

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E DAS PROPRIEDADES
FUNCIONAIS DO AMIDO DE SEMENTE DE JACA (*Artocarpus heterophyllus* Lam)
VARIEDADES “MOLE” E “DURA”.**

FABÍOLA SAMARA MEDEIROS DE ALBUQUERQUE

JOÃO PESSOA
2011

FABÍOLA SAMARA MEDEIROS DE ALBUQUERQUE

**ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E DAS PROPRIEDADES
FUNCIONAIS DO AMIDO DE SEMENTE DE JACA (*Artocarpus heterophyllus* Lam)
VARIEDADES “MOLE” E “DURA”.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, João Pessoa, em cumprimento às exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Vicente Queiroga Neto

JOÃO PESSOA
2011

A345e *Albuquerque, Fabíola Samara Medeiros de.*
Estudo das características estruturais e das propriedades funcionais do amido de sementes de jaca (ArtocarpusheterophyllusLam) variedades "mole" e "dura". / Fabíola Samara Medeiros de Albuquerque.-- João Pessoa, 2009.
75f. : il.
Orientador: Vicente Queiroga Neto
Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT
1. Tecnologia de Alimentos. 2. Semente de jaca. 3. Amido.
4. Propriedades funcionais.

UFPB/BC

CDU: 664(043)

FABÍOLA SAMARA MEDEIROS DE ALBUQUERQUE

**ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E DAS PROPRIEDADES
FUNCIONAIS DO AMIDO DE SEMENTE DE JACA (*Artocarpus heterophyllus* Lam)
VARIEDADES “MOLE” E “DURA”.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, João Pessoa, em cumprimento às exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em ____/____/____

Prof. Dr. Vicente Queiroga Neto/UFPB
Orientador

Prof. Dr. Heinz Johann Holschuh/UFPB
Examinador interno

Prof^ª. Dra. Marta Maria da Conceição/UFCG
Examinador externo

À Deus, criador de tudo, orientador de minha vida, aos meus pais Edson Feitosa e Lucília, a minhas irmãs Érika e Eloíza, por todo amor, apoio e por sempre acreditarem em mim.

Ao meu amado marido Sidney e ao meu querido filho Lauro Neto, por todo amor, paciência e incentivo em todos os momentos difíceis.

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, por iluminar sempre o meu caminho com oportunidades, me dando forças para superar os obstáculos e concedendo a graça de alcançar os meus objetivos;

Aos meus amados pais Edson Feitosa e Lucilia, por todo amor, dedicação, pelos princípios e valores que me ensinaram, por não medirem esforços, nunca, para me fazer feliz a cada dia, por serem exemplo de vida para mim;

Ao meu amado marido Sidney, pelo amor, paciência, compreensão, apoio e espírito desafiador que sempre soube me fazer ir além do que eu acreditava poder ir;

Ao meu filho Lauro Neto, razão do meu esforço diário;

À minha família: Érika, Eloiza, Junior e Arthur pelo amor, compreensão, força e incentivo;

À minha sogra e família por todo carinho, força, incentivo e disponibilidade em sempre ajudar;

À Izis Rafaela, uma grande amiga que conquistei ao longo da minha caminhada, juntas passamos momentos difíceis e alegres. Obrigada amiga por toda ajuda, dedicação, companheirismo, conhecimentos, sugestões, foste um verdadeiro anjo enviado por Deus. Agradeço a Deus pela sua vida e lembre-se que estará sempre presente em minhas orações. **Obrigada por tudo!**

Ao meu orientador, Prof^o. Dr Vicente Queiroga Neto por toda orientação, paciência, atenção e apoio. Muito Obrigada;

Às amigas Ana Raquel e Claudinha, pela força, apoio, pelas lindas palavras de conforto que me derão nas horas de aflições e desesperos;

A imensa amiga que conquistei desde a graduação, Tatyana, por todo carinho, incentivo, conselhos, orações. Obrigada Taty por tudo, estará sempre presente no meu coração e nas minhas orações;

À Ana Paula Loura, pela boa vontade e disponibilidade de sempre ajudar com seus conhecimentos, orientações dando suporte no desenvolvimento deste trabalho;

À CAPES pelo apoio financeiro durante o curso;

Ao corpo docente da Pós-Graduação representada pela Profª Phd Marta Suely Madruga e ao secretário Humberto Bandeira, pelos ensinamentos, conselhos e dedicação;

Aos professores Heinz Johann Holschush e Marta Maria da Conceição, pela participação na banca examinadora, pelas sugestões, correções e comentários que ajudaram na elaboração deste trabalho;

Ao professor Ânoar Abbas El-Aour por todo apoio, sugestões, disponibilidade em me auxiliar na elaboração deste trabalho;

Ao professor Dr. Antônio Gouveia que disponibilizou o Laboratório de Combustíveis-LACOM/CCEN/UFPB, em especial a técnica Maria Lúcia B. Carvalho, para as realizações das Análises Térmicas;

Ao professor Jackson que disponibilizou o Laboratório de Mecânica-CT/UFPB, para as realizações das Análises de Difração de Raios-X e Microscopia Eletrônica de Varredura;

Ao técnico de Laboratório Gilvandro, pela atenção e por ter compartilhado os seus conhecimentos. Muito Obrigada;

Aos técnicos dos Laboratórios de Alimentos: Claudionor, Eunice, Larissa, Rosana.

Aos meus colegas de mestrado e doutorado: Alane, Nely, Juliana, Valéria, Renan, Davi, Marcio, Luana, Paula Carolina, Yuri, Paulo Dalmas, Ângela, Maria Aucilene, Ronaldo, Fátima, Kátia, Rita, Sandrinha, Mariane, Wilma, Adriana, João Paulo, Olivaldo, Michelle,.....;

À todos que de forma direta ou indireta participaram de mais uma vitória da minha vida.

MUITO OBRIGADA!!!

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 Geral	17
2.2 Específicos.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	18
3.1 Jaca	18
3.2 Amido.....	20
3.2.1 Grânulo de amido	20
3.2.2 Estrutura e Composição do grânulo de amido	21
3.2.3 Características Microscópicas.....	24
3.2.3.1 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	26
3.2.3.2 Microscopia Óptica.....	26
3.2.4 Padrões de Cristalinidade	26
3.2.4.1 Avaliação da Cristalinidade do granulo do amido: Difractometria de raios-X	28
3.2.5 Propriedades Funcionais do amido	29
3.2.5.1 Poder de Intumescimento e Solubilidade dos grânulos	29
3.2.5.2 Capacidade de Absorção de água	30
3.2.5.3 Transparência da pasta.....	31
3.2.5.4 Viscosidade.....	31
3.2.5.5.Gelatinização	33
3.3 Aplicações de amidos na indústria de alimentos	36
3.3.1 Aplicações do amido nativo	36
4. MATERIAIS E MÉTODOS	38
4.1 Matéria-prima	38
4.2 Métodos	38
4.2.1 Análise físicas das sementes de jaca variedade mole e dura	38
4.2.2 Composição Centesimal das sementes de jaca variedade mole e dura.....	38
4.2.3 Extração do amido	39
4.2.4 Composição Centesimal do amido	41
4.2.5 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	41
4.2.6 Microscopia Óptica (MO).....	41

4.2.7	Difração de Raio-X.....	42
4.2.8	Propriedades funcionais do amido nativo.....	42
4.2.8.1	Poder de Intumescimento e Solubilidade	42
4.2.8.2	Capacidade de absorção de água e óleo.....	42
4.2.8.3	Transparência da pasta.....	43
4.2.8.4	Viscosidade.....	43
4.2.9	Propriedades Térmicas	44
4.2.9.1	Gelatinização	44
4.2.10	Análise Estatística	44
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1	Análise física da semente de jaca variedade mole e dura.....	45
5.2	Análise Centesimal da semente de jaca variedade mole e dura	45
5.3	Composição Centesimal do amido nativo de semente de jaca variedade mole e dura.....	46
5.4	Caracterização do amido de semente de jaca variedade mole e dura.....	48
5.4.1	Forma e tamanho dos grânulos	48
5.4.2	Difração de Raios-X.....	50
5.5	Propriedades Funcionais	52
5.5.1	Poder de intumescimento e solubilidade.....	52
5.5.2	Capacidade de absorção de água e óleo	54
5.5.3	Transparência da pasta	55
5.5.4	Viscosidade	57
5.6	Propriedades Térmicas	61
5.6.1	Gelatinização por Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)	61
6.	CONCLUSÕES.....	64
7.	REFERÊNCIAS.....	65
	APÊNDICES.....	74

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1-Estrutura Química da Amilose	22
Figura 2- Ligações α (1-4) e α (1-6) na amilopectina.....	24
Figura 3-Representação Esquemática da organização molecular da amilopectina (modelo cluster).....	27
Figura 4-Fluxograma da extração do amido de semente de jaca em laboratórios	40
Figura 5-Micrografias obtidas através de MEV na resolução de 1000x do amido de semente de jaca mole.....	48
Figura 6-Micrografias obtidas através de MEV na resolução de 1000x do amido de semente de jaca dura	48
Figura 7-Difratograma de Raios-X de amido de semente de jaca variedade mole e dura.....	51
Figura 8-Poder de Intumescimento (g/g) dos amidos de semente de jaca mole e dura.....	52
Figura 9-Solubilidade (%) dos amidos de semente de jaca mole e dura	53
Figura 10-Viscoamilograma do amido de semente de jaca mole.....	58
Figura 11-Viscoamilograma do amido de semente de jaca dura.....	58
Figura 12-Curvas de DSC dos amidos de semente de jaca variedades mole e dura.....	61

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1-Valores médios das medidas físicas das sementes de jaca variedade mole (JM) e dura (JD)	45
Tabela 2-Composição Centesimal da semente de jaca variedade mole(JM) e dura(JD)....	45
Tabela 3-Composição Centesimal do amido nativo de semente de jaca das variedades mole (JM) e dura (JD)	46
Tabela 4-Forma e tamanho de grânulos de amido de semente de jaca.....	49
Tabela 5-Capacidade de absorção de água (CAA) e de óleo (CAO) dos amidos de semente de jaca mole e de jaca dura	55
Tabela 6-Transmitância do gel dos amidos de semente de jaca variedade mole e dura e o efeito do tempo de estocagem sob refrigeração.....	56
Tabela 7-Propriedade de pasta do amido de semente de jaca variedade mole e dura	57
Tabela 8-Temperaturas associadas a gelatinização dos amidos de semente de jaca variedade mole e dura.....	62

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação Botânica da Jaqueira.....	18
Quadro 2 – Composição da Polpa de jaca/ 100gramas	19
Quadro 3 – Composição da semente de jaca/100 gramas	20
Quadro 4 – Teores de amilose de amido de algumas fontes	23
Quadro 5 – Variação do tamanho e forma dos grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas	25
Quadro 6 – Tipos de Cristalinidade de amidos obtidos de espectros de raios-X	28
Quadro 7 – Dados obtidos por análise de DSC para diferentes espécies de amidos nativos.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS SÍMBOLOS E SIGLAS

ΔH	Variação de entalpia
AFM	Microscopia de Força atômica
ANOVA.....	Análise de Variância
CAA.....	Capacidade de Absorção de Água
CAO.....	Capacidade de Absorção de Óleo
DRX.....	Difração de Raio-X
DSC	Calorimetria exploratória diferencial
IS.....	Índice de Solubilidade
JD.....	Jaca Dura
JM.....	Jaca Mole
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MO.....	Microscopia Óptica
PI.....	Poder de Intumescimento
SAIRABa.....	Secretária Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária do Estado da Bahia
TEM.....	Microscopia Eletrônica de Transmissão
T_f	Temperatura Final
T_o	Temperatura inicial
T_p	Temperatura de pico
RVA.....	Rapid Visco Analyser

Resumo

O amido é um polissacarídeo utilizado como fonte de carboidratos na dieta humana, com grande aplicação na indústria de alimentos, têxtil e farmacêutica. A procura por novas fontes amiláceas vem crescendo, fazendo com que o setor produtivo esteja em busca de novas tecnologias, bem como de amidos naturais com características físico-químicas diferenciadas. O objetivo deste trabalho foi extrair e caracterizar o amido de semente de jaca, das variedades mole e dura, quanto a sua composição química, estrutural e morfológica, propriedades térmicas e tecnológicas. Na análise centesimal o amido extraído da semente de jaca teve um teor de 92,81% para variedade mole e 94,49% para variedade dura, verificando assim uma alta pureza no processo de extração. A observação em microscopia eletrônica de varredura e microscopia óptica mostrou grânulos de amidos com formato arredondados, na forma de sino e alguns irregulares apresentando cortes na sua superfície, diâmetros variando de 6-11 μm para jaca mole e 6-13 μm para dura. O padrão de cristalinidade mostrado por difratometria de raios-X para as duas variedades foi do tipo A. O poder de intumescimento e solubilidade dos amidos estudados aumentou com o aumento da temperatura, sendo significativo acima da temperatura de 75°C (gelatinização). Para capacidade de absorção de água e de óleo, o amido do presente estudo mostrou uma alta absorção, sendo que a jaca mole obteve os maiores valores, 123,18 $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ e 99,58 $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$. O gel do amido mostrou valores de transmitância baixos, com pastas de amido opacas. A viscosidade máxima do amido de semente de jaca variedade dura foi maior à encontrada para o amido da variedade mole, sendo o amido da variedade dura menos resistente à agitação mecânica a quente (maior quebra). Na Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) verificou uma temperatura inicial de gelatinização de 36°C e uma temperatura final de 65°C para jaca mole e para jaca dura foi de 40°C e 70°C respectivamente.

Palavras-chaves: semente de jaca, amido, propriedades funcionais.

ABSTRACT

Starch is a polysaccharide used as a source of carbohydrates in the human diet, with wide application in food industry, textile and pharmaceutical industries. The search for new sources starch is growing, causing the production sector is seeking new technologies, as well as natural starches with different chemical and physical characteristics. The objective of this study was to extract and characterize starch from jackfruit seeds, varieties of soft and hard, as their chemical, structural and morphological, thermo-economic and technological. In proximate analysis of starch extracted from jackfruit seeds had a content of 92.81% to 94.49% range for soft and hard variety, thus verifying a high purity in the extraction process. The observation in scanning electron microscopy and optical microscopy showed starch granules with rounded shape, the bell-shaped and some go-presenting regular cuts in its surface, diameters ranging from 6 to 11 μm -jackfruit soft and lasts for 6-13 μm . The pattern of crystallinity shown by X-ray diffraction for the two varieties was type A. The swelling power and solubility of starches studied increased with increasing temperature, being significantly above the temperature of 75 ° C (gelatinisation). Absorption capacity for water and oil, starch of the present study showed a high absorption, and the soft jackfruit obtained the highest values, 123.18 g • 100g⁻¹ and 99.58 g • 100g⁻¹. The starch gel showed low transmittance values, with folders for the kid-opaque. The maximum viscosity of starch from jackfruit seed of the variety found hard was higher for the variety of soft starch, and starch of the variety you lasts less resistant to mechanical agitation at high temperature (higher breakdown). In Differential Scanning Calorimetry (DSC) showed an initial gelatinization temperature of 36 ° C and a final temperature of 65 ° C for soft jackfruit and jackfruit was last of 40 ° C and 70 ° C respectively.

