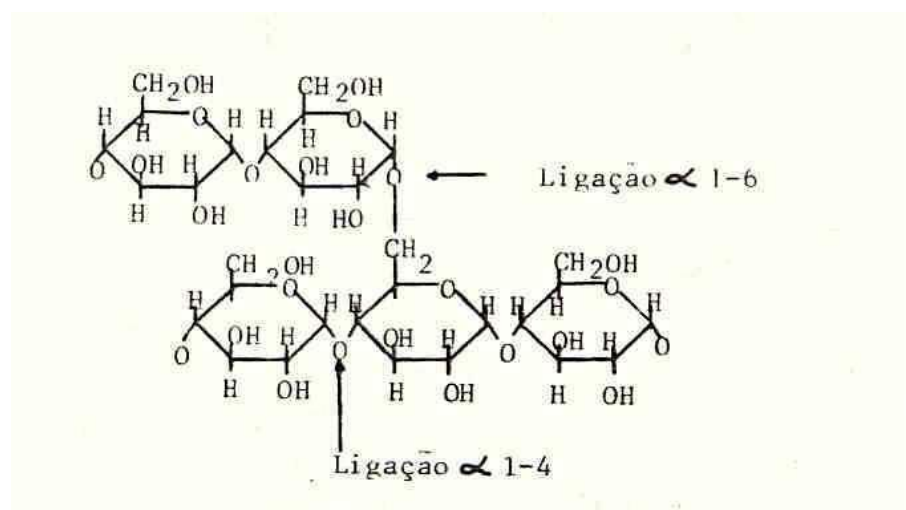


Figura 3: Estrutura molecular da amilopectina.
Fonte: Ciacco; Cruz,1982

A amilose e a amilopectina não são distribuídas de forma livre na matriz, elas se agrupam e formam os grânulos de amido que possuem tamanho compreendidos entre $1\mu\text{m}$ a $100\mu\text{m}$ e formas regulares como: esféricos, ovóide, ou angular ou ainda podem ser bastantes irregulares. (THOMAS, ATWELL, 1999)

A organização do grânulo do amido é complexa e consiste em camadas alternadas com anéis de crescimento que crescem a partir de uma região central (hilo). Os anéis amorfos limitam-se de ambas as macromoléculas em conformação desordenada, enquanto que os semicristalinos são formados por estrutura lamelar de regiões cristalinas e amorfas alternadas. A região cristalina é formada pelas duplas hélices das cadeias laterais da amilopectina, enquanto que a região amorfa contém os

pontos de ramificação da amilopectina e amilose (BULEON et al., 1998; JANE, 2004).

Portanto, a cristalinidade do grânulo de amido se deve basicamente à molécula de amilopectina, e não a amilose que, apesar de ser linear, possui uma configuração que dificulta sua união com outras cadeias (BLANSHARD, 1987).

Mediante a difração de raios-x, é possível classificar os grânulos de amido dependendo de sua forma e estrutura cristalina em três tipos, A, B e C. De acordo com Sajilata et al, (2006), estes padrões de cristalinidade estão correlacionados, em partes, com o comprimento das cadeias de amilopectinas, com a densidade de empacotamento no interior do grânulos e também com a presença de água.

Segundo os mesmos autores, as cadeias externas relativamente curtas das moléculas de amilopectina (entre 23 e 29 unidades de glicose) propiciam a formação de polimorfos cristalinos tipo A, comuns nos amidos de cereais. Já as cadeias externas maiores (entre 30 e 44 unidades de glicose) favorecem a formação de polimorfos do tipo B, encontrados principalmente nos tubérculos e em amido de banana, amidos retrogradados e amidos ricos em amilose. Os amidos polimorfos do tipo C são considerados como intermediários entre os tipos A e B, pois são compostos por moléculas de amilopectina de cadeias com 26 a 29 moléculas de glicose, sendo característicos de amido de leguminosas e sementes.

2.3.2 Propriedades tecnológicas do amido

Na indústria de alimentos, os amidos podem ser utilizados como ingredientes, componentes básicos ou aditivos, visando um produto com características específicas. A escolha do amido deve estar baseada nas propriedades funcionais tais como, a solubilidade, poder de inchamento, gelatinização, taxa de retrogradação e estabilidade, congelamento-descongelamento entre outras, e estas propriedades estão correlacionadas com

a estrutura molecular do amido (HOYOS-LEYVA; BELLO-PEREZ; ALVAREZ-RAMIREZ, 2017).

As propriedades do amido também estão relacionadas com o teor e com a estrutura molecular das moléculas de amilose e amilopectina que compõe o amido. Thomas e Atwell (1999) afirmam que amidos com altos teores de amilopectina, conferem maior resistência à retrogração quando os alimentos são estocados sob baixas temperaturas.

2.3.2.1 Poder de inchamento e índice de solubilidade

O poder de inchamento e o índice de solubilidade do grânulo diferem de acordo com a fonte do amido, o que permite comprovar a interação entre as cadeias nos domínios amorfos e cristalinos do amido. As interações são influenciadas pela proporção amilose/amilopectina e pelas características dessas moléculas: distribuição e peso molecular, grau e comprimento de ramificações e conformação (SINGH et al., 2003).

O poder de inchamento indica a capacidade de hidratação dos grânulos, pois a sua determinação é realizada pelo peso do grânulo de amido intumescido (inchado ou expandido) e de sua água oclusa (ASAOKA et al., 1982).

Quando os grânulos de amido são colocados em água fria, eles podem reter pequenas quantidades de água, provocando um pequeno inchamento reversível, visto que o amido não é solúvel em água fria. Mas quando o amido é aquecido em excesso de água, em temperatura acima da temperatura de gelatinização, a estrutura cristalina é rompida porque ocorre o relaxamento das ligações de hidrogênio e assim, as moléculas de água interagem com os grupos hidroxilas da amilose e da amilopectina, causa um aumento do tamanho do grânulo devido ao inchamento, com solubilização parcial (HOOVER, 2001).

O aquecimento ininterrupto, em presença de água abundante, resulta na completa perda da cristalinidade (WHISTLER; DANIEL, 1993). De acordo com Lobo e Silva (2003), quando ocorre o rompimento da região

cristalina não é possível visualizar a cruz de Malta sob a luz polarizada, ou seja, perde-se a birrefringência.

Rani e Bhattacharya (1995) afirmam que o poder de inchamento e a fragilidade dos grânulos de amido aumentam com a diminuição da quantidade de amilose e segundo Li e Yeh (2001), o inchaço do grânulo é uma propriedade associada à amilopectina.

O índice de solubilidade mede a porcentagem (em massa) da amostra de amido que é dissolvida após aquecimento (LEACH et al., 1959). Com a introdução da água no grânulo de amido, parte da amilose é expulsa do grânulo e isso contribui para o índice de solubilização. A tendência para a saída da amilose está na dependência da conformação do grânulo e no envolvimento desta com as regiões amorfas, constituídas principalmente pela amilopectina. Assim, a avaliação do poder de inchamento e do índice de solubilização contribui para estimar o tipo de organização existente no interior dos grânulos de amido (MARCON; AVANCINI; AMANTE, 2007).

2.3.2.2 Gelatinização e retrogradação

O entendimento das etapas que ocorrem durante a gelatinização e retrogradação de um amido é essencial para prever as propriedades funcionais do amido processado (COPELAND et al., 2009).

Quando o amido é aquecido acima de uma temperatura específica em excesso de água, inicia-se o processo de gelatinização que é caracterizado pela desestruturação do arranjo cristalino dos grânulos (DONOVAN, 1979). A hidratação do grânulo, durante o cozimento, gera mudança irreversível na estrutura dos grânulos de amido no qual as interações amido-amido são substituídas pelas interações amido-água. Quando o aquecimento ou o cozimento é contínuo, os grânulos de amido são rompidos e desintegrados o que resulta em uma dispersão gelatinosa. Alguns fenômenos ocorrem durante esse processo e provocam aumento na viscosidade: inchamento de grânulos, saída de amilose, fusão da amilopectina, destruição da ordem molecular, perda

de birrefringência, perda de cristalinidade, desenvolvimento de viscosidade e formação de gel ou massa tipo pasta (NELLES et al., 2000).

A gelatinização se inicia na região amorfa do grânulo, pois é nesta região que as ligações de hidrogênio são menos numerosas e os polímeros são mais aptos à dissolução, e segue rapidamente para a periferia (BILLIADERIS, 1980). Ao longo do aquecimento com excesso de água, ocorre inicialmente o inchamento dos grânulos de amido até temperaturas nas quais ocorre o seu rompimento, com destruição da ordem molecular e mudanças irreversíveis nas suas propriedades (RAGHEB et al, 1996).

A temperatura que marca o início destas transformações no grânulo é denominada de temperatura de gelatinização e, é influenciada por diversos fatores: proporção de amilose/amilopectina, estrutura molecular da amilopectina (comprimento de cadeia, extensão de ramificação, peso molecular) e arquitetura granular (proporção de regiões cristalinas e amorfas) e a presença de complexos amilose-lípidos. Portanto, nem todos os grânulos iniciam o processo de gelatinização exatamente à mesma temperatura e, por isto são conhecidas faixas de temperaturas nas quais diferentes amidos gelatinizam. Para cereais como o milho e trigo encontram-se faixas que podem variar entre 62°C e 70°C e entre 59,5°C e 64°C, respectivamente, ao passo que os amidos de tubérculos e raízes apresentam temperaturas de gelatinização um pouco mais baixas que os cereais, geralmente com variação numa faixa entre 58°C e 66°C no amido de batata e entre 52°C e 64°C no amido de mandioca (CEREDA *et al.*, 2002).

Após a gelatinização, durante o resfriamento e o armazenamento da pasta, inicia-se a retrogradação, que é o processo que ocorre quando as moléculas de amido gelatinizadas começam a reassociar favorecendo uma estrutura mais ordenada (ATWELL; HOOD; LINEBACK, 1998).

A formação de microcristais, decorrente da associação das moléculas em partículas maiores, promove a precipitação do amido da solução, voltando ao estado de insolubilidade em água fria, característica típica do grânulo, por

isso recebe-se o nome de retrogradação (AMANTE, 1986; FRANCO et al., 2001).

O processo de retrogradação da amilose e amilopectina são cineticamente diferentes. A amilose retrograda mais rápido, reassociando mediante as ligações de hidrogênio com moléculas de amilose adjacentes, formando estruturas cristalinas de duplas hélices (WU e SARKO, 1978). A amilose apresenta endoterma de fusão de 140°C a 180°C, e a presença de ácidos graxos livres e/ou lipídeos favorecem a formação de complexos de inclusão. Já a amilopectina retrograda em uma velocidade muito menor, e sua endoterma de fusão é menor, aproximadamente 45°C a 60°C (PARKER; RING, 2001; THARANATHAN, 2002).

Esta diferença na reassociação das cadeias está relacionada com a organização química (linear e ramificada) da molécula de amilose e da amilopectina. A linearidade da amilose simplifica a sua reassociação e forma cristais mais estáveis. Já as ramificações presentes na amilopectina implicam menor e mais lenta reorganização molecular (KARIM *et al.*, 2000).