Keywords: jackfruit seed, starch, functional properties.

1. INTRODUÇÃO

O amido é um polissacarídeo utilizado como reserva energética de plantas bem como, fonte de carboidratos na dieta humana. Entre as matérias-primas para sua extração destacam-se as raízes e tubérculos, como mandioca e a batata e os cereais como o milho, o trigo e o arroz (LEONEL; OLIVEIRA; FILHO, 2005).

Para a alimentação humana, é uma das matérias-primas mais baratas e abundantes, podendo ser utilizada na indústria de alimentos com diferentes propósitos, tais como: nutricional, tecnológico, funcional, sensorial e estético (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

O amido se encontra na forma de grânulos, sendo constituído de dois componentes poliméricos a amilose e amilopectina, que se distribuem em proporções que variam de acordo com a fonte botânica, e mesmo o amido sendo provenientes da mesma espécie essas proporções também variam com o grau de maturação do fruto.

Este polissacarídeo, de modo geral, é utilizado em todos os países e seu consumo aumenta com o grau de desenvolvimento. A situação do setor de amido modificado no mundo pode ser resumida em dois pontos principais: dificilmente novos reagentes químicos ou derivados serão aprovados para uso alimentar, e nos amidos existentes, os níveis permitidos de tratamentos químicos permanecerão estáveis (BEMILLER, 1997). As necessidades das indústrias que utilizam amido estão cada vez mais complexas, fazendo com que o setor produtivo esteja em busca de novas tecnologias, bem como de amidos naturais com características físico-químicas diferenciados (KIM *et al.*, 1995). Devido a essas restrições impostas pelas indústrias quanto ao uso de amidos modificados, nos últimos anos tem se verificado o esforço de pesquisadores em encontrar novas fontes de amidos nativos não convencionais, com propriedades necessárias que atendam as exigências das indústrias tais como ausência de sinerese, transparência, estabilidade e solubilidade ao frio.

Para a produção destes amidos, o ideal é explorar fontes de baixo custo, fácil aquisição e que permitam alta produção industrial. Uma das matérias-primas com esta característica e com grande potencial é a semente de jaca, por apresentar uma grande quantidade de amido.

O fruto da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) é muito popular nas regiões tropicais do mundo e, um volume expressivo de subprodutos, como cascas e sementes, estão disponíveis como resíduos da agroindústria do doce (SILVA *et al.*, 2007). De acordo com os mesmos autores, a jaqueira mesmo sendo uma cultura muito popular e de múltiplos objetivos de uso, o mercado ainda não despertou para a rentabilidade que a mesma pode gerar. Considerando a

grande diversidade de produtos obtidos, esta espécie vegetal apresenta bom potencial para a comercialização e geração de renda no campo.

Sendo uma cultura pouco explorada, mas com grande potencial para utilização na produção dos mais variados tipos de alimentos, a jaqueira se torna uma importante aliada contra desnutrição, necessitando apenas intensificar mais a sua utilização como alimento, e buscar alternativas de adição de seus componentes na dieta humana.

Visando a utilização e a agregação de valor no resíduo oriundo do processamento de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam), este trabalho propõe caracterizar uma nova fonte de amido a partir da semente deste fruto em suas variedades mole e dura, através de um estudo de caracterização desse amido como também das propriedades funcionais incentivando dessa forma o aproveitamento integral dos alimentos para uma melhor aplicabilidade no setor alimentício.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Caracterizar o amido extraído de sementes de jaca (*Artocarpus heterophilus* Lam) das variedades “mole” e “dura” e verificar suas propriedades funcionais para possível utilização como ingrediente funcional em produtos alimentícios.

2.2 ESPECÍFICO

- Caracterizar quanto às dimensões físicas as sementes de jaca variedade mole e dura;
- Determinar a composição centesimal da semente de jaca variedade mole e dura;
- Extrair o amido de semente de jaca variedade “mole” e “dura” obtida do mercado livre de João Pessoa do estado da Paraíba;
- Determinar a composição centesimal do extrato amiláceo;
- Conhecer a morfologia (forma) dos grânulos de amido utilizando a ferramenta microscopia eletrônica de varredura (MEV);
- Determinar o diâmetro dos grânulos do amido utilizando a microscopia óptica (MO);
- Caracterizar o amido quanto aos tipos (A, B, ou C) utilizando a técnica difração de raios-X (DRX);
- Verificar as propriedades dos amidos das variedades em estudo, quanto:
 1. Poder de Intumescimento e Solubilidade
 2. Capacidade de absorção de água e óleo
 3. Transparência da pasta do amido
 4. Viscosidade;
- Analisar os processos de gelatinização por Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 JACA

A Jaqueira (*Artocarpus heterophilus* L.) da família Moraceae, Dicotyledoneae, originária da Ásia, foi trazida para o Brasil pelos portugueses, sendo bem adaptada devido ao clima tropical. É uma árvore de regiões quentes e úmidas, de clima tropical úmido que também se desenvolve em regiões de clima subtropical e semiárido, cujo fruto é conhecido como jaca. Atualmente, é cultivada em toda a região Amazônica e toda a costa tropical brasileira, do Estado do Pará ao Rio de Janeiro (SOUZA *et al.*, 2009). A classificação botânica da jaqueira é apresentada no quadro 1.

Quadro 1 - Classificação botânica da jaqueira

Táxon ou Categoria	Denominação
Divisão	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordem	Urticales
Família	Moraceae
Gênero	Artocarpus
Nome Científico	<i>Artocarpus heterophylus</i>
Nome vulgar	Jaca

Fonte: REDE BRASILEIRA AGROFLORESTAL

No Nordeste Brasileiro, particularmente no estado da Paraíba, não há dados oficiais do seu consumo, em razão deste fruto ser comercializado de forma informal; é notório, porém, que se trata de uma cultura de razoável escala, como pode ser observado, através da comercialização em feiras livres ou mesmo à beira de estradas, no estado (SILVEIRA, 2000).

A jaca apresenta característica de sazonalidade bem específica, marcada pela concentração da oferta no período de dezembro a abril. A coloração amarelada, o sabor doce e o cheiro forte característico, reconhecível a longa distância, são os principais atributos a seu favor. Os bagos podem ser de consistência um pouco endurecida ou totalmente mole, daí a distinção de duas variedades muito conhecidas e denominadas popularmente de ‘jaca-mole’ e ‘jaca-dura’ (MITRA; MAITY, 2002). A jaqueira de variedade “Dura” produz os maiores frutos e ao ser

mastigado, os dentes cortam facilmente a polpa. Com os bagos desta jaca fazem-se excelentes compotas. A jaca “Mole”, de bagos moles, é mais doce do que a anterior, mais saborosa. Os dentes não conseguem cortar facilmente os bagos (FRANCO 1997).

A jaca é muito rica em carboidrato, vitaminas e sais minerais, como cálcio, especialmente, em ferro, que a torna muito útil no tratamento de anemia (GIRALDO-ZUÑIGA *et al.*, 2004).

Quadro 2 - Composição da polpa de jaca/ 100 gramas.

Composição	SAIRAEBa (2004)* Variedade mole	SILVEIRA (2000) Variedade mole
Umidade (%)	84,0	79,76
Carboidratos(g)	18,9	14,00
Proteínas(g)	1,90	4,09
Lipídios(g)	0,10	0,26
Fibras(g)	1,10	1,06
Cálcio (mg)	20,0	37,75
Fósforo (mg)	30,0	16,64
Ferro (mg)	0,50	4,36
Vitamina A (UI)	540	–
Tiamina (UI)	30,0	–

*Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária do Estado da Bahia - SAIRAEBa (2004).

O fruto é comercializado e consumido quase que exclusivamente na forma in natura o que leva a um índice elevado de perda na pós-colheita. Esse fato evidencia a necessidade de processos simples e baratos que possam oferecer para os produtores aproveitarem melhor o fruto da jaqueira. (MELO *et al.*, 2006).

Dos subprodutos da jaqueira, as sementes da jaca (15 a 25% do fruto), são muito utilizadas na alimentação humana, podendo ser cozidas ou torradas em forno ou assadas à brasa e além de serem nutritivas, são saborosas (SILVA *et al.*, 2007).

Quadro 3 - Composição da semente de jaca/ 100 gramas.

Composição	FRANCO (1997)
Calorias (cal)	136
Glicídios(g)	30,0
Proteínas(g)	3,50
Lipídios (g)	0,30
Cálcio (mg)	50,0
Fósforo (mg)	80,0
Ferro (mg)	8,00

Segundo MUKPRASIT e SAJJANATAKUL (2007), a jaca é um dos frutos tropicais mais populares na Ásia, quando maduro possui um aroma único. Eles afirmam que a semente de jaca é largamente consumida pura ou como ingredientes nas preparações culinárias asiáticas. Estes autores estudaram as propriedades físico-químicas de amidos de caroço de jaca e observaram que os mesmos tinham potencial para serem usados em formulações alimentares, por causa dos teores de amilose e conteúdo de proteínas.

Devido ao elevado teor de amido em sua semente, a jaca apresenta potencial como matéria-prima na extração de amido comercial, já que estes são desperdiçados.

3.2 AMIDO

3.2.1 GRÂNULO DO AMIDO

O amido é o mais abundante carboidrato de reserva em plantas, constituindo-se também uma importante fonte energética para a alimentação humana. Fornece cerca de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem. Os depósitos permanentes do amido nas plantas ocorrem nos cereais (milho, arroz) nos tubérculos e raízes (batata e mandioca) (LEONEL; OLIVEIRA; FILHO, 2005).

O Brasil, Tailândia, Filipinas e Indonésia estão entre os maiores produtores de amido e juntos somam cerca de 8% da produção mundial deste polímero (COOKER; COCK, 1989).

O amido vem sendo largamente utilizado pela indústria de alimentos como agente espessante, de enchimento, para aumentar ou alterar a viscosidade de alguns produtos e demais fins. Pode ser utilizado 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 crocantes. Pode ser usado para estabilizar emulsões ou formar filmes resistentes a óleo. Encontramos 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). Também é adicionado para agir como ingrediente funcional em molhos, pudins, produtos de confeitaria, embutidos cárneos, e substitutos de gorduras numa grande variedade de produtos (THOMAS; ATWELL, 1999).

O amido contém substâncias como lipídeos, proteínas, cinzas e sais minerais em pequenas quantidades. A quantidade destes constituintes depende da composição da planta e do método de extração. Quanto menor o teor dessas substâncias, melhor a qualidade do amido. As proteínas, que também aparecem em menores teores nos amidos de raízes e tubérculos pouco influenciam suas propriedades funcionais. Os lipídeos que permanecem nos amidos de cereais são responsáveis pela fixação de cor, desenvolvimento de aromas e complexações que não ocorrem nos amidos de tuberosas. Nestes, os teores de lipídeos é mais baixo, o que faz dos amidos os mais neutros e menos sujeitos a complexação (PERONI, 2003).

3.2.2 COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DO GRÂNULO DO AMIDO

O amido é encontrado nos amiloplastos das células e de todos os polissacarídeos, é o único presente nos tecidos vegetais em pequenas unidades individuais denominadas de grânulos. O tamanho e a forma dos grânulos variam de planta para planta. Este polímero é composto basicamente por duas macromoléculas: amilose e amilopectina, que juntas representam aproximadamente 98-99% do peso seco. A amilose e a amilopectina estão associadas entre si por ligações de hidrogênio e a maioria dos amidos contém cerca de 20-30% de amilose e 70-80% de amilopectina. A proporção entre elas varia de acordo com a fonte botânica e o grau de maturação da planta, o que irá conferir diferenças nas propriedades das pastas de amido (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004; FRANCO *et al.*, 2002).

Todos os grânulos apresentam uma fissura denominada hilo, que é o ponto de nucleação em torno do qual o grânulo se desenvolve (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004). Van Der Burgt *et al.* (2000), afirmaram que os grânulos de amido são compostos por camadas diversas que se superpõem ao redor do núcleo chamado *hilum*, e que pode estar no centro do grânulo ou deslocado lateralmente. A posição do *hilum* é usada como informação para a identificação do material vegetal de origem (SCHOCH; MAYWALD, 1956).

Os grânulos têm regiões cristalinas e não cristalinas em camadas alternadas. As ramificações agrupadas de amilopectina ocorrem como feixes de dupla hélice. Essas estruturas, a partir de muitas regiões cristalinas pequenas nas camadas densas dos grânulos de amido, se alternam com camadas amorfas (CIACCO; CRUZ, 1987). De acordo com Gallant *et al.* (1997), os grânulos de amido são estruturas semi-cristalinas compostas de macromoléculas arranjadas na direção radial, as macromoléculas formam pontes de hidrogênio por estarem associadas paralelamente o que resulta no aparecimento de regiões cristalinas ou micelas.

A amilose e a amilopectina não existe na forma livre na matriz e sim, agregados em grânulos de amido e o tamanho, a forma e a estrutura destes grânulos estão compreendidos entre 1 a 100 μm e os formatos podem ser regulares como: esférico, ovóide, ou angular ou ainda podem ser bastantes irregulares. Os grânulos de trigo, de cevada e de centeio exibem duas distribuições diferentes de tamanho de grânulos e forma (THOMAS, ATWELL, 1999).

AMILOSE

A amilose, a qual representa 20-30% do amido normal, é uma molécula essencialmente linear na qual unidade de α -D-glucanopirranose estão unidas entre si por ligações glicosídicas α 1-4, sua distribuição de massa molar é variável com as fontes botânicas e também com a forma de extração. Neste polissacarídeo o número de resíduos de glicose por molécula varia de 500 a 5000 unidades (GALLIARD; BOWLER, 1987).

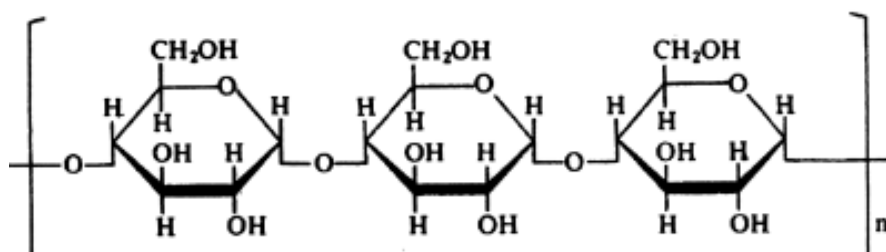


Figura 1 - Estrutura química da amilose (JACQUES; LYONS; KELSALL, 1999).