A proporção de amilose é descrita como sendo um dos fatores que mais interferem na retrogradação do amido. Quanto maior a quantidade de amilose, maior é a tendência do amido retrogradar. Mas a amilopectina, materiais intermediários, tamanho e forma dos grânulos e fonte botânica, também têm papel importante na retrogradação durante o armazenamento refrigerado (SINGH et al., 2003)

Krogars (2003), também afirma que os géis que possuem alta concentração de amilose, quando comparados aos géis com maior concentração de amilopectina, apresentam maior resistência térmica e mecânica e são menos degradados, química ou enzimaticamente.

2.3.2.3 Propriedade de pasta

Os principais determinantes do comportamento de pasta do amido são as mudanças que ocorrem no processo de gelatinização e retrogradação, e estas são medidas pelas alterações na viscosidade durante o aquecimento e o

resfriamento da dispersão do amido utilizando equipamentos como viscoamilógrafo Brabender e o analisador rápido de viscosidade (RVA) (THOMAS; ATWELL, 1999).

O perfil de empastamento de amidos obtidos pelo RVA inclui pico de viscosidade, tempo para atingir este pico, quebra, viscosidade final, temperatura de pasta e tendência a retrogradação (setback) (THOMAS; ATWELL, 1999), como mostrado na Figura 4.

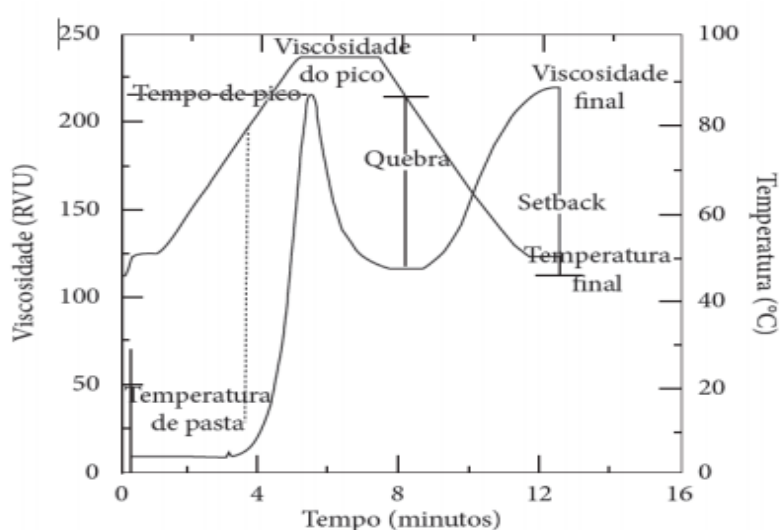


Figura 4: Curva de viscosidade do RVA
Fonte: Newport Scientific (1998)

No decorrer da fase inicial de aquecimento, um aumento na viscosidade é registrado no RVA quando os grânulos começam a inchar. Um pico de viscosidade é obtido quando os grânulos, em sua maioria, estão totalmente inchados, havendo também grânulos intactos e moléculas dos polímeros solubilizados, mas que ainda não ocorreu dentro do campo de atrito do instrumento. Durante a fase de temperatura (95 °C) e agitação constantes os grânulos começam a quebrar e a solubilização dos polímeros continua. Nesta fase ocorre quebra na viscosidade seguida de diminuição. Durante o período de resfriamento, polímeros de amilose e amilopectina solubilizados

começam a se reassociar e outro aumento na viscosidade é observado. Este segundo aumento da viscosidade é conhecido como tendência a retrogradação ou “setback” (WHISTLER; BEMILLER, 1997).

As características viscoelásticas indicam a possibilidade do uso do amido. Os tubérculos apresentam géis de amido mais fracos, pouco consistentes, no entanto, são mais viscosos e transparentes, características altamente vantajosas para utilização na industrialização de alimentos e outros usos industriais, como engomagem de tecidos finos (CEREDA; NUNES; VILPOUX, 1995).

2.3.2.4 Sinérese

Durante a retrogradação, em condições favoráveis, duas ou mais cadeias de amido gelatinizado se interagem e desenvolvem regiões ordenadas, gerando uma estrutura cristalina e forçando a saída da água do sistema. A expulsão da água da rede do gel é denominada sinérese (ATWELL; HOOD; LINEBACK, 1998).

A porcentagem de sinérese dos amidos cresce gradualmente com o tempo de armazenamento e repetições de ciclos de congelamento-descongelamento (PERERA; HOOVER, 1999).

Produtos que têm a necessidade de serem armazenados sob refrigeração exigem amidos com baixa tendência à retrogradação, em razão da sinérese. Neste caso é indicado amidos com alto teor de amilopectina, pois apresentam maior estabilidade a baixas temperaturas (BAHNASSEY; BREENE, 1994; PARKER; RING, 2001).

Denardin e Silva (2009) relatam que a sinérese também influencia o processo de envelhecimento dos pães e produtos de panificação, bem como, em algumas sobremesas que utilizam o amido como espessante. Neste caso, a sinérese é vista como uma propriedade negativa, pois se torna um indicador de deterioração, uma vez que os géis tornam-se mais rígidos, o que pode levar a rejeição do produto (MUNHOZ; WEBER e CHANG, 2004).

2.3.2.5 Claridade de pasta

A translucidez das pastas do amido é um atributo importante para a aceitabilidade de um determinado produto pelo consumidor, sendo a opacidade interessante para alguns alimentos e a translucidez para outros. Esta característica está associada com a retrogradação do amido, sendo que as pastas mais opacas possuem forte tendência à retrogradação (CIACCO; CRUZ, 1982). Portanto, a claridade de pasta também está correlacionada com a origem botânica e pode ser alterada por modificação química dos grânulos (CRAIG et al., 1989).

Sodhi e Singh (2003) mencionam que a transparência da pasta de amido pode estar relacionada com sua baixa quantidade de amilose e com o tamanho pequeno dos grânulos de amido. Além disso, eles associam o incremento na turbidez, durante o armazenamento, com o desenvolvimento de zonas funcionais que resultam da filtração de cadeias de amilose e amilopectina.

As pastas podem ser classificadas em dois grupos, dependendo da sua estrutura e associação molecular. A pasta transparente possui pouca associação das cadeias após a sua formação, sem estrutura granular, o que favorece a passagem de luz através dela; a pasta opaca apresenta estrutura granular mais organizada, com maior associação entre as cadeias, o que dificulta a passagem de luz (CRAIG et al, 2005).

2.3.2.6 Propriedades térmicas

O estudo das propriedades térmicas dos amidos pode estabelecer sua funcionalidade específica e, conseqüentemente, sua utilidade na indústria de alimentos (KRIEGER et al., 1997).

Quando uma determinada amostra é aquecida ou resfriada utilizando um controle de temperatura, alguma propriedade física ou química pode ser observada e registrada (WENDLANDT, 1986). O estudo do comportamento térmico dos amidos envolve as temperaturas de gelatinização, retrogradação,

temperatura de transição vítrea e cristalização, e estas são analisadas, há anos, empregando o calorímetro diferencial de varredura - DSC (YU; CHRISTIE,2001).

Temperaturas características de gelatinização que são as temperaturas inicial (T_0), de pico (T_p) e de conclusão (T_c) e a entalpia de gelatinização (ΔH) são determinadas pelo DSC e cada amido possui a sua (TESTER, 1997).

A cristalinidade do amido pode ser prevista utilizando a variação da entalpia (ΔH), que se refere à energia necessária para fundir os segmentos de duplas hélices. A temperatura inicial e de pico são usadas como medida da estabilidade ou perfeição das regiões cristalinas, e a largura do pico endotérmico como estimativa da heterogeneidade da estrutura cristalina (BLENNOW et al., 2000).

Noda et al. (1996) relataram que a arquitetura molecular das regiões cristalinas do amido, que representa o arranjo das cadeias curtas de amilopectina, é o principal fator que influencia nos parâmetros determinados pelo DSC. Esses autores revelaram que em estudos de amidos de batata doce e trigo, os resultados de T_0 , T_p , T_c e ΔH eram baixos devido ao grande número de cadeias curtas de amilopectina. Já Madsen e Christensen (1996) afirmam que as propriedades térmicas dos amidos estão estritamente correlacionadas com o tamanho e a distribuição de tamanho dos grânulos de amido.

A termogravimétrica (TG) e a análise térmica diferencial (DTA) também são técnicas utilizadas para determinar as propriedades térmicas do amido. A termogravimetria é um método basicamente quantitativo, dado que a variação de massa pode ser determinada. No entanto, o intervalo de temperatura onde essa variação de massa ocorre, é qualitativo, uma vez que esse parâmetro depende de fatores instrumentais e características da amostra (WENDLANT, 1986). Já a análise térmica diferencial (DTA), normalmente plotada em conjunto com a curva TG, é um método de avaliação contínua das temperaturas da amostra e de um material de referência termicamente inerte, conforme ambos vão sendo aquecidos ou resfriados em um forno. Estas

medições de temperatura são diferenciais, pois é registrada 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).

3 MATERIAL E METÓDOS

3.1 Matéria-prima

Os rizomas filhos de mangarito foram fornecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) – Hortaliças (15°56'S, 48°08'W e altitude de 997 m), e enviado para o Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos, no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, Minas Gerais.

O plantio do mangarito foi conduzido na Chácara Guarujá (Brazlândia-DF), por um pequeno produtor, com sistema orgânico de produção.

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições.

3.3 Caracterização do amido

3.3.1 Extração do amido

Para a extração do amido, os rizomas foram lavados, descascados e triturados com auxílio de liquidificador industrial (Lucre, modelo C4, Brasil) com água destilada na proporção de 1:1, e em seguida o conteúdo foi filtrado em tecido de organza. A massa obtida foi novamente triturada no liquidificador na mesma proporção da água destilada. O processo de trituração foi realizado por três vezes e tem como objetivo originar uma massa uniforme.

A suspensão de amido filtrada decantou, em ambiente refrigerado a 5° C por 24 horas, utilizando metabissulfito de sódio na proporção de 4,07 g para 2,5 litros de suspensão para evitar a fermentação. O sobrenadante foi descartado e o amido suspenso com água destilada e em seguida centrifugado a 3000 rpm por 10 minutos e depois seco em estufa a 45 °C por 24 horas.

O rendimento (RE) de extração do amido foi calculado através da Equação 1, expresso em porcentagem.

$$RE = \frac{\text{Peso do amido(g)} \times 100}{\text{Peso do mangarito descascado}} \quad \text{Equação 1}$$

3.3.2 Teor de umidade

A umidade foi determinada utilizando o analisador de umidade por infravermelho (IV 3000, GEHAKA, Brasil).

3.3.3 Microscopia óptica com luz comum e polarizada

A morfologia dos grânulos de amido de mangarito foi determinada por microscópio óptico Olympus modelo BX 51-p, com mesa giratória, polarizada e filtro de polarização (compensador) (Olympus América Inc., New York, EUA). Foi preparada uma lâmina para cada amostra, sendo que em cada lâmina foram acrescentadas duas gotas de suspensão 100 mg de amido em 5 ml de solução 1:1 de glicerina/água e foi coberta por uma lamínula. Após o preparo de cada lâmina foram selecionados campos aleatórios os quais eram fotografados. Em seguida foi realizado o mesmo processo com a inserção de um filtro polarizador na lente do microscópio.

3.3.4 Distribuição de tamanho dos grânulos

A distribuição de tamanho das partículas do amido de mangarito foi determinada diretamente por espectroscopia de difração a laser, utilizando-se

o equipamento Mastersizer 3000 (modelo Hydro 3000 UM- Malvern, Reino Unido). Uma pequena quantidade de amostra foi suspensa em álcool etílico com 98% de pureza e agitada e a distribuição do tamanho das partículas foi analisada cinco vezes, resultando em uma tabela com os percentuais de cada intervalo de diâmetro para a proporção de 100% da amostra analisada em gráfico com a curva média das cinco análises de cada amostra (diâmetro vs volume %).

O diâmetro médio foi determinado baseando-se no diâmetro médio de uma esfera de mesmo volume, diâmetro de Brouckere $D(4,3)$, conforme a Equação 2.

$$D(4,3) = \left(\frac{\sum_{i=1}^n ni di^3}{\sum_{i=1}^n ni di} \right)^{1/3} \quad \text{Equação 2}$$

3.3.5 Microscopia eletrônica de varredura

A amostra em pó foi colocada sobre uma superfície de alumínio com a ajuda de uma fita metálica adesiva de carbono dupla face e coberta com ouro, por meio do evaporador de ouro. Foram geradas e registradas digitalmente várias imagens da amostra no microscópio eletrônico de varredura LEO EVO 40 XVP, nas condições de trabalho de 20 kv e distância entre 7 e 15 mm. A análise foi realizada no Laboratório de Ultraestrutura e Microscopia Eletrônica, no Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras conforme protocolo de rotina do laboratório.

3.3.6 Difração de raio-X

Para analisar a forma de organização dos amidos foi utilizado um difratômetro de raios X (Panalytical X'Pert PRO) com radiação de Co ($\text{CoK}\alpha$) e filtro de Fe. Os padrões de difração de raios-x foram coletados na faixa entre 3° a 70° em 2Θ com velocidade de varredura de $0,06^\circ 2\Theta$ por segundo, com um gerador de potencial de 40 kV e um gerador de corrente de 40mA. A análise foi realizada no Laboratório de Mineralogia, no Departamento de Solos do Centro de Ciências Agrárias na Universidade Federal de Viçosa.

3.3.7 Propriedades térmicas

As análises térmicas de gelatinização foram analisadas no Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras. A análise Calorímetro Diferencial de Varredura (DSC) foi realizada utilizando o equipamento Shimadzu DSC 60A. Foram pesados 4 mg (base seca) do amido em recipientes apropriados de alumínio e adicionados 6 μL de água deionizada, as amostras foram mantidas por 2 horas em temperatura ambiente para equilíbrio e em seguida foram colocados no calorímetro e aquecido a 5°C por minuto, de 25 até 100°C , foi utilizado um recipiente de alumínio vazio como referência. As temperaturas inicial, de pico, final e a variação de entalpia dos amidos foram determinadas através do software TA-60WS Collection Monitor.

A termogravimetria (TG) foi realizada no equipamento DTG-60A/60AH, nas seguintes condições: massa da amostra de aproximadamente, 9,0 mg; atmosfera de ar sintético a uma vazão de 100 mL min^{-1} e razão de aquecimento de $20^\circ\text{C min}^{-1}$, de 30°C a 600°C . Os equipamentos serão dotados de cadinho de referência (vazio e idêntico ao da amostra) e o software TA-60WS Collection Monitor foi utilizado para a obtenção dos valores observados nas curvas.

3.3.8 Propriedade de pasta

A análise foi realizada na Embrapa Agroindústria de Alimentos-Guaratiba/RJ, utilizando-se o analisador rápido de viscosidade (Rapid Visco Analyser – RVA; Newport Scientific, Warriewood, Austrália) para determinar o perfil de viscosidade dos amidos, seguindo a metodologia de Carvalho e Mitchell (2000). Inicialmente, a viscosidade de pasta foi determinada à temperatura de 50°C , durante 4 minutos. Posteriormente, o gel foi aquecido até a temperatura de 95°C , por 3 minutos. Procedeu-se ao resfriamento a 50°C e, então, os géis foram mantidos nesta temperatura por mais 4 minutos. Nessa análise foram obtidos os valores de temperatura de pasta, viscosidades

máxima, mínima e final, quebra de viscosidade (diferença entre a viscosidade máxima e mínima) e tendência à retrogradação (diferença entre a viscosidade final e mínima).

3.3.9 Poder de inchamento e índice de solubilidade

O Poder de Inchamento (PI) e o Índice de solubilidade (IS) foram determinados conforme a metodologia adaptada de Leach, McCowen e Schoch (1959). Em tubo de centrifuga de peso conhecido, adicionou 5 g de amido e 50 ml de água destilada. Os tubos com a suspensão foram mantidos em temperaturas constantes na temperatura ambiente, 60^oC, 70^oC, 80^oC e 90^oC por 30 minutos, agitando de 5 em 5 minutos com um bastão de vidro. Em seguida, os tubos foram centrifugados a 3500 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi separado com auxílio de pipeta, e transferido para uma placa de petri de peso conhecido e seca em estufa por 3 horas a 105^oC. O peso do resíduo foi determinado por diferença de peso. O centrifugado foi pesado e o poder de inchamento e o índice de solubilidade calculado de acordo com as Equações 3 e 4:

$$PI (g/g) = C / MA \quad \text{(Equação 3)}$$

$$IS (\%) = 100 \times (R / MA) \quad \text{(Equação 4)}$$

Onde: MA= massa da amostra;

C = centrifugado;

R= peso do resíduo

3.3.10 Claridade da pasta

A claridade da pasta foi determinada como descrito por Craig (1989), utilizando suspensões de amido (1g 100ml⁻¹) em água. A suspensão foi gelatinizada e mantida durante 30 minutos, em banho com água fervente, com

agitação de 30 segundos a cada 5 minutos. Em seguida a solução foi resfriada a temperatura ambiente e a transmitância (%T) determinada a 650 nm utilizando espectrofotômetro (Varian Indústria e Comércio Ltda., Inc., modelo Cary 50, Brasi). As amostras foram armazenadas a 4 °C durante oito dias com o objetivo de monitorar a retrogradação e a cada 24 horas foi realizada a leitura da transmitância do 1º ao 8º dia.

3.3.11 Sinérese

A sinérese foi determinada pelo método modificado proposto por Singh, Sandhu e Kaur (2004). Suspensões de amido (2 % m/v) foram aquecidas em tubos de Eppendorf a 85 °C durante 30 minutos em banho de água com temperatura controlada, após esse procedimento os tubos foram fechados e submetidos a um resfriamento rápido por imersão em água e gelo. As amostras foram armazenadas a 5 °C por 24, 48, 72, 96 e 120 horas. As amostras foram centrifugadas a 3200 rpm por 15 minutos e posteriormente foi medida quantidade de água liberada e determinada a sinérese (%) a partir da Equação 5:

$$\text{Sinérese (\%)} = \frac{\text{Líquido liberado (g)}}{\text{Peso da amostra inicial(g)}} \times 100 \quad (\text{Equação 5})$$

3.3.12 Densidade

A densidade absoluta dos grânulos foi determinada pelo método do picnômetro, por deslocamento do xileno a 30 °C, segundo Schoch e Leach (1964).

3.3.13 pH do amido

O pH foi determinado em potenciômetro (DM pH-2, Hanna Instruments, Brasil) com inserção do eletrodo diretamente na solução

contendo 10 g de amido diluído em 100 mL de água destilada, segundo as normas AOAC (2012).

3.3.14 Acidez titulável

A determinação da acidez titulável foi realizada nas mesmas amostras após a determinação do pH, seguindo metodologia descrita por AOAC (2012). Os resultados foram expressos em mL de NaOH 100g⁻¹.

3.4 Análise estatística

Os resultados foram analisados com observações de médias e desvio padrão. Foi realizado análise de variância para as variáveis: poder de inchamento, índice de solubilidade, claridade de pasta e sinérese. Efeitos quantitativos foram ajustados a um modelo de regressão. Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Rendimento

O rendimento do processo de extração do amido de mangarito foi de 7,89% para o protocolo de extração com água.

Ao se comparar o rendimento de extração do amido de mangarito com o rendimento de amidos das turberosas batata inglesa (18%) e mandioca (22%-27%) há uma considerável diferença (FRANCO et al., 2002). Já em relação à araruta (8%-16%) e ao inhame (9,3%), que também são rizomas, o valor é próximo ao encontrado na literatura (NOGUEIRA et al., 2013, DURANGO et al., 2009).

4.2 Teor de umidade

O teor de umidade encontrado no amido de mangarito foi de $10,57 \pm 0,15 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, inferior aos valores máximos de $18 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ estabelecido para fécula de mandioca e $21 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ para fécula de batata pela Instrução Normativa nº 23 de 14 de dezembro de 2005 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para uma boa conservação (BRASIL, 2005).

No trabalho realizado por Ávila et al. (2012), em que se determinou a composição centesimal da fécula isolada dos rizomas filhos do mangarito foram encontrados $8,01 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ de umidade. Variações podem ocorrer em decorrência de vários fatores inerentes a diferença genética dentro da espécie e fatores pré-colheita, como o sistema de cultivo e ponto de colheita.

4.3 Microscopia óptica com luz comum e polarizada

De acordo com a Figura 5 podem ser identificadas estruturas birrefringentes, denominadas cruces de Malta (indicadas por setas). Essas estruturas são características dos grânulos de amido, não fundidos, e são visíveis sob luz polarizada devido ao alto grau de organização supramolecular dos grânulos (Silva et al., 2004).

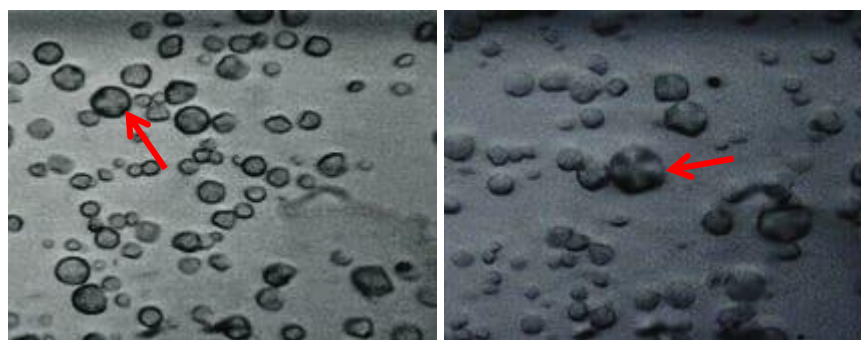


Figura 5: Morfologia dos grânulos de amido de mangarito pela microscopia óptica utilizando o aumento de 40x.

A refração pelas regiões cristalinas resulta no modelo típico de “Cruz de Malta”, o que caracteriza a orientação radial das macromoléculas. O centro

ou “hilum”, considerado o ponto original de crescimento do grânulo, se encontra no centro do grânulo, caracterizando um amido concêntrico.

4.4 Distribuição de tamanho dos grânulos

A Figura 6 apresenta a distribuição de tamanho das partículas do amido de mangarito e revela uma distribuição polimodal com três picos. O menor a 1,20 μm , seguido pelo principal a 9,25 μm e o terceiro a 92,05 μm . A grande variação de tamanho das partículas é decorrente dos amidos que se encontram aglomerados, como observado na Figura 6.