A amilose é um dos componentes responsáveis pela estrutura do grânulo de amido e sua quantificação é de grande importância para se entender o comportamento do amido. Apesar dessa importância, dentre as diversas metodologias existentes para a sua quantificação, nenhuma é totalmente aceita. Existem vários dados sobre as metodologias, mas com grandes variações nos resultados o que gera uma falta de confiabilidade nas metodologias empregadas (PERONI, 2003). Embora ilustrada (Figura1) tipicamente por uma estrutura linear, a amilose

de fato é freqüentemente caracterizada por apresentar uma estrutura helicoidal, na sua forma cristalina, dentro da qual é possível acomodar moléculas de iodo, formando um complexo de cor azul intensa. (BARROS, 1984; JANE *et al.*, 1984).

Um outro atributo bem conhecido da amilose é sua habilidade de formar gel depois do grânulo de amido ter sido gelatinizado; este comportamento é evidente em certos amidos que contém maiores teores de amilose. A formação do gel decorre principalmente da reassociação (chamado de *retrogradação*) dos polímeros de amido solubilizados depois de cozidos e pode acontecer bem rapidamente com polímeros de cadeia linear (THOMAS; ATWEL, 1999).

As características físico-químicas e suas propriedades podem ser em sua maior parte explicada pelos teores de amilose. No quadro 4 é possível visualizar alguns teores de amilose de amidos de fontes tropicais determinados por alguns autores e apresentados resumidamente no trabalho de Takizawa *et al.*(2004).

Quadro 4 - Teores de Amilose de amido de algumas fontes

FONTE	AMILOSE %
Batata	25,4
Batata doce	19,1
Mandioquinha-salsa	23,0
Milho	24,5
Milho ceroso	1,10
Mandioca	18,6

Fonte: Takizawa *et al.*(2004).

AMILOPECTINA

A amilopectina é o maior componente do amido compreendendo 70-80% do seu peso, é altamente ramificada e as unidades de α -D-glucanopiranosose estão unidas entre si por ligações glicosídicas α -1,4; já as cadeias das ramificações, constituídas de 20 a 25 unidades de α -D-glucanopiranosose, estão unidas por ligações α -1,6, compreendendo cerca de 5% das ligações na molécula do amido (JOBLING, 2004).

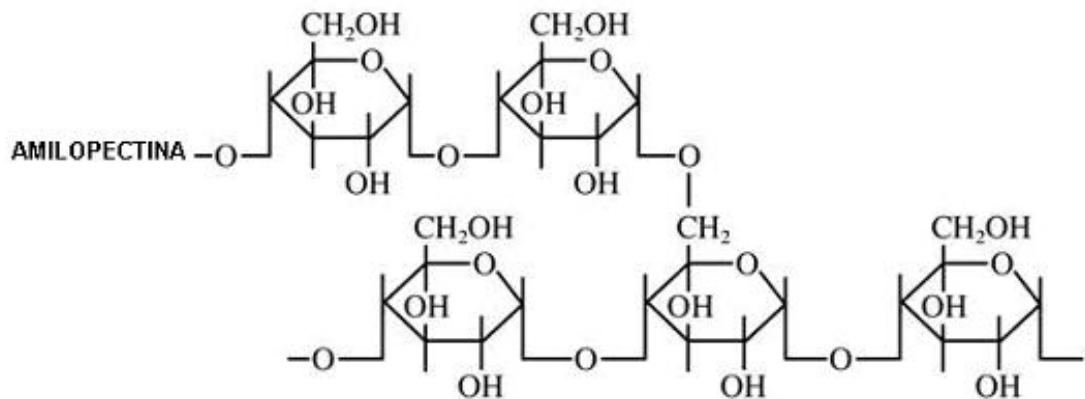


Figura 2 - Ligações $\alpha(1-4)$ e $\alpha(1-6)$ na amilopectina (Fonte: CORNEELL, 2000).

Durante a cocção a amilopectina absorve muita água e é, em grande parte, responsável pela expansão do grânulo de amido. Assim os grânulos ricos em amilopectina são mais fáceis de serem dissolvidos em água a 95°C que os que contêm muita amilose. Devido ao aumento esférico as moléculas de amilopectina não tem tendência à recristalização e, portanto, possuem elevado poder de retenção de água (CHEFTEL; CHEFTEL, 1992). Em presença de solução de iodo, produz um complexo de coloração avermelhada e estável em soluções aquosas diluídas (GÉRARD *et al.*, 2001).

3.2.3 CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS

O tamanho e forma dos grânulos de amido estão entre os fatores de importância na determinação de usos potenciais. A determinação do tamanho de partículas e sua distribuição têm obtido crescente interesse das indústrias alimentícias, devido à influência sobre as propriedades de processamento de alimentos em pó (LEONEL; GARCIA; REIS, 2004).

A forma e o tamanho dos grânulos de amidos nativos variam de acordo com a fonte botânica. Os formatos dos grânulos variam do bastante esférico ao poliédrico (TESTER; QI; KARKALAS, 2006). Grânulos ovais, circulares, esféricos, poligonais e aqueles com forma irregular também existem. Os grânulos de amidos de tuberosas são geralmente volumosos e elipsoidais com hilos excêntricos ou poliédricos. Grânulos de feijão e ervilha são caracterizados como um disco grosso com um 'corte' ao redor da região equatorial ou na extremidade e um recorte em uma extremidade (LINDEBOOM, CHANG; TYLER, 2004).

Geralmente, o tamanho do grânulo de amido fica na faixa de 1 a 100 μm e a sua forma varia fortemente. O quadro 5 apresenta variações do tamanho e forma de alguns amidos de diferentes origens botânicas.

Quadro 5 - Variação do tamanho e forma dos grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas.

ORIGEM DO AMIDO	TAMANHO MÉDIO (μm)	FORMA
Trigo Normal	13-19	Lenticular
Milho Normal	12-15	Poliédrico e arredondado
Batata Normal	40	Oval
Arroz	6	Poliédrico
Mandioca	5 a 35	Redondo ou oval

Fonte: Buléon *et. al.* (1998) e Bermudez (1997).

Lindeboom, Chang e Tyler (2004) classificaram grânulos grandes como maiores que 25 μm , médios com valores entre 10 e 25 μm , pequenos entre 5 e 10 μm e bem pequenos com tamanhos menores que 5 μm . Geralmente, o tamanho granular se refere à média do comprimento do maior e menor eixo, mas também pode ser expresso pelo diâmetro maior, pelo volume do grânulo ou pela área superficial. O conteúdo de amilose é mais alto em grânulos maiores, entretanto, o conteúdo de lipídeos é mais elevado em grânulos menores.

A composição do amido, gelatinização e propriedades de pasta, suscetibilidade enzimática, características de cozimento e propriedade de intumescimento e cristalinidade, são todos afetados pelo tamanho do grânulo (RAEKER *et al.*, 1998; LINDEBOOM; CHANG; TYLER, 2004).

A escolha da técnica e do microscópio, para uma visualização de alta resolução da estrutura dos grânulos de amido depende do tipo de informação requerida (superfície ou estrutura interna). Com a microscopia eletrônica de varredura (MEV), ou por microscopia de força atômica (AFM) são obtidas informações sobre a superfície dos grânulos. Já informações sobre estrutura interna requerem o uso da microscopia eletrônica de transmissão (TEM) (GALLANT; BOUCHET; BALDWIN, 1997).

3.2.3.1 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

O microscópio eletrônico de varredura é um equipamento muito versátil e usado rotineiramente em análises micro estruturais de materiais sólidos. Apesar da complexidade do mecanismo para a obtenção da imagem, a sua interpretação é muito simples. O aumento máximo conseguido pelo microscópio eletrônico de varredura, fica entre o microscópio óptico (MO) e o microscópio eletrônico de transmissão (TEM), sendo a sua vantagem em relação ao MO a sua alta resolução, que fica na ordem de 2 a 5 μm , enquanto que para o MO a resolução fica na ordem de 0,5 μm . Comparado com o TEM a grande vantagem está na elevada profundidade do foco (imagem com aparência tridimensional). Também a possibilidade de combinar a análise estrutural com a micro análise química são fatores que contribuem para o amplo uso desta técnica (MUCCILLO, 2009).

3.2.3.2 MICROSCOPIA ÓPTICA

Outra técnica bastante utilizada no estudo da estrutura dos grânulos de amido é o uso da luz polarizada, através de um microscópio óptico, o que permite visualizar, como consequência da cristalinidade do grânulo, uma cruz de malta (GALLANT *et al.*, 1997).

3.2.4 PADRÕES DE CRISTALINIDADE

Os grânulos de amido são estruturas semicristalinas compostas de macromoléculas arranjadas na direção radial. Quando moléculas lineares (amilose) e ramificadas (amilopectina) estão associadas paralelamente, suas cadeias são mantidas juntas por interações de hidrogênio, o que resulta no aparecimento de regiões cristalinas ou micelas (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004; YONEMOTO, 2006). A amilose constitui as regiões amorfas do grânulo e as moléculas de amilopectina são predominantemente responsáveis pela cristalinidade.

A molécula de amilopectina consiste de uma cadeia principal C, que possui o grupo reductor e muitas cadeias ramificadas designadas como cadeias A e B. As cadeias A se ligam as cadeias B ou C por ligações α -(1 \rightarrow 6), não possuindo ramificações. Nas cadeias B, tem-se uma ou mais cadeias do tipo A ou B ligadas a ela através de ligações α -(1 \rightarrow 6) (Figura 4 a). O grau de ramificação da molécula é determinado por essa relação das cadeias do tipo A e B (FRANCO *et al.*, 2001).

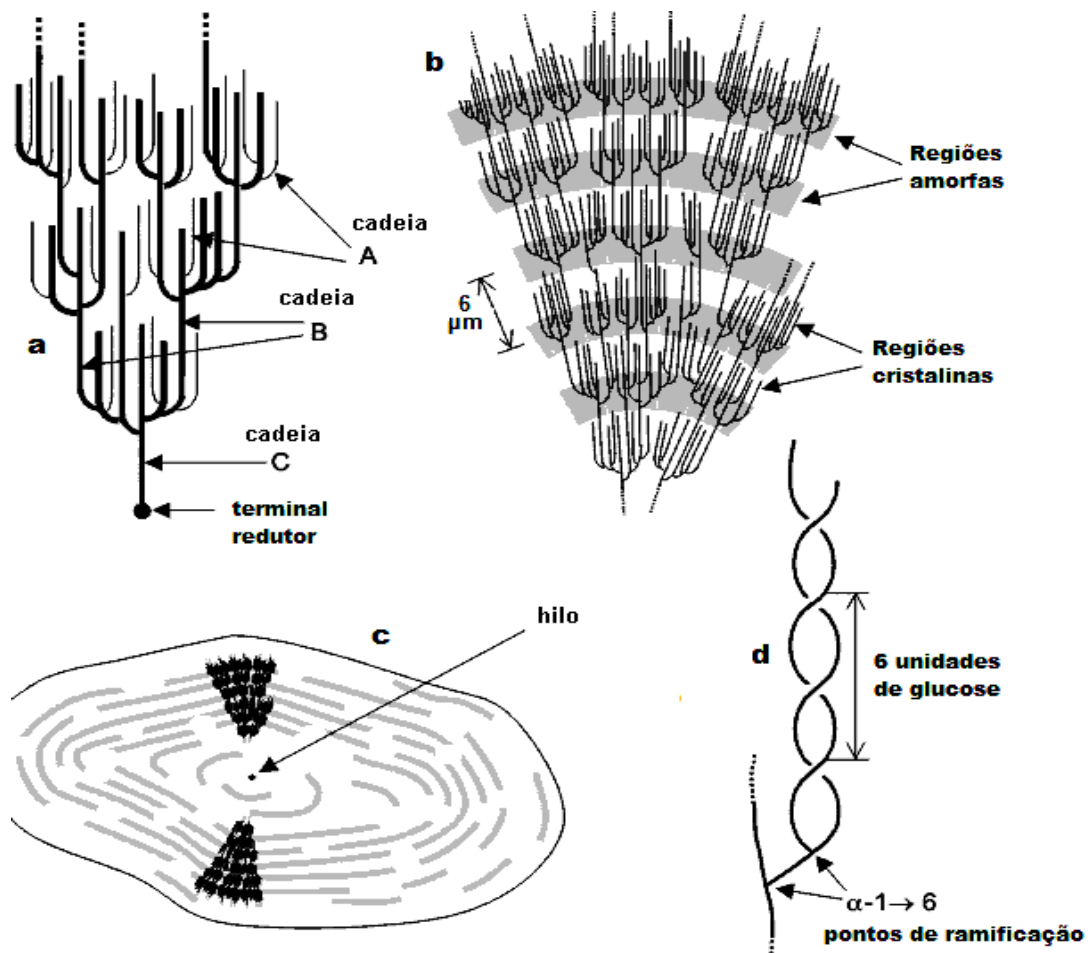


Figura 3 – Representação esquemática da organização molecular da amilopectina (modelo cluster): A) Classificação das cadeias da amilopectina em tipo A, B e C. B) Estrutura da amilopectina formando as regiões amorfas e cristalinas no grânulo de amido. C) Modelo da estrutura interna do grânulo de amido com a visualização dos anéis de crescimento e centro ou hilum. Adaptados de PARKER & RING (2001).

A cristalinidade dos grânulos varia entre 15-45% e pode ser caracterizada em três principais padrões através de difração de raios-X, os tipos A, B e C (YONEMOTO, 2006). Amidos com comprimentos de cadeias entre curtos e médios exibem um padrão de cristalinidade tipo A enquanto os padrões tipo B e C são encontrados em amidos com médio e grande comprimento de cadeia, respectivamente (KUAKPETTON, D.; WANG, YA-JANE, 2006). Segundo MESTRES (1996) estes padrões têm as seguintes características:

- Tipo A apresenta maiores picos de intensidade de refração para os ângulos a 2 a 15, 17, 18 e 23 Å, é mais denso e apresenta menos espaço para moléculas de água, sendo típico dos amidos de cereais.
- Tipo B apresenta maiores picos de intensidade de refração para os ângulos a 2 a 5,6,15,17,22 e 23 Å, pode prender quatro vezes mais moléculas de água sendo mais comum nos amidos de tuberosas, com o representante mais típico o amido de batata

com o pico a 5, 6 Å. Pode ser observada na banana verde e em amidos de milho com alto teor em amilose.

- Tipo C é encontrado frequentemente em amidos de leguminosas e sementes, sendo considerado por alguns autores, uma combinação dos tipos A e B.

Adicionalmente, quando moléculas de amilose associam-se com lipídeos no grânulo de amido, é visualizado um padrão de raios X tipo V, que é parcialmente resistente a digestão enzimática (LOBO; SILVA, 2003; ELFSTRAND *et al.*, 2004).

3.2.4.1 AVALIAÇÃO DA CRISTALINIDADE DO GRÂNULO DO AMIDO: Difração de raios-X.

A difração de raios X possibilita a definição dos tipos de arranjos formados nas áreas cristalinas, segundo a posição dos picos de difração, conforme mostra o quadro 6.

Quadro 6 - Tipos de cristalinidade de amidos obtidos de espectros de raios X.

Origem Botânica	Tipo Cristalino	Cristalinidade (%)
Cereais		
Milho	A	40
Arroz	A	40
Tuberosas		
Mandioca	C = A + B	40
Batata	B	25

Fonte: Adaptado de Mestres (1996).