O diâmetro médio volumétrico das partículas foi expresso como diâmetro médio de Brouckere D (4,3).

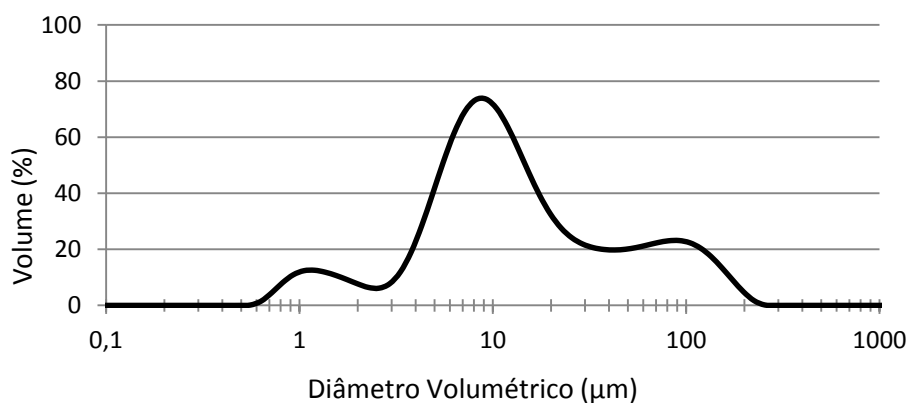


Figura 6: Distribuição de tamanho dos grânulos de amido de mangarito

Comparando o amido de mangarito com outras fontes amiláceas, o diâmetro (27,20 μm) é relativamente maior do que os encontrados em fontes convencionais como trigo (26 μm), mandioca e milho (13 μm) (LACERDA, 2008). Entretanto o grânulo do amido de mangarito é menor do que o biri, que possui diâmetro médio de 59,61 μm (LEONEL, 2004), e de araruta, uma espécie rizomatosa também conhecida como hortaliça não convencional, que tem predominância dos grânulos de 30 μm de diâmetro (CUNHA, 2016).

4.5 Microscopia eletrônica de varredura

A Figura 7 mostra o aspecto geral dos grânulos de amido de mangarito por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Observou-se por meio dos estudos das imagens que os grânulos do amido de mangarito apresentam superfície lisa sem porosidade superficial e forma circulares com algumas irregularidades semelhante ao que foi observado por Leonel (2007) nos grânulos de amido de mandioca que se mostraram circulares sendo alguns côncavos e convexas.

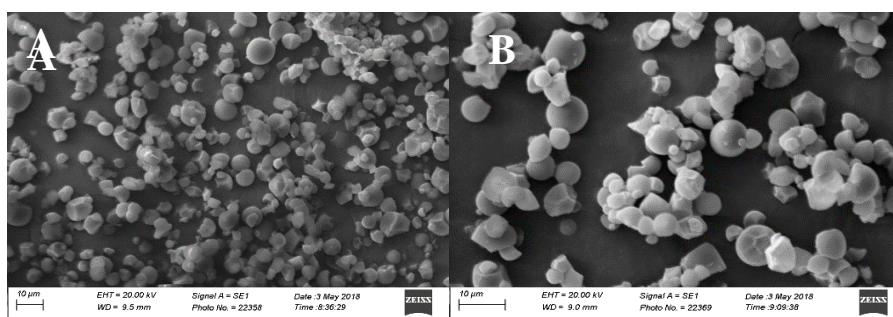


Figura 7: Micrografias obtidas através de MEV dos grânulos de amido de mangarito com ampliações de 1500x (A) e 2500x (B) e escala de 10µm

Foi possível verificar também que há vários grânulos de amido compostos, estes grânulos podem ser atribuídos à presença de outros compostos residuais como proteínas e lipídeos, como citado por Cardoso et al. (2006) e Ashogbon & Akitayo (2012), ou então, devido às condições de extração e secagem que pode ter ocorrido uma ligeira gelatinização sobre a superfície dos grânulos fazendo com que os mesmos se aderissem e formassem aglomerados.

4.6 Difração de raio-X

Os padrões de cristalinidade obtidos para os amidos de mangarito estão apresentados na Figura 8. A difractografia de raio-X apresenta pico de menor intensidade próximo a 5,6°, seguido de picos mais intensos quando o ângulo 2 theta está próximo de 17°, 22° e 26°, portanto, o amido de mangarito

exibe padrão de difração tipo B. A maioria dos amidos de raízes e tuberosas, como biri e inhame, também apresentam esse padrão (HOOVER, 2001).

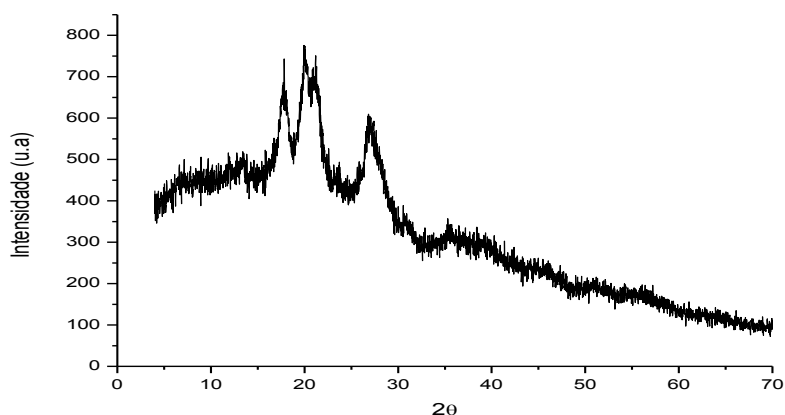


Figura 8: Diffractograma de raio-X do amido de mangarito

O índice de cristalinidade que foi determinado a partir das áreas total e dos picos dos difratogramas de raio-X, é um parâmetro muito importante já que este influencia as propriedades físicas, mecânicas e tecnológicas do amido. A cristalinidade encontrada para o amido de mangarito foi de 41,20%, esse valor está de acordo com os dados encontrados na literatura, em que aponta que o índice de cristalinidade de amidos nativos, devem estar entre 15% a 45% (CHEETHAM; TAO, 1998; YONEMOTO, 2006).

Ferrini (2006), encontrou valor de índice de cristalinidade de 25,24% para amido de mandioca, e Rocha (2010) verificou no amido de milho 32,6% de cristalinidade. Valores altos de cristalinidade implica em maior estabilidade granular, o que conseqüentemente reduz a capacidade de inchamento do grânulo, tornando-o mais resistente ao processo de gelatinização (SINGH et al., 2004).

4.7 Propriedades térmicas

As propriedades térmicas de gelatinização e o perfil endotérmico do amido de mangarito são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Propriedades térmicas de gelatinização de amidos de mangarito.

$T_o(^{\circ}\text{C})$	$T_p(^{\circ}\text{C})$	$T_c(^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$	$\Delta H_{\text{gel}} (\text{J g}^{-1})$
$67,63 \pm 0,44$	$74,24 \pm 0,50$	$80,90 \pm 0,24$	$12,61 \pm 0,68$	$-4,94 \pm 0,078$

* T_o , T_p , T_c = temperatura inicial ou *onset*, de pico e final ou de conclusão, respectivamente; ΔT = variação da temperatura; ΔH = variação de entalpia

A temperatura inicial de gelatinização foi de $67,63^{\circ}\text{C} \pm 0,44^{\circ}\text{C}$, a de pico foi de $74,24^{\circ}\text{C} \pm 0,50^{\circ}\text{C}$ e a de conclusão foi de $80,90^{\circ}\text{C} \pm 0,24^{\circ}\text{C}$, com variação de $12,61^{\circ}\text{C} \pm 0,68^{\circ}\text{C}$ e variação de entalpia de $-4,94 \text{ J g}^{-1} \pm 0,078 \text{ J g}^{-1}$. Em trabalhos realizados com amido de araruta, Pepe (2011) encontrou valores próximos, com temperatura inicial de $62,4^{\circ}\text{C}$ e temperatura de conclusão de $76,2^{\circ}\text{C}$.

A temperatura inicial de gelatinização ($67,63^{\circ}\text{C} \pm 0,44^{\circ}\text{C}$), determinada por calorimetria exploratória diferencial (DSC) foi menor do que a temperaturas de pasta ($77,90^{\circ}\text{C} \pm 0,56^{\circ}\text{C}$), obtida com o Rapid Visco Analyser (RVA) (Tabela 3). O DSC é capaz de detectar quando os primeiros grânulos começam a se desorganizar e registra a temperatura inicial de gelatinização, ou seja, há maior sensibilidade por parte do aparelho, já o RVA identifica aumento da viscosidade da pasta de amido (TESTER; MORRISON, 1990; WANG et al., 2011).

No amido de mangarito foram observados três eventos térmicos de perda de massa, que são apresentados na Figura 9 e na Tabela 2.

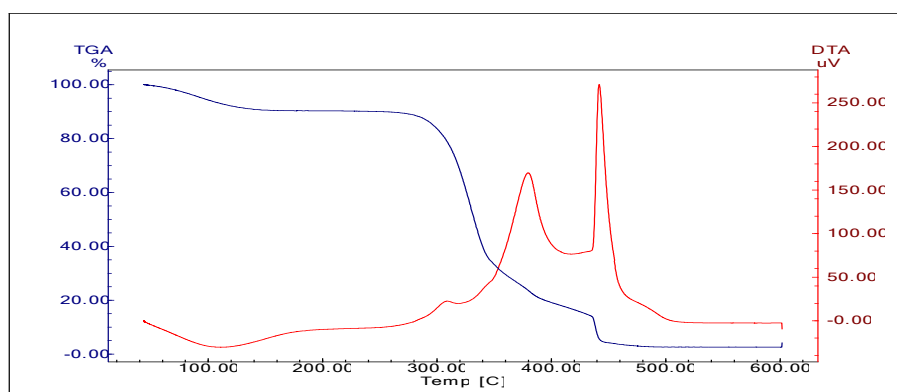


Figura 9: Curvas TG e DTA do amido de mangarito

No amido de mangarito foram observados três eventos térmicos de perda de massa (Tabela 2 e Figura 9). O primeiro, que corresponde a uma perda de massa de 9,66%, foi atribuído à evaporação de voláteis (majoritariamente a água absorvida pelo material amiláceo) e ocorreu aproximadamente em 92,72 °C. Já o segundo evento, que é composto por dois picos teve início em 257,55 °C, chegando ao seu máximo de degradação em 326,38°C, está relacionado à etapa de degradação térmica dos constituintes majoritários do amido. O primeiro pico menor está relacionado com a perda de amilose, que é a estrutura mais linear do amido e um segundo pico, que se refere à degradação da estrutura amilopectina, com perda de massa total de 75,74%. E por fim o terceiro evento, em que há uma pequena perda de massa (11,46 %) entre 434,56 °C e 485,95°C que se deve a degradação de carbonáceos mais resistentes à temperatura.

Tabela 2: Resultados obtidos por TG e DTA no amido de mangarito

Etapas	TG		DTA	
	Perda de Massa (%)	Perda Acumulativa (%)	ΔT (°C)	T_p (°C)
1°	9,66	9,66	44,53-164,92	92,72
Estabilidade	-	9,66	164,92-257,55	-
2°	75,74	85,40	257,55-434,56	326,38
3°	11,46	96,86	434,56-485,95	439,35
Resíduo	3,14	-	485,95- 600,00	-

T_p = temperatura de pico

A partir da análise termogravimétrica é possível determinar o teor de substâncias inorgânicas nas amostras (ARAÚJO et al., 2006), o que representa o resíduo da queima, que neste caso foi de 3,14 % da massa total do amido.

4.8 Propriedade de pasta

As propriedades de pasta do amido de mangarito, foram determinados por meio do Rapid Visco Analyser (RVA), são apresentados na Figura 10 e Tabela 3. Nos primeiros 3,6 minutos (tempo de pasta) os grânulos de amido não sofreram modificação e a viscosidade mostrou-se baixa (1,75 RVU).

A temperatura em que os grânulos começam a inchar, que é a denominada temperatura de pasta (77,9°C), indica que este amido teve alta resistência à expansão e ruptura, conforme citado por Singh et al. (2004). Em comparação com os dados encontrados na literatura Ávila et al. (2012), obteve um valor de 82, 15 °C para o amido dos rizomas filhos do mangarito, valor pouco maior que o encontrado neste trabalho.

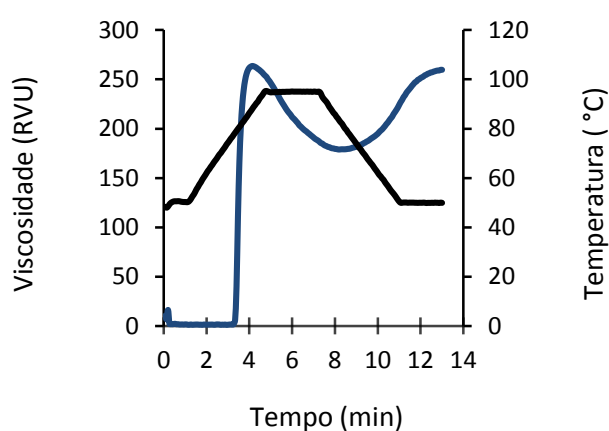


Figura 10 - Perfil viscoamilográfico do amido de mangarito

As propriedades de pasta de amidos estão relacionadas a uma série de fatores, incluindo proporção de amilose e amilopctina, tipo de cristalinidade, tamanho e estrutura do grânulo (LINDEBOOM et al., 2004). As mudanças que ocorrem nos grânulos de amido durante a gelatinização e a retrogradação são os principais determinantes do comportamento de pasta, as quais são medidas principalmente pelas mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento das suspensões de amido (LUSTOSA et al., 2009).

De acordo com o trabalho feito por Shirai et al. (2007), os amidos nativos de batata (65,2 °C), mandiocinha-salsa (59,1 °C) e mandioca (66,7 °C) apresentaram temperaturas de pasta menores. Já o amido de inhame (*Colocasia esculenta*), espécie da mesma família que o mangarito, apresenta

temperatura próxima ao observado (78,45°C) no presente trabalho (ALMEIDA, 2012).

Após o início da formação de pasta, os grânulos começaram a intumescer, aumentando a viscosidade até 263,17 RVU \pm 0,60 RVU (viscosidade de pico no ciclo de aquecimento), em 4,13 minutos, a 88°C (Tabela 3). Durante o período de aquecimento, o perfil de viscosidade apresentou formato arredondado, indicando, ainda, certa resistência das forças de ligação no interior dos grânulos, que, uma vez rompidas, sob agitação contínua, provocam queda de 84,71 RVU \pm 0,53 RVU na viscosidade (quebra). A diferença entre as viscosidades de pico (máxima) e a mínima é conhecida como “quebra”, ou “breakdown”, que simula a resistência do amido à agitação mecânica e a estabilidade dos grânulos a altas temperaturas (THOMAS; ATWELL, 1999).

Tabela 3: Propriedade de pasta do amido de mangarito

Temperatura de pasta (°C)	Viscosidade da pasta (RVU)			
	PV	QV	VF	TR
77,90 \pm 0,56	263,17 \pm 0,60	84,71 \pm 0,53	259,71 \pm 1,59	80,83 \pm 1,53

PV= pico de viscosidade ;QV= quebra de viscosidade; VF=viscosidade final; TR=tendência a retrogradação.

Ávila et al. (2012) encontraram os valores para o pico de viscosidade e quebra de viscosidade para o amido dos rizomas filhos do mangarito de 252,63 RVU e 86,63 RVU, respectivamente. No trabalho de Shirai et al. (2007), o amido de mandiquinha-salsa e o amido de batata foram os que apresentaram maior pico de viscosidade 440 RVU e 727 RVU, enquanto que a mandioca (303 RVU), apresentou valor próximo ao do amido de mangarito.

Esses altos valores de viscosidade representam a capacidade de retenção de água antes de os grânulos se romperem e é importante na avaliação da qualidade do amido, uma vez que a fluidez pode interferir na elaboração do produto e até no equipamento a ser utilizado (BELLO-PÉREZ et al., 2006).

Com a posterior diminuição da temperatura, ocorrem a reassociação das moléculas e o conseqüente aumento da viscosidade, devido à reorganização das cadeias lineares que foram solubilizadas durante o aquecimento. Produz-se grande número de ligações cruzadas que formam uma rede que retém grande quantidade de água em seu interior, fenômeno conhecido como retrogradação (MUCCILLO, 2009).

Durante o período de resfriamento, o aumento da viscosidade foi de $80,83 \pm 1,53$ RVU (tendência à retrogradação), atingindo viscosidade final de $259,71 \pm 1,59$ RVU, valores pouco menores ao encontrados para os rizomas filhos do mangarito que foram 88,62 e 254,62, respectivamente (Ávila et al., 2012).

A tendência à retrogradação do amido de mangarito, também foi menor que o da mandioca (115 RVU) e maiores que o da batata (67 RVU) e mandioquinha- salsa (69 RVU) (Shirai et al., 2007). Para Yuan et al. (2007), quanto maior a tendência à retrogradação, maiores os diâmetros dos grânulos, devido à maior fragilidade.

Quanto a viscosidade final dos amidos analisados por Shirai et al. (2007), todos apresentaram viscosidade final menor que a encontrada, 251 RVU para batata, 204 RVU para mandioquinha-salsa, 210 RVU para mandioca. A viscosidade final é um parâmetro importante no uso de amido em alimentos, pois corresponde à viscosidade do produto final. De acordo com o tipo de produto, uma viscosidade maior ou menor pode ser desejável; sopas prontas não devem apresentar viscosidade final muito elevada, o que causaria uma sensação desagradável. Já recheios de tortas necessitam de maior viscosidade, o que evitaria o transbordamento durante o transporte. Deve-se considerar também que o processamento industrial reduz a viscosidade e, portanto, essa queda deve ser ponderada no cálculo da viscosidade desejada (DAIUTO, 2004).

Assim, o amido de mangarito seria mais indica para produtos que necessitam de uma elevada viscosidade, como recheios de tortas, pudins, alimentos infantis e produtos de panificação.

4.9 Poder de inchamento e índice de solubilidade

O poder de inchamento do amido de mangarito apresenta crescimento contínuo com o aumento da temperatura. De acordo com a Figura 11 pode se observar que há estabilidade entre a temperatura ambiente ($1,94 \text{ g} \pm 0,09$) e 50°C ($1,98 \text{ g} \pm 0,22$), seguido de aumento e nova estabilidade entre 60°C ($2,37 \text{ g} \pm 0,14$) e 70°C ($2,45 \text{ g} \pm 0,17$), enquanto que o pico é alcançado entre a temperatura de 80 e 90°C , com valores de $9,60 \text{ g} \pm 0,19$ e $9,80 \text{ g} \pm 0,14$ respectivamente.

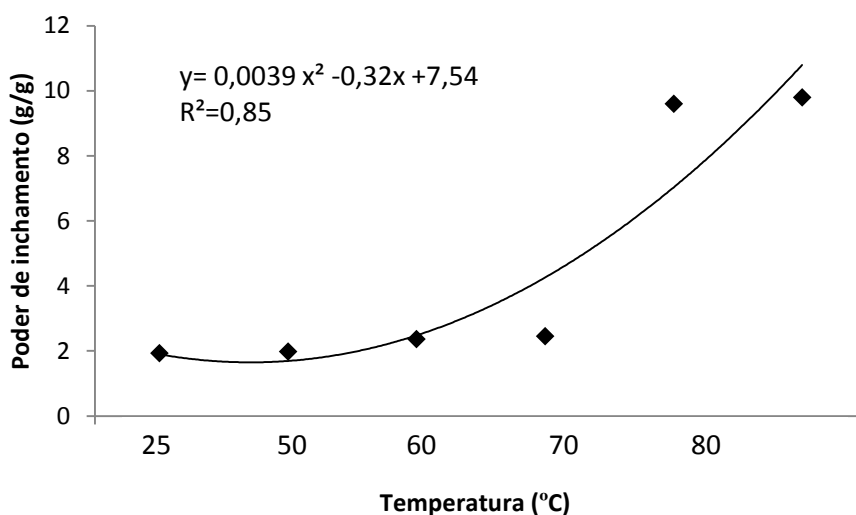


Figura 11: Regressão do poder de inchamento (PI) do amido de mangarito em função da temperatura

O aumento do poder de inchamento com o aumento da temperatura indica certa influência nessa capacidade de retenção de água. Este fato está relacionado à maior vibração das moléculas do grânulo de amido sob altas temperaturas, o que causa o rompimento das ligações intermoleculares e permite que os sítios de ligação liberados possam realizar a união de ligações do hidrogênio com a molécula de água (FENNEMA et al., 2010).

Apesar das características do amido apresentarem diferenças de acordo com a espécie amilácea, o amido de mangarito apresenta comportamento semelhante ao relatado por Cunha (2016) trabalhando com

araruta tipo redonda ($10,26 \text{ g} \pm 0,15$) e seta ($10,31 \text{ g} \pm 0,038$), porém inferior ao amido de milho ($15,30 \text{ g}$) segundo Takizawa et al. (2004).

Singh et al. (2004), relatam que o baixo poder de inchamento pode ser atribuído à presença de vários cristais formados pela associação de longas cadeias de amilopectina, ou seja, um maior grau de cristalinidade implica em maior estabilidade granular o que conseqüentemente reduz a capacidade de inchamento do grânulo, fato observado na análise de difração de raio-X em que obteve alto índice de cristalinidade (41, 20%) para o amido de mangarito.

Os resultados de solubilidade do amido não adequaram os modelos matemáticos propostos, sendo apresentado o gráfico com os valores e dos desvios-padrão (Figura 12).