Segundo Mestres (1996), todos os amidos são semicristalinos e a cristalinidade é calculada a partir da área dos picos de difração, sendo de cerca de 40% para a maioria dos amidos. A interpretação destes picos permite calcular a estrutura molecular dos tipos cristalinos, sendo a organização das hélices pareada (zonas cristalinas) que diferencia os picos cristalinos.

A ordem cristalina dos grânulos de amido é o fator básico que influencia as propriedades funcionais. O colapso da ordem cristalina dos grânulos manifesta mudanças irreversíveis nas suas propriedades tais como intumescimento do grânulo, perda de birrefringência óptica, desenrolamento e dissociação da dupla hélice e solubilidade do amido (SINGH *et al.*, 2003).

3.2.5 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO AMIDO

Os amidos são ingredientes vitais em termos da estrutura dos produtos alimentares e algumas considerações devem ser feitas quanto ao tipo e a concentração de amido empregada. A escolha do amido deve estar baseada em propriedades funcionais tais como solubilidade, intumescimento, absorção de água, viscosidade e poder de gelatinização e a escolha correta terão uma grande influência nas propriedades funcionais do produto final (RAPAILLE; VANHEMELRIJK, 1994; KARAM, 2003).

As propriedades funcionais do amido são muito importantes na formulação dos alimentos. A consistência da pasta de amido varia, dependendo do grau de gelatinização e do poder de intumescimento do grânulo. A textura da pasta é determinada pela deformação viscoelástica e depende da força das ligações moleculares e a quantidade de grânulos rompidos. A claridade da pasta ou gel pode variar de clara a opaca e esta propriedade está relacionada à dispersão da luz resultante da associação da amilose e de outros componentes presentes no amido (KARAM, 2003).

Como o amido é considerado um produto de grande potencial, tanto para a alimentação humana e animal, quanto para a utilização nas indústrias, faz-se necessário o conhecimento de suas propriedades. A sua estrutura macro molecular, lhe confere propriedades particulares, tais como solubilidade, intumescimento, absorção de água, viscosidade e poder de gelatinização (RIBEIRO, 2006).

As propriedades funcionais dos amidos dependem também da estrutura molecular da amilose e da amilopectina que o compõe e da forma como são organizadas nos grânulos do amido. Supõe-se que muitas propriedades funcionais apresentadas pelos alimentos compostos por amidos são decorrentes dessas diferentes estruturas. A mais visível delas está associada às concentrações relativas da amilose e amilopectina apresentadas pelos amidos, que a priori indicam aplicação mais específica. Amido com altos teores de amilopectina aplicados a alimentos confere-lhes maior resistência à retrogradação quando estocados a baixas temperaturas (THOMAS; ATWELL, 1999).

3.2.5.1 Poder de Intumescimento e Solubilidade dos grânulos

A qualidade de um alimento está frequentemente associada com a retenção de água pelos grânulos de amido intumescido (RICKARD; ASAOKA; BLANSHARD, 1991). Quando o amido é aquecido em excesso de água, acima da temperatura de gelatinização, a estrutura cris-

talina é rompida devido ao relaxamento de interações de hidrogênio e as moléculas de água interagem com os grupos hidroxilas da amilose e da amilopectina. Isso causa um aumento do tamanho dos grânulos devido ao intumescimento e também ocorre parcial solubilização (HOOVER, 2001).

Leach; Mccowen; Schoch (1959) reportam em seus estudos que o poder de intumescimento dos grânulos, que pode ser determinado pelo aquecimento da amostra de amido em excesso de água, é definido como o peso do sedimento inchado (g) por grama de amido. A solubilidade do amido também pode ser determinada na mesma suspensão; ela é expressa como porcentagem (em peso) da amostra de amido dissolvida após aquecimento. Estes autores determinaram o poder de intumescimento e solubilidade de vários amidos no intervalo de 50 a 95°C a fim de estabelecer evidências do grau de associação molecular dentro do grânulo de amido. Pelos resultados obtidos, concluíram que o poder de intumescimento e solubilidade são fortemente influenciados pela fonte botânica. O amido de milho, por exemplo, apresenta intumescimento limitado, que ocorre em dois estágios. Isto sugere dois tipos de forças envolvidas nas interações entre as cadeias poliméricas que relaxam a diferentes temperaturas. Féculas como a de mandioca e de batata apresentam grande intumescimento em temperaturas mais baixas, o que indica interações mais fracas e uniformes. De maneira geral a solubilidade e o poder de intumescimento são correlacionados.

Silva *et al.* (2006) realizando estudo com amidos modificados, observaram-se que na temperatura de 90°C foram obtidos os maiores valores de poder de intumescimento, quando grande parte dos grânulos ficou intumescida.

3.2.5.2 Capacidade de absorção de água.

As moléculas de água intimamente adsorvidas nas macromoléculas são denominadas de “água ligada” e refletem a capacidade de uma superfície molecular em formar ligações fracas não covalentes com a água. O teor de água ligada associada aos grânulos de amido influencia nas características de expansão dos mesmos (RICKARD; ASAOKA; BLANSHARD, 1991). A capacidade de ligação dos grânulos com a água é atribuída á perda de associação das moléculas de amilose e amilopectina do amido no grânulo nativo (SONI *et al.* 1985).

3.2.5.3 Transparência da Pasta

Clareza da pasta é um dos importantes atributos do amido para aplicação em alimentos, e pode ser definido como transparência. É influenciada por muitos fatores como concentração, pH, extensão, tipo de modificação e origem botânica (CRAIG *et al.*, 1989).

A transparência ou opacidade da pasta de amido constitui atributo importante de qualidade do amido e, dependendo da aplicação no alimento, pode ser preferível um ou outro. Amidos usados como espessantes em recheios de tortas devem ser preferencialmente transparentes. Já amidos usados em molhos para saladas devem ser opacos (CRAIG *et al.*, 1989). A transparência é uma característica altamente vantajosa no que diz respeito a sua aplicação na indústria de alimentos, como por exemplo, na cobertura de torta de frutas (ZHENG; SOSULSKI, 1998).

Segundo Craig *et al.* (1989), as características visuais de pastas aquosas de amido podem ser classificadas em três categorias, dependendo da estrutura e comportamento da luz:

a) Pasta transparente: com pouca ou nenhuma estrutura granular e nenhuma associação de cadeias após a formação de pasta. Estas pastas são extremamente transparentes que quase não refletem luz (baixa brancura) e fornecem imagens fortes e claras de objetos vistos através delas.

b) Pasta moderadamente transparente: com pouca ou nenhuma estrutura granular apresentando deficiência, mas irão refletir ou dispersar uma quantidade significativa de luz por causa de um grande número de zonas de junções na fase dispersa. Como as pastas têm aparência branca, elas reduzem a nitidez das imagens vistas através delas;

c) Pasta opaca: apresenta intumescimento granular remanescente com pouca associação de cadeias após a formação de pasta, mostrando-se opaca devido a estrutura granular que permanece e que causa refração da luz em diferentes extensões e distorce imagens. Esta refração reduz a luz em diferentes extensões, reduz a transmitância, distorce imagens e a pasta fica moderadamente branca.

3.2.5.4 Viscosidade

Por serem grandes moléculas ou macromoléculas os polissacarídeos formam soluções viscosas. A viscosidade de uma solução de polissacarídeos depende da forma e do tamanho de sua molécula e da conformação que adota na solução. Quando estão em solução, os polissacarídeos giram livremente, ocupando um espaço que é conhecido como *volume efetivo*. Se o

polissacarídeo é linear, ao girar, as moléculas ocupam mais espaço e, por isso, chocam-se umas com as outras, produzindo-se fricção, aumentando assim sua viscosidade e o consumo de energia. Quando o polissacarídeo está ramificado, com o peso molecular igual ao polissacarídeo linear, o volume efetivo diminui, ocupando assim menos espaço na solução, sendo mais difícil que as moléculas se encontrem e se choquem umas com as outras, de modo que a viscosidade é menor (PEREDA *et al.*, 2005).

Esta viscosidade das pastas de amidos é geralmente medida por meio da análise das curvas de viscosidade denominadas viscoamilógrafo que registra a alteração da viscosidade de um sistema amido-agua sob agitação, relacionando temperatura e tempo (SCHOCH; MAYWALLD, 1968).

A forma de medida mais tradicional é através do viscoamilógrafo Brabender, utilizando-se o método proposto por Mazurs *et al.* (1959), mas que vem sendo gradualmente substituído pelo *Rapid Visco Analyser (RVA)*, que proporciona mensurações equivalentes, usando uma quantidade de amostra menor permitindo assim a avaliação da estabilidade térmica, temperaturas características e estabilidade oxidativa, como também a interação com outros componentes da fração amilácea (lipídios, proteínas, fósforo, etc.) (FRANCO *et al.*, 2002).

O perfil de empastamento de amidos obtidos através do RVA inclui o pico de viscosidade, tempo para atingir este pico, quebra, viscosidade final, temperatura de pasta e setback ou índice de retrogradação que consiste na diferença entre a viscosidade final e a viscosidade mínima (THOMAS e ATWELL, 1999).

No RVA, durante a fase inicial de aquecimento de uma suspensão aquosa de amido, um aumento na viscosidade é registrado quando os grânulos começam a intumescer. A temperatura na qual a viscosidade começa a aumentar é denominada temperatura de pasta. Neste ponto, polímeros com baixo peso molecular, particularmente moléculas de amilose, começam a ser lixiviadas dos grânulos. Um pico de viscosidade é obtido durante o empastamento, quando os grânulos, em sua maioria, estão totalmente inchados, havendo também grânulos intactos e o alinhamento molecular dos polímeros solubilizados ainda não ocorreu dentro do campo de atrito do instrumento. Durante a fase de temperatura (95°C) e agitação constantes, os grânulos começam a se quebrar a solubilização dos polímeros continua e o alinhamento molecular ocorre dentro do campo de atrito do instrumento, causando uma diminuição da viscosidade (THOMAS e ATWELL, 1999).

Ao ocorrer o resfriamento, alguns polímeros de amilose e amilopectina solubilizados começam a se reassociar, formando um precipitado ou gel ocorrendo um aumento de opacidade

da pasta. Este processo é conhecido como retrogradação ou setback (WHISTLER e BERMILLER, 1997).

Marcon *et al.* (2007) relata que os viscoamilogramas obtidos pelos dois métodos (viscoamilografo Brabender ou viscoamilografo rápido) refletem as características do amido durante a formação do gel, bem como a resistência do gel às forças mecânicas no aquecimento e a tendência a retrogradação, mediante análise do comportamento no resfriamento.

A viscosidade da pasta de amido, avaliada em viscoamilógrafo parece ser determinada por dois fatores; o grau de intumescimento dos grânulos e a resistência entre estes à dissolução pelo calor ou a fragmentação pela agitação mecânica (SCHOCH; MAYWALLD, 1968).

A viscosidade está relacionada com os atributos de qualidade como aparência física de produtos alimentares (KINSELLA, 1984). Esta propriedade é especialmente importante para produtos alimentares como sopas e molhos (JINDAL; GRANDISON, 1994).

3.2.5.5. Gelatinização

Os grânulos de amido frente à umidade e à temperatura sofrem intumescimento e gelatinização. Os grânulos são inicialmente insolúveis em água fria e absorvem água reversivelmente, não se observando aumento significativo de viscosidade. Quando se eleva a temperatura os grânulos absorvem mais água, aumentam varias vezes em diâmetro perdem a birrefringência e a natureza de difração de raios-X e aproximadamente a 65° C (dependendo do tipo de amido) há um aumento abrupto da viscosidade (JAROWENKO, 1997). Nesse momento, a viscosidade da solução aumenta consideravelmente, já que, com o intumescimento, os grânulos aderem uns aos outros; a solução pode inclusive adquirir o aspecto de uma pasta. Se o tratamento térmico é prolongado, os grânulos chocam-se fortemente uns contra os outros e podem até romper-se quando se agita a solução, com diminuição da viscosidade. Com isso, desaparece a birrefringência, e tem-se o chamado *ponto* ou *temperatura de gelatinização* (PEREDA *et al.*, 2005).

É considerada temperatura de gelatinização a faixa de temperatura na qual a perda da birrefringência é primeiramente notada, até o ponto onde menos de 10% de birrefringência permanece. Este gradiente de temperatura é influenciado pelas forças de ligações no grânulo, as quais variam de acordo com as espécies (FRANCO *et al.*, 2002), isto é, composição do grânulo, estrutura molecular da amilopectina, morfologia do grânulo e distribuição de tamanho dos grânulos do amido (McCARTHY *et al.*, 2007).

Sendo a gelatinização do amido um processo de absorção de energia, a mesma pode ser caracterizada por um endoterma obtida através de calorimetria diferencial de varredura (DSC), pela perda de birrefringência, observada pela microscopia óptica (perda da “cruz de malta”) e pelo desaparecimento da cristalinidade evidenciado pela difração de raios-X (GARCIA *et al.*, 1996).

O fenômeno da gelatinização afeta as propriedades estruturais do amido, com a destruição da ordem existente no grânulo. Ao nível molecular, ocorre a ruptura das estruturas cristalinas do grânulo, o qual absorve água e intumescce irreversivelmente (MUNHOZ; WEBER; CHANG, 2004).

A hidratação, quando ocorre por cozimento, produz uma mudança irreversível na estrutura dos grânulos do amido onde as interações amido-amido são substituídas pelas interações amido-água. Caso o aquecimento ou cozimento se prolongue, os grânulos de amido se rompem e desintegram e resultam em uma dispersão gelatinosa; conforme o tipo de amido, a pasta formada possui características próprias. O ponto inicial da gelatinização e o comportamento do grânulo dependem da quantidade de água no meio (BUTARELO *et al.*, 2004), do pH da solução, da presença de sais (LUALLEN, 2004), da fonte do amido e do tamanho do grânulo (SARMENTO *et al.*, 1999).

Hernández-Medina *et al.* (2008) destacam que, durante o processo de gelatinização, a ordem molecular dentro dos grânulos do amido é destruída gradual e irreversivelmente. Por isto, a temperatura de gelatinização é característica para cada tipo de amido e depende, fundamentalmente, da transição vítrea da fração amorfa do amido. Alguns fenômenos ocorrem durante o processo: a ordem molecular e, portanto, a birrefringência, se perde e os grânulos perdem sua cristalinidade, absorvem grande quantidade de água, provocam o intumescimento e tem seu volume aumentado. Algumas moléculas são solubilizadas, particularmente a amilose, que se difunde no meio aquoso e, com o aquecimento continuado, é quebrada, observando-se solubilização parcial. A pasta de amido obtida depois da gelatinização não é estável, já que, durante o armazenamento, ocorrem transformações estruturais que, em conjunto, recebem o nome de retrogradação.