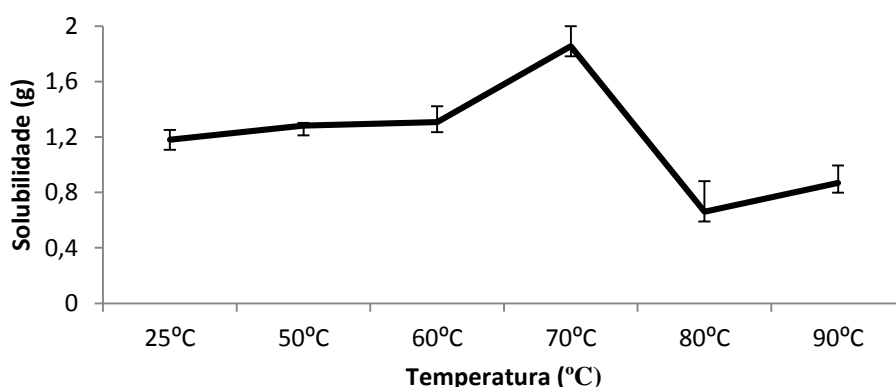


Figura 12: Índice de solubilidade (IS) do amido de mangarito em função da temperatura

Na solubilidade o comportamento do amido de mangarito apresenta um crescimento constante entre a temperatura ambiente até 70°C ($1,18 \text{ g}$ para $1,85 \text{ g}$), seguida de uma drástica redução aos 80°C ($0,66 \text{ g} \pm 0,22 \text{ g}$), entretanto volta a crescer em 90°C .

4.10 Claridade de pasta

O percentual de absorvância e transmitância determinam a claridade de pasta do amido. Sendo assim, conforme Figura 13, pode observar que no primeiro dia a transmitância do amido de mangarito apresentou os maiores

percentuais médios (4,88%), reduzindo ao longo do tempo, no entanto entre o sexto e oitavo dia estabilizou. Enquanto que a absorbância apresenta comportamento inverso ao observado na transmitância.

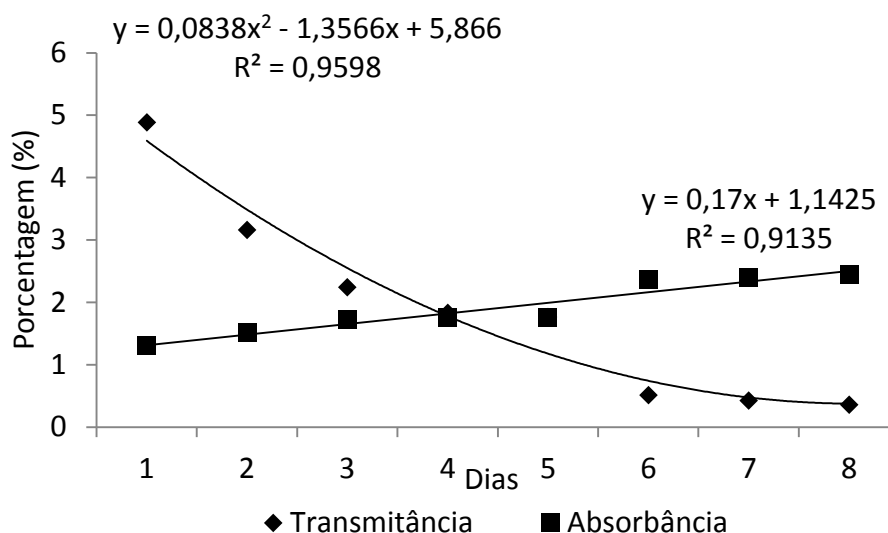


Figura 13: Percentagem de absorbância e transmitância do amido de mangarito em função do tempo de armazenamento

O percentual de transmitância está diretamente ligado à claridade da pasta do amido, se a luz passa através de uma solução sem haver absorção, a absorbância é zero e a transmitância é 100%; já quando toda a luz é absorvida, a transmitância é zero e a absorbância é infinita. Portanto, quanto maior a transmitância, maior a claridade de pasta (menor turbidez) (MENDES, 2011).

Singh et al. (2007) verificaram, em diferentes variedades de arroz, que a transmitância da claridade da pasta variou entre 1,5% e 33,2%. Estes autores relataram que as pastas de amidos podem ser menos translúcidas, por causa da presença de lipídeos complexados à amilose e resquícios de grânulos de amidos intumescidos. Abera e Rakshit (2003) relataram, ainda, que fatores como a presença de fibras, lipídeos e pigmentos pode diminuir a transparência das pastas de amido.

A claridade da pasta pode ser influenciada por muitos fatores, como concentração, pH, extensão e tipo de modificação (CIACCO; CRUZ, 1982; HOOVER, 2001; MATSUGUMA, 2006). De acordo com Craig et al. (1989), a pasta opaca apresenta estrutura granular mais organizada, com maior associação entre as cadeias, o que dificulta a passagem de luz. Amidos com maior teor de amilose e com alta tendência à retrogradação apresentam géis opacos e mais firmes (MATSUGUMA, 2006; SILVA; ASSUMPCÃO; VEGRO, 2000). ALMEIDA (2012), SINGH ET AL. (2004) e TAKIZAWA ET AL. (2004) constataram relação entre a claridade de pasta e a solubilidade, tendo amidos mais solúveis apresentado maior transparência, o que pode ser comprovado pelos resultados obtidos com os amidos estudados.

Segundo Craig et al. (1989), a claridade da pasta e a tendência à retrogradação influenciam a qualidade tecnológica do amido. Amidos utilizados como espessante em recheios de tortas, na cobertura de alimentos ou como filmes comestíveis devem ser preferencialmente transparentes, enquanto amidos usados em molhos para saladas e na confecção de pudins e sobremesas prontas devem ser opacos, como as pastas dos amidos aqui analisados.

4.11 Sinérese

A sinérese apresentada pelo amido de mangarito, após refrigeração de 4 ° C durante 120 horas, está apresentado na Figura 14. Observa-se que houve aumento na quantidade de água liberada pelos géis no decorrer do armazenamento, entretanto com 120 horas de armazenamento houve diminuição no percentual, liberando uma quantidade menor de água.

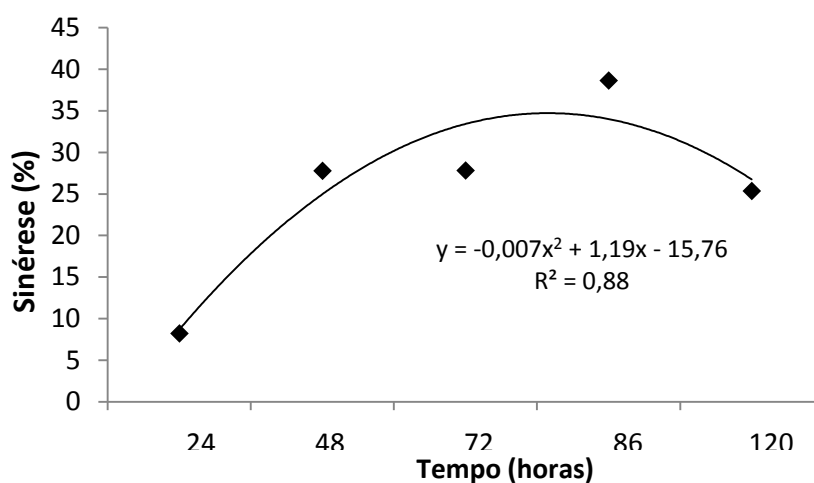


Figura 14: Efeito do tempo de armazenamento sobre a sinérese (%) do amido de mangarito

Colussi (2016), ao determinar a sinérese do amido de batata após 48 horas de armazenamento verificou sinérese de 46,1 %, valor bem superior ao encontrado para o amido de mangarito (26,75 % \pm 2,71 %) no mesmo tempo de armazenamento. Já Farias (2017), verificou perda de água de 21,84 % no amido de taioba no terceiro dia de armazenamento, valor próximo ao encontrado para o amido de mangarito (27,03 % \pm 0,09 %).

Torre-Gutiérrez et al. (2008), em estudo das propriedades funcionais do amido na banana (*Musa balbisiana*) comparado ao amido de milho, observaram que o amido da banana apresentou sinérese de até 25,00%, valor superior ao do amido de milho, o qual apresentou sinérese inferior a 5,00%. O estudo foi realizado num período de 5 dias.

As diferenças observadas nas características de sinérese podem estar relacionadas com as diferenças na qualidade dos cristais de amilopectina recristalizados (FRESCHI et al., 2014). A perda de água (ou sinérese) está associada a reorganização das moléculas após a resfriamento e armazenamento, e isso pode afetar as propriedades funcionais em termos de viscosidade e comportamentos do gel (CHARLES et al, 2016), além de não ser benéfica para a indústria de alimentos, pois pode afetar a qualidade e a vida útil dos alimentos.

4.12 Densidade Absoluta

A determinação da densidade do amido é de fundamental importância para a aplicação tecnológica do amido. Esta medida representa o conteúdo de material, por unidade de volume real ocupado pelo material (SCHOCH E LEACH, 1964). É um parâmetro importante também, pois está relacionado com o tempo de decantação e centrifugação nas operações unitárias realizadas no processo de extração do amido. Segundo Nunes, Santos e Cruz (2009) quanto maior a densidade do amido menor será o tempo de retenção nos decantadores ou nas centrífugas.

O valor encontrado para a densidade absoluta do amido de mangarito foi de $1,47 \pm 0,01 \text{ g.cm}^{-3}$, estando abaixo do valor observado dos amidos de cará de rama ($1,53 \text{ g.cm}^{-3}$), de mandioca ($1,52 \text{ g.cm}^{-3}$) e de batata-doce ($1,52 \text{ g.cm}^{-3}$) (KIBUUKA et al., 1983; AMANTE, 1986) e acima do valor encontrado para o amido de chuchu ($1,45 \text{ g.cm}^{-3}$) (CRUZ, 1985).

4.13 pH e acidez titulável do amido

O pH do amido de mangarito apresenta valores médios de $6,54 \pm 0,01$ e a acidez titulável resultou em $0,27 \text{ meq NaOH } 100 \text{ g}^{-1} \pm 0,06$.

A maior parte dos amidos nativos apresentam pH próximos da neutralidade (MARCON; AVANCINI; AMANTE, 2007). Durango et al., (2006) estudaram o amido de inhame (*Dioscorea alata*) encontraram pH de $6,34 \pm 0,06$, valor muito próximo do amido de mangarito.

Segundo a Instrução Normativa n° 23 de 14 de dezembro de 2005, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005), considera aceitáveis valores de pH entre 4,0 e 7,0, para amidos de mandioca.

Enquanto na literatura, a acidez titulável para amido de fontes rizomatosas como araruta varia na faixa de 0,027 a 1,24 meq NaOH 100 g⁻¹ (SOARES et al., 2014; COSTA, 2015). O pH e acidez são parâmetros que podem interferir de forma indireta na qualidade tecnológica do amido (FELTRAN et al., 2004; FERNANDES et al., 2010).

5 CONCLUSÃO

Embora a extração do amido de mangarito tenha apresentando baixo rendimento (7,89 %), o mangarito representa boa fonte de amido.

O amido de mangarito apresenta resultados compatíveis com os retratados na literatura, com valores altos de temperatura de empastamento, alta resistência à agitação mecânica e alta tendência à retrogradação, além de apresentar elevada viscosidade final, o que faz com que o amido estudado seja indicado para produtos que requerem elevada viscosidade, como recheios de tortas, pudins, alimentos infantis e produtos de panificação.

Além disso, o amido de mangarito pode ser usado na formulação de caldos, pois exibe pasta opaca e viscosa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. C. **Amido modificado de taro (*Colocasia esculenta* L. Schott): propriedades funcionais**. 2012. 144 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

ABERA, S.; RAKSHIT, K. S. Comparison of physicochemical and functional properties of cassava starches. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 55, n. 7, p. 287-296, July 2003.

AMANTE, E. R. **Caracterização de amidos de variedades de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) e de Batata-doce (*Ipomoea batatas*)**. 1986. 109 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1986.

ANDRADE, I. A.; BARBOSA, N.; PEREIRA, J. Extraction and properties of starches from the non-traditional vegetables Yam and Taro. **Polímeros**. vol.27, n.2, p.151-157, 2017.

ARAÚJO, A. A. S. et al. Determination of humidity and ash content of guarana commercial samples using conventional method and thermal analysis. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Science**, São Paulo, v. 42, n. 2, p. 269-277, Apr./May 2006.

ASAOKA, M.; BLANSHARD, J. M. V., RICKARD, J. E. Effects of cultivar and growth season on the gelatinization properties of cassava (*Manihot esculenta*) starch. **Journal of Science, Food and Agriculture**, v. 59, p. 533-538, 1982.

ASHOGBON, A. O.; AKINTAYO, E. T. Morphological, functional and pasting properties of starches separated from rice cultivars grown in Nigeria. **International Food Research Journal**, v. 19, p. 665-671, 2012.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International**. 19. ed. Gaithersburg, 2012.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 18th ed. Washington, 2010. 1094 p.

ATWEEL, W. A.; HOOD, L. F.; LINEBACK, D. R. The terminology and methodology associate with basic starch phenomena. **Cereal foods World**, v. 33, p. 306-311, 1998

ÁVILA, R.; ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R. Caracterização dos rizomas filhos e da fécula do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) e elaboração de filmes biodegradáveis. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 35-52, 2012

AZEVEDO FILHO, J. A. Mangarito: „A batatinha brasileira”: produção em sistema orgânico. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 56, 2012.

BAHNASSEY, Y. A.; BREENE, W. Rapid Visco-Analyzer (RVA) pasting profiles of wheat, corn, waxy corn, tapioca and amaranth starches in the presence of konjac flour, gellan, guar, xanthan and locust bean gums. **Starch**, Weinheim, v. 4, p. 134-141, 1994.

BELLO-PEREZ, L. A. et al. Isolation and characterization of starch from seeds of *Araucaria brasiliensis*: a novel starch for application in food industry. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 58, n. 6, p. 283-291, June 2006.

BERMUDEZ, J.J.H Valorizacion de las Amilaceas “ No -Cereals” Cultivadas en los Países Andinos: **Estudio de las Propiedades Fisicoquimicas y Funcionales de sus Alimodones y de la Resistencia a Diferentes Tratamientos Estresantes**. Trabajo de Grado, Facultad de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Bogotá, Colombia, 1997. 150p.

BILLIADERIS, C.G. The structure and interactions of starch with food. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v. 69, p. 60-78, 1991.

BILLIADERIS, C. G.; Maurice, T. J., Vose, J. R. Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. **Journal of Food Science**, v. 45, p. 1669-1674, 1980.

BLANSHARD, J. M. V. Starch granule structure and function: a physicochemical approach. In: GALLIARD, T. (Ed.). **Starch: properties and potential**. New York: J. Wiley, p. 16-54, 1987.

BLENNOW, A.; BAY-SMIDT, A. M.; OLSEN, C. E.; MOLLER, B. L. The distribution of covalently bound phosphate in the starch granule in relation to starch crystallinity. *International Journal of Biological Macromolecules*, v.27, p.211–218, 2000.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à Química dos Alimentos**. 2ed. São Paulo: Varela, p. 223, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Manual de Hortaliças não convencionais**. Brasília: MAPA/ACS, p. 92, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 set. 2005. Seção 1, p. 6

BULEON, A.; COLONA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Mini review starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal of biological Macromolecules*, Oxford, v. 23, p.85-112, 1998.

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

CAVALCANTI, T. F. M. **Aspectos morfológicos , agronômicos e nutricionais de acessos de mangarito**. 2011. 23 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)- Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

CEREDA, M. P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIANTE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O. V.; SARMENTO, O. S. B. **Propriedades gerais do amido** (Série: Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-americanas). São Paulo: *Fundação Cargill*, v.1, 221p, 2002.

CEREDA, M. P.; NUNES, O. L. G.; VILPOUX, O. **Tecnologia da produção de polvilho azedo**. Botucatu: CERAT, p. 27, 1995.

CHARLES, A.L.; CATO, K.; HUANG, T; CHANG, Y.; CIOU, J.; CHANG, J.; LIN, H. Functional properties of arrowroot starch in cassava and sweet potato composite starches. *Food Hydrocolloids*, v.53, p.187-191, 2016.

CHASSOT, A.; VENQUIARUTO, L. D.; DALLAGO, R. M. **De Olho nos Rótulos: Compreendendo a Unidade Caloria** – Química Nova na Escola. Número 21 maio 2005.

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

CIACCO, C.F.; CRUZ, R. Fabricação de amido e sua utilização. (Série Tecnologia Agroindustrial). São Paulo: Secretaria de Indústria e Comércio, **Ciência e Tecnologia**, n.7,152p. 1982

COLUSSI, R. **Modificação física em amido de batata: efeito nas propriedades físicas, térmicas, morfológicas, de cristalinidade e digestibilidade *in vitro***. 2016. 88 p. Tese (Doutorado em Ciências e tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

COPELAND, L.; BLAZEK, J.; SALMAN, H.; TANG, M. C. Form and functionality of starch. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 1527–1534, 2009.

COSTA, C. A.; RAMOS S. J.; ALVES, D. S.; FERNANDES L. A.; SAMPAIO, R. A.; MARTINS, E. R. Nutrição mineral do Mangarito num Latossolo Vermelho-Amarelo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 1, p. 102-106, 2008.

COSTA, C.A. da; FERNADES, K.de.O; SAMPAIO, R.A.; GUANABENS, R.G.M; SILVA, F.W.S; GUSMÃO, C.A.G. **Rendimento do mangarito em função da adubação orgânica e do espaçamento**. Montes Claros: Núcleo de Ciências Agrárias/UFMG. 2005. 4p

COULTATE, T. P. Food: The chemistry of its components. **Royal Society of Chemistry**, London, p. 43-45, 2002.

CRAIG, S. A. S. et al. Starch paste clarity. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 66, n. 3, p. 173-182, 1989.

CRAIG, S. S. S.; MANINGAT, C. C.; MEDEIROS, E. S.; CARVALHO, A. A. S.; MATTTOSO, L. H. C. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **Polymeros: Ciência e Tecnologia**, v. 15, n. 4, p. 268-273, 2005.

CRUZ, R. **Isolamento, caracterização e modificação de amido de chuchu (*Sechium edule*, Swartz)**. 1985. 266 p. Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola para obtenção do título de Doutor – UNICAMP, Campinas, SP, 1985.

CUNHA, A. L. **Caracterização do amido da araruta tipos seta e redonda, visando utilização na indústria de alimentos**. 2016. 113p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2016.

DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P. Processos de produção de fécula de mandioca: comparação Tailândia e China. In CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino-americanas**, São Paulo: Fundação Cargill, p. 178 (Série: Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-americanas, v. 3, 2004.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 945–954, 2009.

DONOVAN, J.W., Phase transitions of the starch-water system. **Biopolymers**, v. 18(2), p. 263-275, 1979.

DURANGO, A. M.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J. Extração e caracterização do amido de inhame e desenvolvimento de filmes comestíveis antimicrobianos, **Revista Temas Agrários Córdoba**, v. 14, n. 2, p. 1-18, 2009

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.

FARIA, F. A. C. **Caracterização estrutural e físico-química do amido de taioca (*Xanthosoma sagittifolium*) e potencial aplicação na produção de etanol**. 2017. 117 p. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos)-Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Campus São José do Rio Preto, São Paulo, 2017.

FENNEMA, O. R.; SRINIVASAN D.; KIRK, L. P. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p.

FERNANDES, A. M. et al. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 299-304, jul./set. 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERRINI, L. M. K. **Efeito da modificação ácido-metanólica nas características estruturais e físico químicas de amidos de milho e mandioca**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Estadual Paulista —Júlio de Mesquita Filho, 93f, 2006.

FILHO, J. A. DE A. Mangarito “a batatinha brasileira”: produção em sistema orgânico. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 2316–5146, 2012.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas: Propriedades Gerais do Amido**. v. 1 Campinas: Fundação Cargill, p. 224, 2001.

FRESCHI, J.; DORAN, L.; MALUMBA, P.; BLECKER, C. Impact of freezing and thawing processes on wheat and potato starch gel syneresis. **Starch/Starke**, v. 66, n.1-2, p. 208–215, 2014.

GONÇALVES, E.G. **Xanthosoma riparium (Araceae)**, a New Species from Goias, Brazil. *Novon* v. 10(1), p. 26-28, 2000.

HERÉDIA Z, N. A.; VIEIRA, M. C.; HELMICH, M.; MARIA, M. A. **Tamanho de rizomas-semente e fileiras de plantas no canteiro na produção do mangarito** cv. Comum. *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras, v. 30, n. 5, p. 907-913, 2006.

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

HOYOS-LEYVA, J.D; BELLO-PEREZ, L.A; ALVAREZ-RAMIREZ, J. Structural characterization of aroid starches by means of chromatographic techniques. *Food Hydrocolloids*, v.69, p.97-102, 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo, 1020 p. 2008.

IONASHIRO, M. **Fundamentos de termogravimetria e análise térmica diferencial / calorimetria exploratória diferencial**. São Paulo: Giz Editorial, 80 p. 2005.

JANE, J. Starch: Structure and properties. In: TOMASIK, P. (Ed.). **Chemical and functional properties of food saccharides**. Boca Raton: CRC Press, chap. 7, p. 81-101, 2004.

JÚNIOR, M. D. DA M. **Características estruturais , físico-químicas e funcionais dos amidos de mandioca e de milho com diferentes teores de amilose oxidados por ozônio**. 2015, 15 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2015.

KARIM, A. A.; NORZIAH, M. H.; SEOW, C. C. Methods for the study of starch retrogradation. *Food Chemistry*, v.71, p. 9-36, 2000.

KIBUUKA, G.K.; COELHO, D.T.; TELLES, F.F.F.; MAZZARI, M.F.; FERREIRA, F.A. **Isolamento, caracterização físico-química e perspectivas tecnológicas do amido de cará-de-rama (*Dioscorea bulbifera* L. Dpsofiton)**. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.17, p.255-265, 1983.

KINUPP V. F.; BARROS I. B. I. Riqueza de plantas alimentícias não convencionais na região metropolitana de Porto Alegre-RS. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 5, p. 63-65, 2007.

KRIEGER, K. M. et al. Thermal properties of corn starch extracted with different blending methods: micro blender and homogenizer. *Cereal Chemistry*, v. 74, n. 5, p. 553-555, 1997

KROGARS, K. **Aqueous-based amylose-rich maize starch solution and dispersion: a study on free films and coatings**. 2003. 46 f. Dissertation (Master in Science) - Faculty of Science, University of Helsinki, Helsinki, 2003.

LACERDA, L. D. **Avaliação das propriedades físico-químicas de proteína isolada de soja, amido e glúten e suas misturas**. 2008. 37p. Dissertação (Ciencias) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2008

LEACH, H.W.; McCOWEN, L.D.; SCHOCH, T.J. Structure of starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, v. 36, n. 6, p. 534-544, 1959.