Após a gelatinização, os polímeros que formam o grânulo de amido, têm tendência a se reassociarem através de interações de hidrogênio, formando zonas mais organizadas. As reassociações de amilose, amilopectina e grânulos intumescidos formam redes tridimensionais, constituídas por zonas mais organizadas. Essa reassociação das moléculas de amido é conhecida como retrogradação e sua intensidade levam à formação de géis, tendo influência na textura e solubilidade, entre outros (BILIADERIS, 1992). Com o tempo, este gel formado se

torna gomoso e tem a tendência de liberar água. Esta liberação de água é conhecida como sinérese e é comumente encontrada em alguns produtos como molhos em geral (HOOVER, 2001).

A Calorimetria Diferencial de Varredura fornece medidas quantitativas do fluxo de calor associado à gelatinização, medindo a quebra das ligações (interações de hidrogênio que estabilizam as duplas hélices) dentro dos grânulos quando aquecidos em água (TESTER, 1997; THIRATHUMTHAVORN; CHAROENREIN, 2005; MOORTHY *et al.*, 2006). Esta técnica baseia-se nas determinações das temperaturas de gelatinização T_0 , T_p e T_f (temperaturas inicial, de pico e final, respectivamente) e sua variação de entalpia (ΔH). O intervalo de temperatura ($T_f - T_0$) representa a faixa de temperatura de gelatinização. Depois de atingida a temperatura final (T_f), toda dupla hélice é dissociada, embora a expansão da estrutura granular possa ser conservada até que temperaturas mais altas sejam atingidas sob cisalhamento. As temperaturas de gelatinização inicial e de pico podem ser 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).

A entalpia de gelatinização é de cerca de 15 j.g^{-1} para todos os amidos nativos, mas geralmente mais elevada para amidos de tuberosas e o pico de endotermia de temperatura de gelatinização dos amidos nativos é em geral de 65°C , mas pode variar com a planta, a variedade e as condições de campo (FRANCO *et al.*, 2002). O quadro 7 mostra os valores das temperaturas de pico de endotermas, obtidas por DSC para cereais e tuberosas, assim como os valores de entalpia em j.g^{-1} .

Quadro 7 - Dados obtidos por análise de DSC para diferentes espécies de amidos nativos.

Origem Botânica	Temperatura de pico ($^\circ\text{C}$)	Entalpia (j.g^{-1}) [*]
Cereais		
Milho	69,6	7,5
Arroz	66,3	8,8
Trigo	59,2	8,1
Tuberosas		
Mandioca	65,0	17,0
Batata	64,4	11,0

Fonte: Modificado de Mettler-Toledo (2007) e Mestres (1956).

* massa seca

3.3 APLICAÇÕES DE AMIDOS NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

O amido é o agente espessante e gelificante mais utilizadas na indústria de alimentos permitindo o desenvolvimento de um grande número de produtos, como sopas, sobremesas prontas, molhos, alimentos prontos para o consumo, entre outros (THEBAUDIN *et al.*, 1998).

Na indústria alimentícia os amidos e derivados são utilizados como ingredientes, componentes básicos ou aditivos de produtos, adicionados em baixas quantidades, que visam à melhoria do processo de fabricação, apresentação ou conservação. Dependendo de sua fonte botânica e de sua natureza nativa ou modificada, o amido pode, entre outras funções, facilitar o processamento, fornecer textura, servir como espessante, fornecer sólidos em suspensão ou proteger os alimentos durante o processamento, desempenhando assim, um importante papel no controle das características de um grande número de alimentos processados (SERRANO; FRANCO, 2005).

BeMiller (1997) afirma que a composição do amido influencia diretamente suas propriedades funcionais. Devido às diferenças estruturais dos diversos tipos de amido não se pode generalizar nada sobre propriedades e comportamentos dos amidos de diferentes fontes botânicas.

3.3.1 Aplicações do amido nativo

As principais indústrias/ setores alimentícios que utilizam o amido a fécula na forma nativa segundo Franco *et al.*(2002) são apresentados a seguir:

- Frigoríficos: a fécula de mandioca é muito utilizada como enchedor cárneo, isto é, um ingrediente que aumenta a CRA(Capacidade de Retenção de Água) e consequentemente reduz o custo, aumentando rendimento.
- Indústria de biscoito: neste caso, o amido é utilizado na matéria-prima (farinha) para padronizar o teor de glúten da mesma, na proporção de 15 a 20% sobre o peso da farinha. Este procedimento confere biscoito mais leves e mais agradáveis ao paladar.
- Indústria de Macarrão: a fécula de mandioca diminui o tempo de cocção das massas frescas e secas. Em geral a substituição das farinhas pela fécula se dá em torno de 25 a 50% (dependendo do teor de glúten), resultando também, em maiores rendimentos, pela CRA da fécula e pelo mantimento do seu peso.

- Indústria de sobremesas: o amido nativo é utilizado como espessante.
- Indústria de Iogurtes: utilizado para substituir a gelatina.
- Indústria de Panificação:
- Indústria de Chocolates e Bombons: muito utilizado na produção de wafers, para diminuir a força do glúten.
- Indústria de balas e caramelos: os amidos nativos em pó são usados nos moldes para a produção de balas e caramelos, com o objetivo de absorver a umidade dos moldes.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Matéria-prima

A matéria-prima utilizada no desenvolvimento experimental deste trabalho consistiu de semente de jaca (*Artocarpus heterophilus*) das variedades “Mole” e “Dura”, extraídas de frutos em estágios maduros, adquirido do mercado local de João Pessoa, Estado do Paraíba, Brasil.

O experimento foi desenvolvido em Laboratórios do Departamento de Engenharia de Alimentos (DTQA) do Centro de Tecnologia (CT), em outros do Centro de Ciências Exatas da Natureza (CCEN) e no Laboratório de Mecânica do Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal da Paraíba.

4.2 Métodos

4.2.1 Análises físicas das sementes de jaca variedade mole e dura

As análises físicas foram realizadas em 100 unidades de sementes de jaca variedade mole e dura. A classificação e a seleção, medidas respectivas ao peso e dimensões – diâmetros longitudinal e transversal e espessuras, foram realizadas utilizando balança analítica e paquímetro. O diâmetro longitudinal compreendeu a distância do eixo polar entre os ápices. O diâmetro transversal e a espessura foram tomados na parte média, perpendicular ao eixo polar.

4.2.2 Composição Centesimal das sementes de jaca variedade mole e dura

Para caracterização das sementes foram utilizados os métodos descritos pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985). Foram feitas as seguintes análises: Umidade por dessecação em estufa a 105°C até peso constante; lipídeos totais por extração exaustiva com hexano em aparelho de Soxhlet; cinzas por incineração em mufla a 550°C; proteínas totais, pelo método de Kjeldahl (N x 6,25); e o teor de amido que foi determinado pela hidrólise ácida do amido a glicose e caracterização dessas última pelos reagentes de Fehling A e B, utilizando azul de metileno como indicador na titulação, calculado em g.100⁻¹.

4.2.3 Extração do Amido

A extração do amido de semente de jaca foi efetuada conforme Loos; Hood; Graham (1981) com adaptação, ilustrada a seguir na Figura 4. Primeiramente foram retiradas da polpa as sementes, descascadas, cortadas em pequenos pedaços e deixada em imersão durante 24 horas na solução de metabissulfito de sódio (0,2%) para aumentar a recuperação de amido devido ao amolecimento da matriz de proteína e paredes celulares facilitando a ruptura e liberação do mesmo durante a trituração e também controlar a atividade enzimática e o crescimento microbiológico. O amido foi extraído pela trituração da matéria-prima com metabissulfito de sódio em um liquidificador em baixa velocidade por 30 min. Após a homogeneização a mistura foi peneirada em malha de 200 mesh, (0,074 mm). Em seguida foram feitas duas decantações por 24 horas com resuspensão em metabissulfito de sódio, centrifugada a 5.000 rpm/15 min, sendo o sobrenadante descartado. O sedimento marrom formado na superfície do resíduo foi retirado com o auxílio de uma espátula. O resíduo branco de amido foi espalhado em uma bandeja e secado em um liofilizador Terroni equipamentos LTDA (modelo: LS 3000) à temperatura de -45°C. O amido seco foi pulverizado, ficando na forma de pó e guardado em recipiente seco e limpo sob refrigeração até uso. As amostras foram submetidas às análises sendo todas realizadas em triplicata.

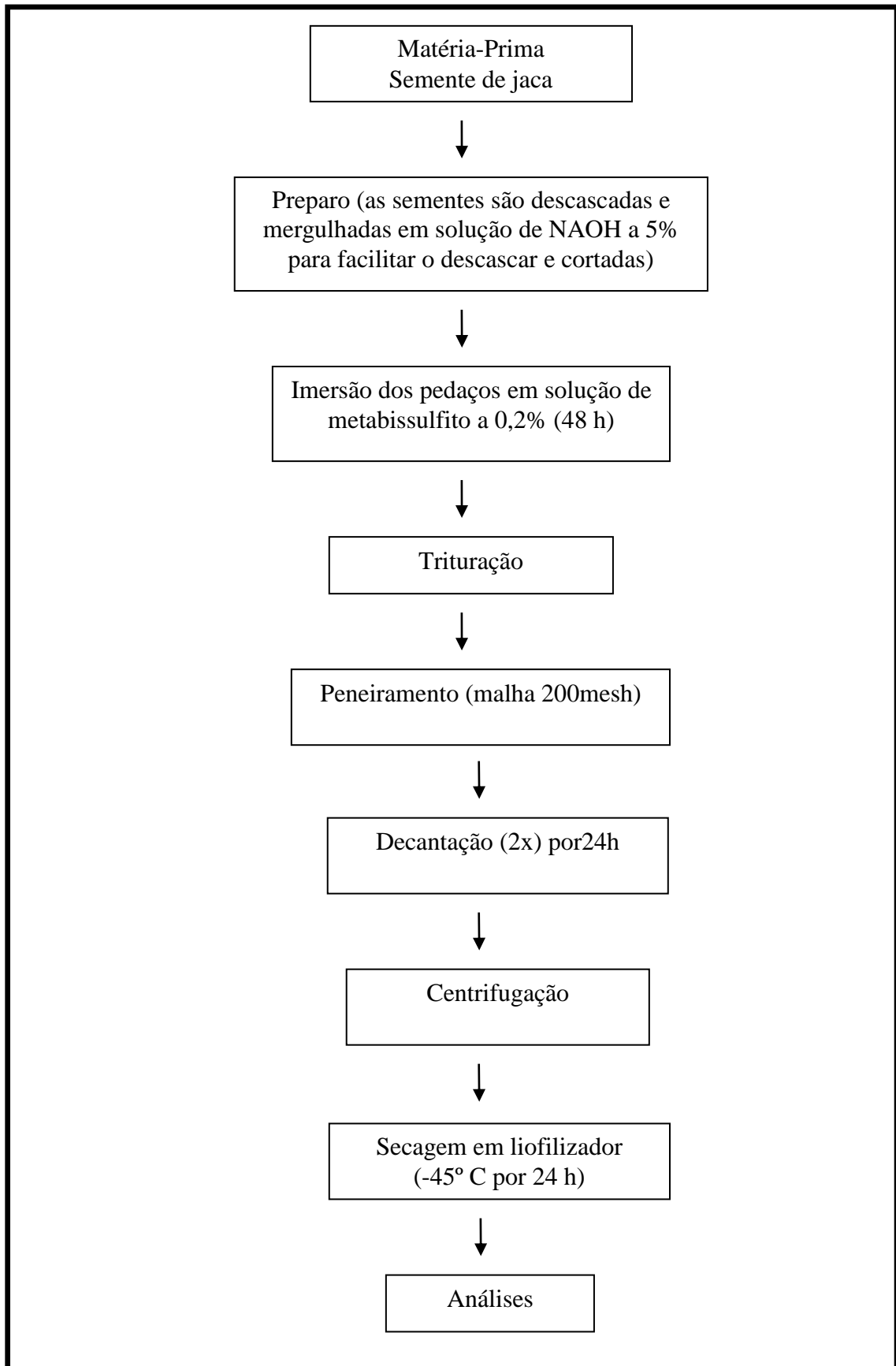


Figura 4: Fluxograma da extração do amido de semente de jaca em laboratório

4.2.4 Composição Centesimal do amido de semente de jaca variedade mole e dura

Para caracterização do amido foram utilizados os métodos descritos pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985). Foram feitas as seguintes análises: Umidade por dessecação em estufa a 105°C até peso constante; lipídeos totais por extração exaustiva com hexano em aparelho de Soxhlet; cinzas por incineração em mufla a 550°C; proteínas totais, pelo método de Kjeldahl ($N \times 6,25$); e o teor de amido que foi determinado pela hidrólise ácida do amido a glicose e caracterização dessas última pelos reagentes de Fehling A e B, utilizando azul de metileno como indicador na titulação, calculado em g %.

4.2.5 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Foi preparada dispersão de 2% de amido de semente de jaca das variedades “mole” e “dura” em álcool isopropílico, sendo algumas gotas dessa dispersão colocadas sobre uma fita adesiva colada à base de um suporte metálico. Após a evaporação do solvente, o material seco foi recoberto com ouro (SPUTTERING) e em seguida a amostra foi analisada num microscópio eletrônico de varredura digital com resolução 1000 x.

4.2.6 Microscopia Óptica (MO)

A forma e distribuição de tamanho dos grânulos de amido de semente de jaca variedade mole e dura foram determinadas através de um Microscópio invertido óptico (AXIOVERT 25 DA ZEISS) equipado com captura de imagem de dois mega pixel e um computador padrão Windows.

Foi preparada 1 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 que foi coberta por uma lamínula. Após o preparo, de cada lâmina foram selecionados 20 campos aleatoriamente e fotografados, e de cada campo foram tomadas medidas de 10 grânulos, totalizando 200 grânulos. O tamanho foi determinado a partir da medição do diâmetro maior dos grânulos.

4.2.7 Difração de Raio-X

O difratograma de raios-X foi obtido a partir de amido na forma de pó contendo cerca de 11 % de umidade. O intervalo dos ângulos 2θ variou de 4 a 60° em um difratômetro “X- Ray Diffractometer”, modelo D5000, a uma velocidade de $1,2^\circ$ por minuto operando com potência de 40kV/20 mA.

4.2.8 Propriedades Funcionais do amido nativo

4.2.8.1 Poder de Intumescimento e Solubilidade

O poder de intumescimento e a solubilidade dos amidos foram determinados de acordo com o método descrito por Leach; Mccowen; Schoch (1959). Pesou-se 0,1g de amido em tubos de centrífuga previamente tarada, adicionou-se 10 ml de água destilada. A suspensão foi agitada em agitador de tubos por 30 segundos e levada ao banho por 30 minutos a temperaturas de 55° a 95°C com intervalo de 10 em 10 graus. Em seguida, os tubos foram retirados do banho, fechados e centrifugados por 15 minutos a 3400 rpm. Uma alíquota de 5 ml foi retirada do sobrenadante e colocada em placa de petri previamente taradas que foram levados à estufa a 105°C por 24 horas, para determinação do peso de amido solubilizado. As paredes externas dos tubos foram secas, os tubos cuidadosamente pesados e o poder de intumescimento e solubilidade determinados.

Poder de intumescimento = (peso do tubo + resíduo após centrifugação) –

(peso do tubo mais amostra em base seca) / peso da amostra

Solubilidade % = (peso da placa com amostra após evaporação) – (peso da placa) x 100

4.2.8.2 Capacidade de absorção de água e óleo

O método de Beuchat (1977) foi usado para determinar a capacidade de absorção da água e do óleo do amido com algumas modificações. 10 ml da água (destilada) ou do óleo (Óleo de Soja Saúde - Siol Alimentos) foram adicionados a 1 g da amostra em tubos de centrífuga. A suspensão foi homogeneizada durante 30 segundos e em seguida deixada em repouso por 30

minutos. Posteriormente os tubos foram fechados e centrifugados por 15 minutos a 3400 rpm. As paredes externas dos tubos foram secas, os tubos pesados e o sobrenadante descartados. A massa da água ou do óleo absorvidos foi expressa em $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de amido em base seca.

Capacidade de absorção em água e óleo ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de amido) = (peso do tubo após centrifugação- sobrenadante descartado) – (peso do tubo + amostra seca) x 100

4.2.8.3 Transparência da pasta

A transparência da pasta foi determinada como descrito por Craig *et al* (1989) com modificações, utilizando suspensões de amido ($3\text{g} \cdot 100\text{ml}^{-1}$ p.v⁻¹) em água deionizada. 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 à temperatura ambiente e a transmitância (%T) determinada a 650 nm utilizando espectrofotômetro Spectrophometer Coleman 33D. As amostras foram armazenadas a 4°C durante oito dias com objetivo de monitorar a retrogradação, sendo a cada 24 horas realizada a leitura da transmitância do 1º- 8º dia.

4.2.8.4 Viscosidade

A viscosidade de pasta foi determinada utilizando o analisador rápido de viscosidade RVA-4, usando um software Thermocline for Windows versão 2.3 Newport Scientific Pty Ltd, segundo a metodologia nº162 proposta pelo ICC (International Association for Cereal Science and Technology - ICC, 1995), utilizando o perfil *Standard 1*. A análise é realizada corrigindo-se a concentração de sólidos da amostra com base nos valores de porcentagem de umidade das mesmas. A relação é de 3,50g da amostra para 14% de umidade, em 25ml de água. A tabela para a correção de sólidos é fornecida no Manual do equipamento. A interpretação dos resultados se dá mediante o estudo dos valores estudados no gráfico. Conforme, segue abaixo:

Peak 1 = Corresponde à viscosidade máxima, é o valor máximo alcançado pela curva viscoamilográfica.

Trough 1 = Corresponde à viscosidade mínima à temperatura constante (95°C), é o menor valor da viscosidade, após ter sido atingida a temperatura constante de 95°C.

Breakdown = Viscosidade máxima – viscosidade mínima.

Final Visc = Viscosidade máxima no ciclo de resfriamento (50°C), é o valor da viscosidade sob temperatura de 50°C no ciclo de resfriamento.

Setback = Viscosidade final – viscosidade mínima.

Peak Time = Tempo em minutos em que ocorre a viscosidade de pico (máxima).

Pasting Temp = é a temperatura de pasta, temperatura inicial de gelatinização, quando se inicia a curva da viscosidade.

4.2.9 Propriedades Térmicas

4.2.9.1 Gelatinização

Os parâmetros de gelatinização do amido foram determinados através de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) utilizando um Calorímetro exploratório diferencial da marca Shimadzu, modelo DSC 50, em atmosfera de nitrogênio, com fluxo de 50mL por min. 6 μ l de água foram adicionados com uma micro pipeta a 2 mg de cada amido em cadinhos de alumínio, que foram hermeticamente fechados, novamente pesados e deixado em repouso por 24 horas em temperatura ambiente antes da análise, para que a água fosse distribuída uniformemente ao amido. A faixa de temperatura foi de 30°C a 150°C e a razão de aquecimento de 10°C por min. As curvas DSC foram registrados com um cadinho de DSC vazio e selados como referência. Temperatura inicial (T_o), temperatura final (T_f) e entalpia (ΔH j/g) foram determinadas (LAWAL; ADEBOWALE, 2005).

4.2.10 Análise Estatística

Aos dados da composição centesimal e propriedades funcionais (poder de intumescimento, solubilidade e capacidade de absorção de água e óleo), foi aplicada a estatística descritiva com observação das médias e desvio padrão de três repetições. Às propriedades funcionais aplicou-se a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey ao nível de 5% de significância para comparação das médias que foram obtidas. As análises foram realizadas pelo Programa estatístico Assistat versão 7.6.

5.RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise física da semente de jaca variedade mole e dura

Os parâmetros que descrevem a forma física das sementes de jaca variedades mole e dura estão representados na tabela 1. O peso médio das sementes variedade mole e dura foi de 7,01 g e 5,33 g respectivamente. As médias dos diâmetros longitudinal e transversal foram de 3,49 cm e 2,06 cm, enquanto que, a espessura foi de 1,57 cm para variedade mole. Já para variedade dura as médias dos diâmetros longitudinal, transversal e a espessura foram de 3,00 cm, 1,79 cm e 1,47 cm, respectivamente.

Tabela 1: Valores médios das medidas físicas das sementes de jaca variedade mole (JM) e dura (JD).

Componentes dimensionais	JM	JD
Peso (g)	7,01 ± 1,00	5,33 ± 0,79
Diâmetro longitudinal (cm)	3,49 ± 0,30	3,00 ± 0,18
Diâmetro transversal (cm)	2,06 ± 0,20	1,79 ± 0,13
Espessura (cm)	1,57 ± 0,14	1,47 ± 0,14

Médias seguidas de desvios padrões

5.2 Análise Centesimal da semente de jaca variedade mole e dura

A composição centesimal da semente de jaca variedade mole e dura está descrita na tabela 2.

Tabela 2-Composição centesimal da semente de jaca das variedades mole (JM) e dura (JD)

Constituintes (%)	JM	JD
Amido	15,9 ± 0,07	21,35 ± 0,350
Umidade	48,04 ± 0,29	58,48 ± 0,970
Proteínas	7,98 ± 0,16	5,56 ± 0,050
Lipídeos	0,59 ± 0,07	0,24 ± 0,005
Cinzas	2,16 ± 0,04	1,48 ± 0,081

Médias seguidas de desvios padrões.

O teor de proteína foi de $7,98 \text{ g.}100^{-1}$ e $5,56 \text{ g.}100^{-1}$ para variedade mole e dura respectivamente. Estes resultados foram inferiores ao encontrado por Oliveira et al (2000), no entanto, a variedade dura apresentou considerável semelhança com o teor obtido por Silveira (2000) de 5,50 %.

Para o conteúdo de lipídios, os valores nas sementes, das duas variedades (0,59 % e 0,24 % mole e dura respectivamente) foram semelhantes ao reportado por Silveira (2000) de 0,52 % mole e 0,33 % dura.

Para os teores de cinzas, a semente da variedade dura (1,48 %) apresentou resultado semelhante ao mostrado por Silveira (2000).

Quanto ao teor de amido não foi encontrada na literatura referências relacionadas com sementes de jaca das duas variedades estudadas. Leonel e Cereda (2001) estudando características físico-químicas de algumas tuberosas amiláceas em base úmida (Açafrão, Ahipa e Batata doce) encontraram os seguintes resultados relacionados aos teores de amido 8,83 %, 7,68 % e 14,72 % . Estes valores foram inferiores ao reportado pelo presente estudo. Estes mesmos autores encontraram valores próximos ao presente estudo nas seguintes fontes amiláceas: Biri (18,45 %), Inhame (20,43 %) e Mandioquinha-salsa (15,75 %).

5.3 Composição centesimal do amido nativo de semente de jaca variedade mole e dura.

O resultado da composição centesimal do amido nativo de semente de jaca (*Artocarpus heterophilus*) das variedades mole e dura correspondente aos teores de amido, umidade, proteínas, lipídios e cinzas estão expostos na Tabela 3.

Tabela 3-Composição centesimal do amido nativo de semente de jaca das variedades mole (JM) e dura (JD)

Constituintes (%)	JM	JD
Amido	92,81 ± 0,71	94,49 ± 0,37
Umidade	2,75 ± 0,10	2,86 ± 0,10
Proteínas	1,53 ± 0	0,62 ± 0,08
Lipídeos	0,37 ± 0,03	0,37 ± 0,29
Cinzas	0,16 ± 0,01	0,07 ± 0,008
Outros (por diferença)	5,13	4,45

Médias seguidas de desvios padrões.

Os resultados apresentados no presente estudo estão de acordo com requisitos mínimos exigidos pela legislação brasileira para amidos comerciais, que permite pelo menos 14% de umidade, 0,5% de cinzas no máximo e 80% de amido no mínimo (Brasil, 1978).

O amido de semente de jaca da variedade dura apresentou teores de proteínas (0,62%) e cinzas (0,07%) menores quando comparado com a variedade mole e isso pode ser explicado pelo grau de pureza (94,49%) obtido pelo amido da variedade dura. Conforme Peroni (2003) a pureza do amido é um importante indicativo de sua qualidade, facilitando as aplicações industriais. É importante que a matéria-prima apresente baixos constituintes como lipídeos, proteínas e cinzas e um alto teor de amido. Quanto menor o teor desses componentes, melhor a qualidade do amido (FRANCO et al., 2001).

O teor de amido de 92,81% e 94,49%, correspondente às variedades mole e dura respectivamente. O resultado é promissor para utilização como fonte amilácea, e encontra-se superior ao resultado observado por Leonel et al. (2003) quando estudou o amido de jacatupe (83,71%).

Segundo Daiuto et al., (2002) o teor de amido extraído depende do método de extração e do tipo de reagente utilizado durante o processo. No presente estudo aplicou-se o metabissulfito de sódio, que tem a finalidade de evitar o crescimento microbiano, este reagente juntamente com o tipo de extração apresentou um bom resultado e uma alta eficiência confirmando, assim, um elevado grau de pureza do amido.

Oliveira et al. (2009) quando estudaram o amido do grão de bico encontraram índices superiores de lipídios (0,52 %), proteínas (1,26 %) e umidade (7,85 %) e semelhança em cinzas (0,07 %) em relação aos resultados observados nas variedades jaca dura. Com respeito aos lipídeos, o valor obtido (0,37%) foi semelhante nas duas variedades do amido extraído de semente de jaca.

O conteúdo de cinzas foi inferior ao amido de sementes de jack bean (0,33%) (LAWAL; ADEBOWALE, 2005), amido de jacatupe (0,28%) (LEONEL et al, 2003), amido de biri (0,25%), taioba (0,37%), batata doce (0,35%) e mandioca (0,17%) (LEONEL et al.,2004).

Mukprasit; Sajjaanantakul (2004) estudando as propriedades físico-químicas da farinha e fécula de semente de jaqueira comparada com os amidos modificados, provenientes do mercado local da Tailândia, verificaram no amido teores de cinzas (0,17%), proteínas (0,81%), lipídeos (0,90%) e umidade (9,94%). Os valores de cinzas e proteínas foram estatisticamente semelhantes ao reportado no presente estudo enquanto que o teor de lipídeos mostrou um perfil superior comparado com o obtido neste trabalho.

5.4 Caracterização do amido de semente de jaca (Variedade mole e dura).

5.4.1 Forma e tamanho dos grânulos

As Figuras 5 e 6 mostram as micrografias obtidas através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) do amido extraído da semente de jaca variedade mole (5) e da variedade dura(6).

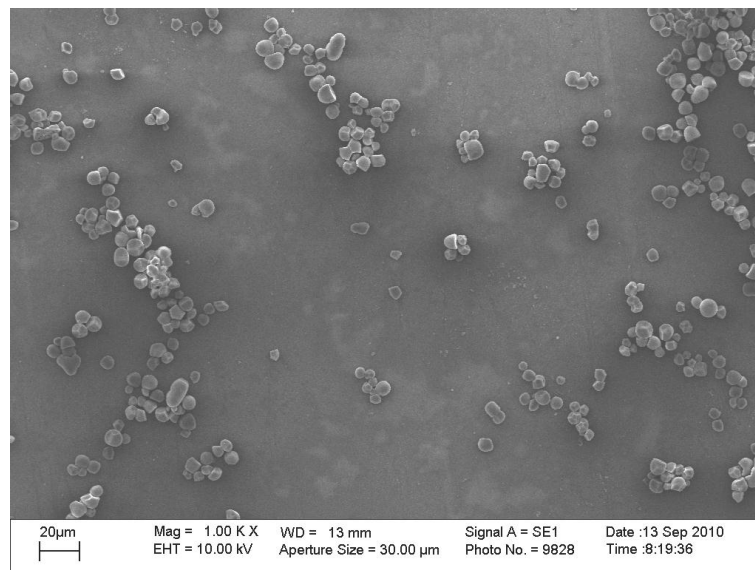


Figura 5: Micrografias obtidas através de MEV na resolução de 1000x do amido de semente de jaca mole.

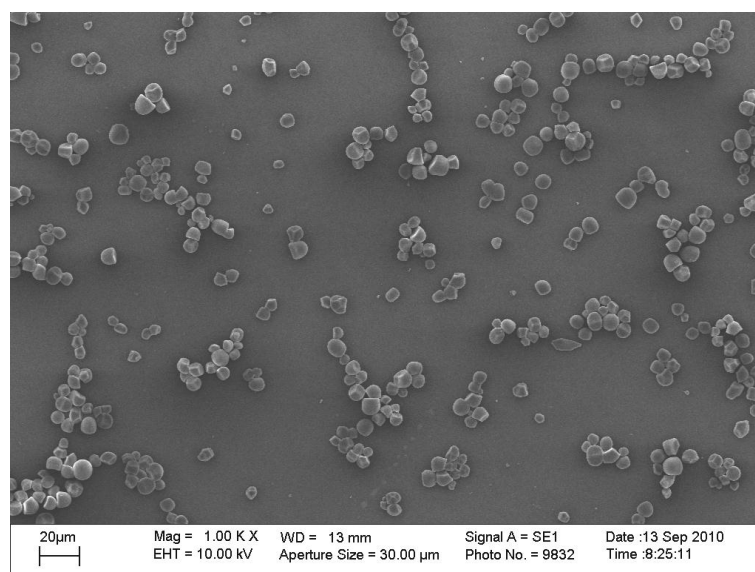


Figura 6: Micrografias obtidas através de MEV na resolução de 1000x do amido de semente de jaca dura.

Os grânulos de amido de semente de jaca variedade mole e dura apresentaram formato arredondado, na forma de sino e alguns irregulares apresentando cortes na sua superfície que parecem ser característicos destes amidos. Estes formatos foram coerentes com os observados por Tulyathan et al. (2002) quando estudaram as propriedades físico-químicas da semente, farinha e fécula de jaca.