LEONEL, M.; GARCIA, A. C. D. B.; REIS, M. M. Caracterização físico-química e microscópica de amidos de batata-doce, biri, mandioca e taioba e propriedades de expansão após modificação fotoquímica. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 7, n. 2, p. 129-137, 2004.

LEONEL, M.; OLIVEIRA, M.A.; FILHO, J.D. Espécies tuberosas tropicais como matérias-primas amiláceas. **Revista Raízes Amidos Tropicais (RAT)**, Botucatu, v. 1, p. 49-68, 2005

LI, J.; YEH, A. Relationships between thermal, rheological characteristics and swelling power for various starches. **Journal of Food Engineering**, v. 50, p. 141-148, 2001.

LINDEBOOM, N. et al. Analytical, Biochemical and Physicochemical Aspects of Starch Granule Size, with Emphasis on Small Granule Starches: A Review. **Starch/Stärke**, v. 56, n. 34, p. 89-99, 2004

LOBO, A. R.; SILVA, G. M. L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 2, 2003.

Lucas-Aguirre, J., Quintero-Castaño, V. D. Cárdenas- Valencia, C. A. Caracterización de harina y almidón obtenidos a partir de plátano guineo AAAea (Musa sapientum L.). **Acta Agron**, v. 62(2), p. 83 – 96, 2013.

LUSTOSA, B. H. B. et al. Produção de farinha instantânea de mandioca: efeito das condições de extrusão sobre as propriedades térmicas e de pasta. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.31, n.2, p.231-238, 2009.

MADEIRA, N. R.; DIAS, T.; SILVA, D. M. da; CASTRO, L. C. de. Desafios na conservação e promoção do uso do mangarito (Xanthosoma riedelianum Scott). In: **Congresso Latinoamericano de Agroecologia**, 5., 2015, La Plata, Argentina.

MADSEN, M. H.; CHRISTENSEN, D. H. Changes in viscosity properties of potato starch during growth. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 48, n. 7/8, p. 245-249, 1996.

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.

MATSUGUMA, L. S. **Caracterização do amido de mandioquinha salsa (Arracacia Xanthorrhiza) nativo e modificado por oxidação**. 2006.112 p.

Dissertação (Mestrado de Ciências e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2006.

MENDES, M. L. M. **Caracterização para fins industriais dos amidos nativo e modificados extraídos de amêndoas de sementes de manga, variedade “Tommy Atkins”**. 2011. 131 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A. Efeito do tamanho do rizoma-semente, da época e do local de plantio na produção de rizomas de mangará. **Bragantia**, Campinas, v.56, n.1, p. 155-161, 1997.

MUCCILLO, R. C. S. T. **Caracterização e avaliação de amido nativo e modificado de pinhão mediante provas funcionais e térmicas**. 2009. 156 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2009.

MUNHOZ, M. P.; WEBER, F. H.; CHANG, Y. K. Influência de hidrocolóides na textura de gel de amido de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.3, p.403-406, 2004.

NELLES, E.M.; DEWAR, J.; BASON, M.L.; TAYLOR, J.R.N. Maize Starch Biphasic Pasting Curves. **J. Cereal Sci.** v. 31, p. 287-294, 2000.

NEWPORT SCIENTIFIC. **Applications manual for the Rapid Visco Analyser**. Warriewood, Austrália, 1998. 123 p

NODA, T., TAKAHATA, Y., SATO, T., IKOMA, H., MOCHIDA, H. Physicochemical properties of starches from purple and orange fleshed sweet potato roots at two levels of fertilizer. **Stärke**, v. 48, p. 395- 399, 1996.

NOGUEIRA, T. Y. K.; PEREIRA, A. D.; FAKHOURI, F. M. Extração e caracterização do amido de araruta. In. Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, 8, Dourados, Anais, ENEPEX, v. 388, p. 1-15, 2013

NUNES, L.B.; SANTOS, W. de J.; CRUZ, R. S.. Rendimento de Extração e Caracterização Química e Funcional de Féculas de Mandioca da Região do Semiárido Baiano. **Alimentos e Nutrição - Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v.20, n.1, p. 129-134, jan./ mar. 2009.

OATES, C.G. Towards and understanding of starch granule structure and hydrolysis. **Trends in Food Science & Technology**, v. 8, p. 375-382, 1997.

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

PEPE, L. S. **Impacto do tratamento térmico com baixa umidade sobre as características físico-químicas e reológicas de amidos de mandioca, araruta e**

mandioquinha-salsa. 2011. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2011

PEREEA, C.; HOOVER, R. Influence of hydroxypropylation on retrogradation properties of native, defatted and heat-moisture treated potato starches. **Food Chemistry**, v. 64, p. 361-375, 1999.

PONTES, A.E.R. **Desenvolvimento de pão de forma sem adição de açúcar, gordura e emulsificantes, com o uso de enzimas e amido de mandioca modificado**. 2006. 73p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

ROCHA, T. S. **Estudo das características estruturais de amidos: efeito do “annealing”, da hidrólise ácida e da hidrólise enzimática**. 2010. 181p. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciências de Alimentos) Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto, São Paulo, 2010.

RAGHEB, A.A., EL-THALOUTH, A., TAWFIK, S., Gelatinisation of starch in aqueous alkaline solutions. **Starch**, v. 46(9), p. 338-345, 1995.

RANI, M.R.S., BHALTACHARYA, K.R. Microscopy of rice starch granules during cooking. **Starch/Stärke**, v. 46, n. 9, p. 334-337, 1995.

RICHARD F.T., KARKALAS J., QI X.; Starch-composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**. v. 39 p.151–165, 2004.

SAJILATA, M. G.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Resistant starch: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 5, n. 1, p. 1-16, Jan. 2006.

SANTIN, C. R. **Crescimento e produção do mangarito sob as malhas termorreletora , difusora e sombrite**. 2015. 1 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

SANTOS. A. H. **O Vale do Rio Taia-HY- Levantamento de Aráceas e Discoráceas comestíveis no Litoral Norte Catarinense**. 2005. 135 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SANTOS L. S., BONOMO R. C. F., FONTAM R. C. I., BONOMO P., LEITE C. X. S., 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**, Campina Grande, v.15, n.3, p.255-261, 2013,

SCHOCH, T.J., LEACH, H.W. Determination of absolute density-liquid displacement. In: WHISTLER, R.L. ed. **Methods in carbohydrate chemistry**. New York: Academic Press, v.4. p.101-103, 1964.

SHIRAI, M. A. et al. Características físico-químicas e utilização em alimentos de amidos modificados por tratamento oxidativo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 239-247, jun. 2007.

SILVA, J. R.; ASSUMPCÃO, R.; VEGRO, C. L. R. A inserção do amido de mandioca no mercado de amido. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 30, n. 7, p. 31-41, jul. 2000.

SILVA, L. F., LIMA E, SOUZA, D. C.; RESENDE, L. V.; NASSUR, R. C. M. R.; SAMARTINE, C. Q.; GONCALVES, W. M. . Nutritional Evaluation of Non-**Conventional Vegetables in Brazil**. **Anais da Academia Brasileira de Ciências (online)**, p. 1-13, 2018.

SILVA T. F.; GOMES H. E.; GASSI R. P.; KISSMANN C.; HERÉDIA ZÁRATE, N. A. Caracterização da composição química do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) 'Comum' cultivado em Dourados - MS. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, n.48, 2008, Maringá. **Horticultura Brasileira...** Brasília: Associação Brasileira de Horticultura, 2008. p. 1-5.

SILVA, M. C., THIRÉ, R. M.S.M., PITA, V. J.R.R., CARVALHO, C. W.P., & ANDRADE, C. T. Processamento de amido de milho em câmara de mistura. **Food Science and Technology**, v.24(2), p. 303-310, 2004.

SINGH, N.; SANDHU, K. S.; KAUR, M. Characterization of starches separated from Indian chickpea (*Cicerarietinum* L.) cultivars. **Journal of Food Engineering**, v. 63, n. 4, p. 441-449, 2004.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L. SINGH, N. S.; SINGH, B. G. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, n. 2, p. 219-231, 2003.

SODHI, N. S.; SINGH, N. Morphological, thermal and rheological properties of starches separated from Rice cultivars grown in India. **Food Chemistry**, v. 80, p. 99-108, 2003.

SOUZA, D. C. DE; COSTA, P. A.; SILVA, L. F. L. E.; GUERRA, T. S.; RESENDE, L. V.; PEREIRA, J. Productivity of Rhizomes and Starch Quantification in Cultures of Different Vegetative Propagules of Arrowroot. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 419-425, 2019.

TAKIZAWA, F. F. et al. Characterization of tropical starches modified with potassium permanganate and lactic acid. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 921-931, Nov. 2004.

TESTER, R. F. Starch: the polysaccharide fractions. In: FRAZIER, P. J.; RICHMOND, P.; DONALD, A. M. (Ed.). **Starch: structure and functionality**. London: Royal Society of Chemistry, p. 163-171. 1997

TESTER, R. F.; MORRISON, W. R. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. effects of amylopectin, amylose, and lipids. **Cereal Chemistry**, v. 67, n. 6, p. 551–557, 1990.

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

THOMAS, D.J.; ATWELL, W.A. Practical guides for the food industry. **Starches Minnesota: Egan Press**, p. 94, 1999.

TORRE-GUTIÉRREZ DE LA, L.; CHEL-GUERRERO, L. A.; BENTACUR-ANCONA, B. Functional properties of aquare banana (*Musa balbisiana*) starch. **Food Chemistry**, v. 106, p. 1138-1144, 2008.

VASCONCELOS, E. F. C. **Estudo sobre espaçamentos e tipos de rizomas na propagação e produção do mangará (*Xanthosoma mafaffa* Schott)**. 1972. 138 p. Tese (Doutorado) – Departamento de Agricultura e Horticultura, Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba, 1972.

VIANA, M. M. S. et al. Phytochemical composition and antioxidant potential of unconventional vegetables. **Journal of Brazilian Agriculture**, v. 33, n. 4, p. 504–509, 2015

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: J. Wiley, 814 p, 1986.

WHISTLER, R. L.; BeMILLER, J. N. Starch. In: WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N. **Carbohydrate Chemistry for Food Scientists**. AACC. St Paul: Egan Press. p. 117-151, 1997.

WHISTLER, R. L.; DANIEL, J. R. Carboidratos, In: FENNEMA O. R. **Química de los alimentos**. Zaragoza, Acribia, p. 81-156, 1993.

WU, H. C. H.; SARKO, A. The double-helical molecular structure of crystalline A-amylose. **Carbohydrate Research**, v. 61, p. 27-40. 1978.

YONEMOTO, P. G. **Efeito do tamanho dos grânulos nas características estruturais e físico-químicas do amido de trigo**. 2006. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2006.

YU, L.; CHRISTIE, G. Measurement of starch thermal transitions using differential scanning calorimetry. **Carbohydrate Polymers**, v. 46, n. 2, p. 179-184. 2001.

YUAN, Y. et al. Physicochemical properties of starch obtained from *Dioscorea nipponical* Makino comparison with other tuber starches. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 82, n. 4, p. 436-442, Oct. 2007.

XAVIER, J. B., DE SOUZA, D.C., SOUZA, L. C., GUERRA, T. S., RESENDE, L. V., PEREIRA, J. Nutritive potential of amaranth weed grains. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, p. 1140-1147, 2018.