Os grânulos de amido nativo podem ser reconhecidos por seus formatos e tamanhos, posição do hilo e temperatura de gelatinização. O amido de milho, por exemplo, pode ser esférico, angular ou em forma de dente. O trigo é lenticular e tem distribuição de tamanho variável (>14 µm; 5-14 µm; 1-5 µm). O arroz por ter um diâmetro menor quando comparado com os amidos comerciais (1,5-9 µm), apresenta uma melhor digestibilidade, devido ao aumento da área superficial em relação ao volume, após a cocção. Os grânulos de amido das raízes e tubérculos são volumosos e elipsoidais, em geral são menos densos e mais fáceis de cozinhar (GALLANT et al., 1992).

Os resultados obtidos nas análises de forma e tamanho de grânulos de amido de semente de jaca variedade mole e dura, através da microscopia óptica, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Forma e tamanho de grânulos de amido de semente de jaca.

Amido	Formas	Diâmetro menor (µm)		Diâmetro maior (µm)	
Semente jaca mole	Arredondada Forma de sino	9,02	± 1,85	9,48	± 1,68
Semente jaca dura	Arredondada Forma de sino	10,12	± 1,43	10,61	± 1,44

*Os valores representam à média de duzentas medidas.

As análises da forma e tamanho dos grânulos de amido de semente de jaca mostraram grânulos com diâmetros maiores na faixa de 6-11 µm para variedade mole e para variedade dura observou-se grânulos com diâmetros maiores compreendido entre 6-13 µm.

Bobbio et al. (1978) quando estudaram o isolamento, caracterização física e as propriedades químicas do amido de jaca cita as formas dos grânulos como arredondadas ou em forma de sino que variam em tamanho 7-11 µm resultados concordantes com os observados neste estudo.

Tongdang (2008) estudando algumas propriedades do amido extraído de três sementes de frutas produzidas na Tailândia encontrou os seguintes resultados: Amidos de sementes de

Durian (*Durio Zibethinus L./ Murr*) apresentaram formatos poligonais semelhantes a grânulos de amido de arroz com tamanho médios de 4,43 Amidos de Chempedak (*Artocarpus interger*) e sementes de jaca (*Artocarpus heterophyllus L.*) apresentaram formatos semelhantes semi-oval ou em forma de sino, mas diferiam em seu tamanho. Sementes de Chempedak mostrou grânulos médios de 6,47 μm já em sementes de jaca observou grânulos com tamanhos médios de 7,75 μm .

O tamanho dos grânulos e a sua distribuição estão entre os fatores que influenciam as propriedades funcionais dos amidos (poder de inchamento e viscosidade), além disto, é um importante parâmetro para definir as etapas do processo de extração deste polissacarídeo (MAT-SUGUMA, 2006).

Hoover (2001) relata que a facilidade da extração está relacionada, além de outros fatores, com o tamanho e a densidade do grânulo, pois quanto menor o grânulo mais demorado e difícil será sua decantação.

Leonel (2007), analisando forma e tamanho de grânulos de amido de diferentes tuberosas amiláceas em microscopia eletrônica de varredura, observou diferenças significativas quanto ao tamanho, sendo o maior tamanho (diâmetro maior médio) observado nos amidos de biri (59,61 μm .) e o menor nos grânulos de amido de taioba (12,87 μm .). Os grânulos de amido ahipa, batata-doce e mandioquinha-salsa apresentaram as mesmas formas e não ocorreu diferença significativa entre estes para as análises de tamanho. Segundo este autor o tamanho e a forma de grânulos de amido estão entre os fatores de importância na determinação de sua aplicação industrial. Por exemplo, grânulos pequenos (2,0 μm .) podem ser usados como substitutos de gordura devido ao tamanho ser semelhante ao dos lipídeos. Outras aplicações, nas quais o tamanho dos grânulos é importante, é a produção de filmes plásticos biodegradáveis e de papéis para fax.

5.4.2 Difração de Raios-X

Os grânulos de amido por serem parcialmente cristalinos, proporcionam padrões específicos de difração de raio-X, que variam de acordo com a fonte vegetal. O padrão A é característico de cereais, o padrão B de tubérculos, de frutas, de milho com alto teor de amilose e dos amidos retrogradados e o padrão C, é considerado uma mistura dos padrões A e B e é característico de amidos de leguminosas (BELLO-PEREZ et al., 2006; CEREDA et al., 2003; BILLADERIS, 1992).

O difratograma dos grânulos de amido de semente de jaca variedade mole e dura pode ser observado pela figura7.

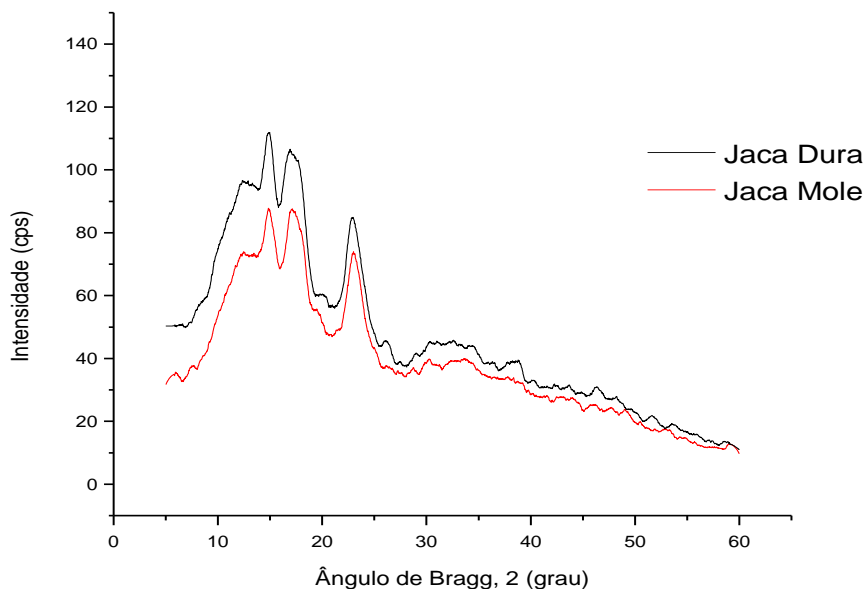


Figura 7: Difratograma de Raios-X de amido de semente de jaca variedade mole dura

De acordo com a Figura 7 verificou-se que para o amido de semente de jaca mole os picos de maior intensidade apareceram em 2θ igual a 15,1; 17,18 e 23,64 graus. Já para a variedade dura foi em 15,0; 17,0 e 23,0 graus, os dados citados estão coerentes com a literatura. De acordo com Zobel, (1964), os amidos do tipo A apresentam sinais fortes em 2θ iguais a 15,3; 17,1; 18,2 e 23,5 graus, enquanto que para amidos do tipo B, as bandas fortes aparecem em 5,6; 14,4; 17,2; 22,2e 24 graus e para aqueles do tipo C, os sinais são mais fortes em 2θ iguais a 5,6; 15,3; 17,3 e 23,5 graus. Os resultados no presente estudo configuram os amidos de semente de jaca como sendo do tipo A. Tulyathan et al. (2002) estudando as propriedades físico-químicas da semente, farinha e fécula de jaca reportaram que o amido de semente de jaca apresentou ausência de pico no ângulo 2θ igual a 5 graus sendo característico do amido do tipo A apresentando, portanto um padrão de cristalinidade do tipo A.

Dutta et al (2011) estudando efeito da concentração do ácido e tempos de tratamento nas propriedades do amido de semente de jaca observaram um padrão de cristalinidade para amido nativo como sendo do tipo A, resultado semelhante encontrado no presente estudo.

5.5 Propriedades Funcionais

5.5.1 Poder de Intumescimento e Solubilidade

A determinação do poder de intumescimento e solubilidade é realizada em temperaturas elevadas, promovendo a quebra de pontes de hidrogênio. As moléculas de água fixam-se deixando livres grupos hidroxila e os grânulos continuam a intumescer, resultando no aumento da solubilidade do amido (LIMBERGER et al., 2008).

Quando o amido é aquecido em excesso de água, o grânulo de amido intumescer e seu volume aumenta. A magnitude desse intumescimento é função da fonte de amido e da temperatura utilizada (SASAKI; MATSUKI, 1998).

Os valores de poder de intumescimento e solubilidade nas temperaturas de 55, 65, 75, 85 e 95° C dos amidos de semente de jaca variedade mole e dura, estão representados nas figuras 8 e 9, construídas a partir de dados contidos nos Apêndices A e B, respectivamente.

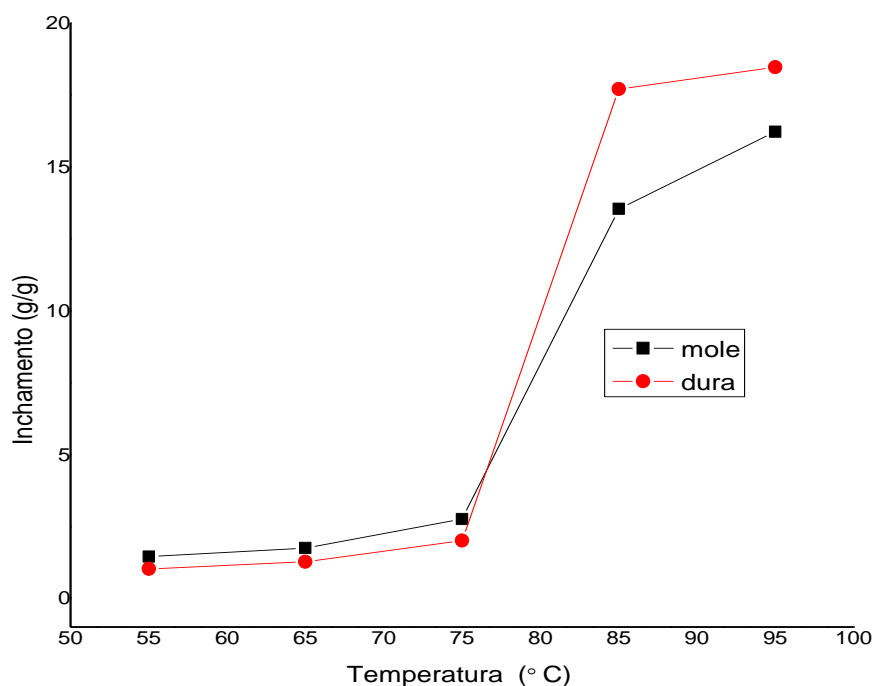


Figura 8: Poder de Intumescimento (g/g) dos amidos de semente de jaca mole e dura.

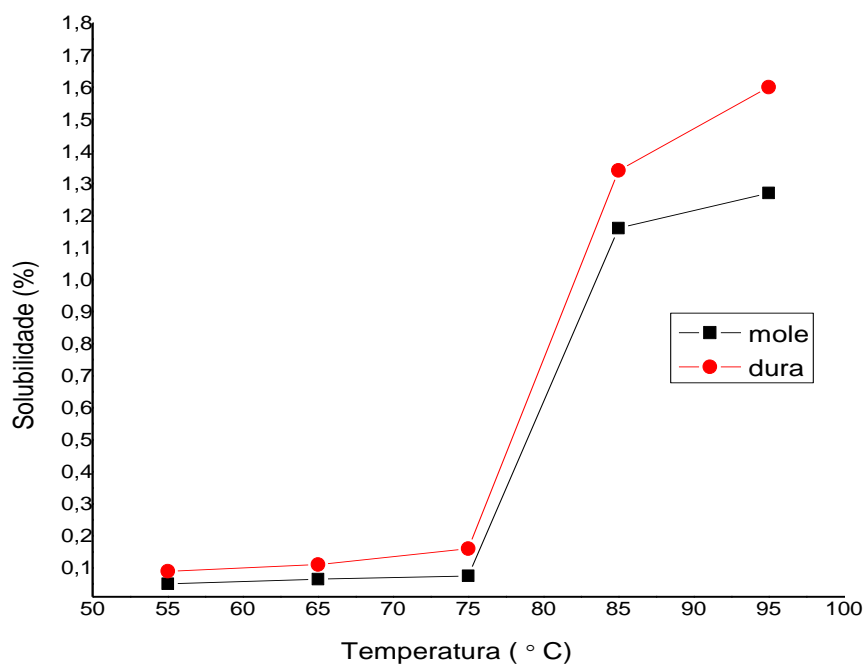


Figura 9: Solubilidade (%) dos amidos de semente de jaca mole e dura.

Através das figuras 8 e 9, pode-se observar que o poder de intumescimento (PI) e o índice de solubilidade (IS) aumentaram de acordo com o aumento da temperatura para as duas variedades de amido de semente de jaca. O amido das variedades estudadas não mostrou grande variação no PI e IS até 75°C, porém acima dessa temperatura este aumento foi significativo, ou seja, em temperaturas acima da temperatura de gelatinização. Nesta temperatura, observa-se inclinação mais acentuada da curva do poder de intumescimento, sugerindo o início da formação de pasta. Estes resultados estão de acordo com Tongdang (2008) que observou o mesmo perfil em amidos de sementes de frutas (Jaca e Chempedak). Silva e Silva (2005) e Peroni et al. (2006), também observaram o mesmo perfil em amido de banana-nanica e amidos de tubérculos de diferentes fontes vegetais, respectivamente. Ascheri et al. (2010) observaram o mesmo comportamento quando estudaram amido de lírio do brejo. O aumento da temperatura provoca rompimento de ligações intermoleculares (interações de hidrogênio) e a abertura das cadeias permite a entrada de moléculas de água (AGUNBIADE; LONG, 1999).

De acordo com Hashim et al. (1992), durante a faixa de temperatura de gelatinização, o grânulo de amido tem um limitado intumescimento onde somente uma quantidade de carboidratos é solubilizada, mas à medida que a temperatura aumenta, acima da temperatura de gelatinização, existe um aumento do poder de intumescimento.

O resultado observado para o poder de intumescimento a 85°C foi de 13,54 para o amido de semente de jaca mole e 17,70 para o amido de semente de jaca dura, os valores encontrados foram superiores aos observados por Mukprasit e Sajjaanantakul (2004) (10,54) e Oliveira et al. (2009) (8,62), quando estudaram as propriedades físico-químicas da farinha e fécula de semente de jaqueira e o amido de grão de bico, respectivamente. Peroni (2003) estudou várias fontes de amido, encontrou os mais baixos valores de PI para amido de gengibre (9,06) e os maiores valores para mandioca (78,33).

O intumescimento do grânulo ocorre simultaneamente com a perda de birrefringência e precede a solubilização. O PI geralmente é influenciado pela força de ligação entre as moléculas e pela estrutura molecular da amilopectina. Baixo PI pode ser atribuído à presença de vários cristais formados pela associação de longas cadeias de amilopectina. Maior cristalinidade implica em maior estabilidade granular o que conseqüentemente reduz a capacidade de intumescimento do grânulo (SINGH, SANDHU e KAUR, 2004). Amidos ricos em amilose mostram intumescimento e solubilidade restritos, mesmo após período prolongado de aquecimento (CEREDA et al., 2002).

Os valores encontrados por Chavan et al. (1999) para amido nativo de ervilha (*Lathyrus maritimus* L.) foram 7,33; 8,55; 16,73; 19,61; 30,72 nas temperaturas de 50, 60, 70, 85 e 95° C e Muccillo (2009) estudando amido de pinhão nativo (*Araucaria brasiliense*), obteve 1,91; 3,84 e 11,08 nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. Mesmo a uma menor temperatura estes valores foram superiores ao encontrado no presente estudo.

A solubilidade dos amidos se deve em grande parte a solubilização da amilose que é lixiviada do grânulo do amido. O aumento da solubilidade com a gelatinização é base para a confecção de alimentos amiláceos pré-preparados. Após cocção, algumas farinhas de cereais são secas, e vendidas como farinhas pré-gelatinizadas. Estas farinhas, devido a gelatinização prévia são parcialmente solúveis em água fria facilitando o preparo de certos alimentos, como por exemplo, pudins, purê de batata pré-preparado, polenta, cuscuz (CIACCO et al., 1982).

5.5.2 Capacidade de absorção de água e óleo

Os valores da capacidade de absorção de água e óleo do amido de semente de jaca variedade mole e dura encontram-se na tabela 5.

Tabela 5: Capacidade de absorção de água (CAA) e de óleo (CAO) dos amidos de semente de jaca mole e de jaca dura.

Amostras	CAA (gH ₂ O. 100g ⁻¹ amido)	CAO (gH ₂ O. 100g ⁻¹ amido)
Jaca mole	123,18 ^a ± 0,83	99,58 ^a ± 0,37
Jaca dura	77,36 ^b ± 0,24	73,15 ^b ± 0,12

*Cada valor representa a média e o desvio padrão de três determinações.

O amido de semente de jaca mole teve uma absorção de água de 123,18 e 99,58 de absorção de óleo; já os valores da jaca dura foram 77,36 e 73,15, para a capacidade de absorção de água e óleo respectivamente, apresentando resultados menores, por causa da região amorfa nos grânulos de amido, ou seja, redução do número de locais obrigatórios disponíveis para a água e para o óleo no grânulo.

Estes valores indicam uma boa capacidade que o amido de semente de jaca variedade mole e dura tem em se ligar a água e ao óleo. Alta capacidade de absorção de água é uma característica da farinha de trigo, que é empregado para fazer pão (KENT, 1975).

Os resultados obtidos foram inferiores ao reportado por Tulyathan et al. (2002) (205%) estudando a farinha e fécula de sementes de jacas de frutos sem spermoderm marrom. As disparidades observadas podem ser atribuídas ao método utilizado.

A absorção de óleo é uma propriedade importante na indústria alimentícia bem como nas formulações dos alimentos, pois, as gorduras melhoram o sabor, o paladar dos alimentos (KINSELLA, 1976).

5.5.3 Transparência da pasta

A transmitância e opacidade da pasta de amido é um atributo importante de qualidade e varia consideravelmente com a fonte botânica. Elevados teores de amilose no amido resultam em pastas mais opacas enquanto que baixos teores propiciam pastas mais clara (MATSUGUMA, 2006). Após o cozimento da suspensão de amido os grânulos intumescem e perdem a birrefringência, permitindo a passagem de luz, desta forma sendo possível detectar a sua transparência. Entretanto, segundo Stahl et al. (2007) durante a estocagem ocorre a retrogradação que torna as dispersões de amido opacas dando origem a um gel rígido.

A transmitância dos géis de amido de semente de jaca variedade mole e dura e dos géis armazenados durante 8 dias sob refrigeração estão expostos na tabela 6.

Tabela 6: Transmitância do gel dos amidos de semente de jaca variedade mole e dura e o efeito do tempo de estocagem sob refrigeração.

Amido	% Transmitância								
	0 dia	1° dia	2° dia	3° dia	4° dia	5° dia	6° dia	7° dia	8° dia
Jaca mole	5,6±0,92	1.26 ^a ±0,05	0.9 ^a ±0,00	0.83 ^a ±0,05	0.83 ^a ±0,04	0.8 ^a ±0,00	0.8 ^a ±0,00	0.8 ^a ±0,00	0.8 ^a ±0,00
Jaca dura	8,4±1,9	1.3 ^a ±0,00	0.93 ^a ±0,05	0.93 ^a ±0,05	0.9 ^a ±0,00	0.9 ^a ±0,00	0.9 ^a ±0,00	0.9 ^a ±0,00	0.9 ^a ±0,00

*Cada valor representa à média e o desvio padrão de três determinações.

O gel dos amidos de semente de jaca das variedades mole e dura apresentou transmitância baixa com pastas opacas. Esse fato pode ser explicado devido ao alto valor de amilose, que segundo Tulyathan et al. (2002) estudando as propriedades do amido de semente de jaca é de 32,05%. A transparência da pasta obtida foi medida por transmitância (650 nanômetros), sendo quanto menor a percentagem de transmitância mais opaca é a pasta do amido.

Segundo Karam (2003), que trabalhou com amidos nativos de mandioca, milho e cará, a claridade de pasta pode ser explicada não apenas pelo teor de amilose, mas também pelo menor tamanho de suas cadeias, característica que sugere uma maior facilidade de alinhamento das cadeias lineares. A baixa estabilidade e claridade da amilose, em solução, ocorrem pela interação molecular, devido à associação de cadeias lineares através da formação de pontes de hidrogênio.

A avaliação da porcentagem de transmitância dos géis armazenados durante 8 dias sob refrigeração revelou uma redução na transparências das pastas dos amidos das duas variedades estudadas. A tendência à redução da transparência da pasta de amidos armazenados sob refrigeração está relacionada principalmente a sua retrogradação. Geralmente, amidos com maior resistência à retrogradação não reduzem a claridade de suas pastas (STAHL, 2003).

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 a retrogradação apresentam géis opacos e mais

firmes (SILVA et al., 2006 e MATSUGUMA, 2006), o que pode ser comprovado pelos resultados obtidos com o amido estudado. Pastas mais opaca seria ideal na aplicação para confecção de pudins e sobremesas prontas (HOOVER, 2001), o que seria destinado aos amidos nativos de semente de jaca das duas variedades estudadas.

5.5.4 Viscosidade

A viscosidade é uma das propriedades mais importantes dos materiais amiláceos. A curva de viscosidade representa o seu comportamento durante o aquecimento e permite avaliar as características da pasta formada, pelas modificações estruturais das moléculas de amido como também pela tendência a retrogradação durante o resfriamento (LUSTOSA et al., 2009). Leonel et al. (2002) citam que na presença de água e calor, os grânulos de amido expandem-se embebendo água. Com a elevação da temperatura, a temperatura de gelatinização é atingida e uma pasta é formada.

As figuras 10 e 11 apresentam os viscoamilogramas obtidos em RVA (Rápido Visco Analisador) dos amidos de sementes de jaca variedade mole e dura, sendo os valores de temperatura de pasta, viscosidade máxima, viscosidade mínima, viscosidade final, Breakdown(quebra) e setback apresentados na tabela 7.

Tabela7: Propriedade de pasta do amido de semente de jaca variedade mole e dura.

Parâmetros RVA	Amido	
	Semente de jaca mole	Semente de jaca dura
Temperatura de Pasta (° C)	83,15	81,60
Viscosidade Máxima (cP)	1716	2616
Viscosidade Mínima (cP)	1044	1234
Viscosidade Final (cP)	1998	3236
Breakdown ou quebra (cP)	672	1383
Setback (cP)	954	2002
Tempo de Pico (min)	4,87	4,53

Graphical Analysis Results - 20040727

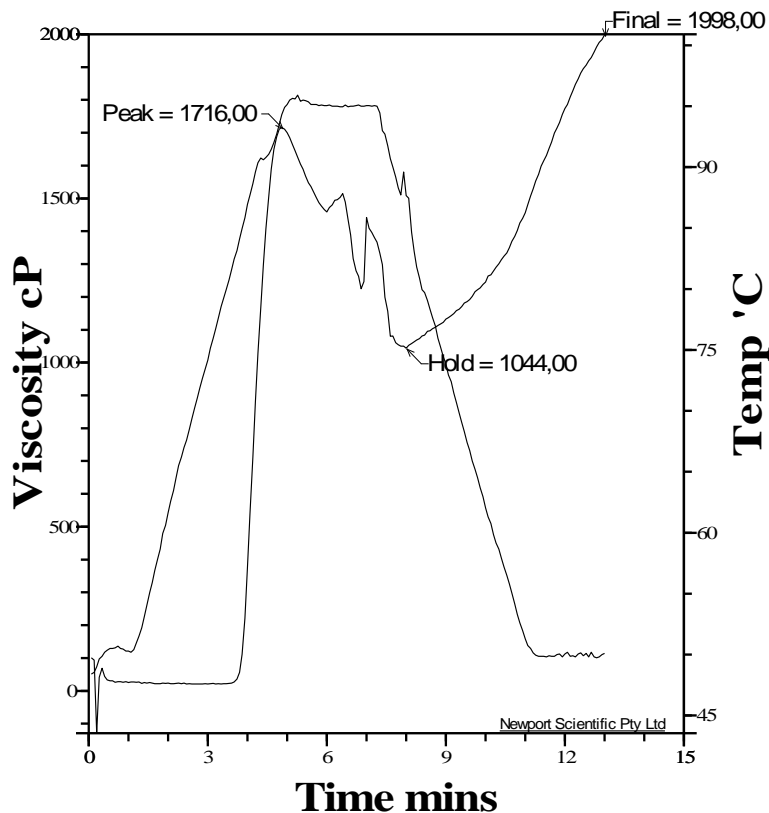


Figura 10: Viscoamilograma do amido de semente de jaca mole

Graphical Analysis Results - 20040727

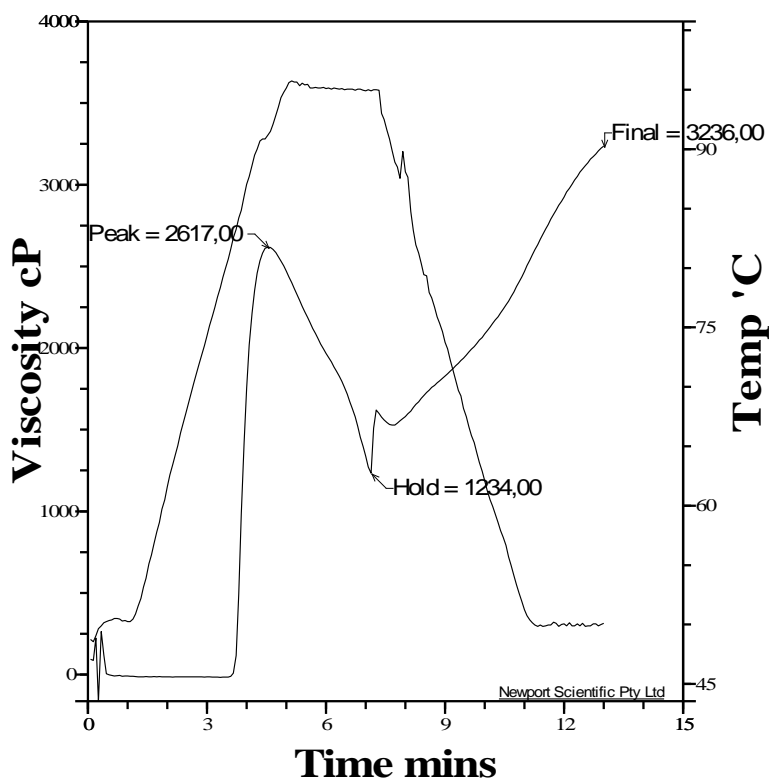


Figura 11: Viscoamilograma do amido de semente de jaca dura

Nas figuras 10 e 11 pode-se observar que o aumento da temperatura leva à gelatinização do amido, o que provoca o aumento da viscosidade, devido ao intumescimento dos grânulos de amido. Nesse ponto polímeros com menor massa molecular, particularmente moléculas de amilose, começam a ser lixiviadas dos grânulos (THOMAS e ATWELL, 1999). A temperatura nas quais os grânulos começam a intumescer é denominada temperatura de pasta, ou seja, temperatura inicial de gelatinização, quando se inicia a curva de viscosidade, que para o amido de semente de jaca mole foi maior (83,15°C) comparado com o amido de semente de jaca dura (81,60°C). Rengsutthi e Charoenrein (2011) estudando amido de semente de jaca encontraram (81,58 °C), resultado próximo ao obtido no presente estudo para o amido de semente de jaca dura.

O pico de viscosidade é obtido durante o empastamento, quando os grânulos, em sua maioria, estão totalmente intumescidos, havendo também a presença de alguns grânulos intactos (THOMAS E ATWELL, 2007). A viscosidade máxima alcançada para o amido de semente de jaca dura foi maior (2616 cP) com relação a obtida para o amido de semente de jaca mole (1716 cP). EL-SAIED et al. (1997) constataram que o conteúdo de proteína é negativamente correlacionado com a viscosidade máxima. A proteína pode atuar como uma barreira física para o intumescimento do amido, no entanto, como o amido de semente de jaca mole apresentou um teor de proteína mais alto comparado ao da variedade dura podemos então justificar a baixa viscosidade de pico observada na variedade mole.

A viscosidade da pasta é importante na avaliação da qualidade do amido, uma vez que a fluidez pode interferir nos equipamentos a serem utilizados e dimensionados em uma linha de produção, até no produto a ser fabricado (BELLO PEREZ et al, 2006).

Durante a fase de temperatura constante (95°C) sob agitação, os grânulos começam a se dissociar e a solubilização das moléculas de amilose continua gerando uma diminuição da viscosidade observada nas figuras 10 e 11. A diferença entre as viscosidades máxima e mínima é denominada “Breakdown” (quebra) que representa a resistência do amido a agitação mecânica, onde é possível avaliar a estabilidade do amido em altas temperaturas, cujos grânulos se rompem sob agitação mecânica (THOMAS e ATWELL, 1999). No amido da variedade mole foi detectado o menor valor de quebra (672cP), logo este amido pode ser considerado mais resistente à agitação mecânica à quente, apresentando quebra reduzida quando comparada ao amido da variedade dura (1383cP).

Muccilo (2009) estudando amido nativo de pinhão e milho encontrou quebra de viscosidade para o amido de pinhão (2275cP) e o de milho (1881cP) resultados superiores relatados no presente estudo.

A viscosidade final do amido em estudo foi (1998 cP- variedade mole e 3236 cP- variedade dura) considerada baixa quando comparada ao amido nativo de pinhão(5072,5cP) e amido nativo de milho(4534,5 cP) segundo Muccillo(2009). Tongdang(2008) quando estudou as propriedades funcionais dos amidos extraídos de sementes de frutas encontrou os seguintes resultados para viscosidade final: Chempedak(4088,19 cP), Jackfruit(3853,11 cP), Durian(4114,76 cP) e Mung bean(4232,05 cP). Logo um produto elaborado com o amido do presente estudo será um produto menos viscoso comparado com os demais amidos citados acima.

Não se pode descartar um amido ou fécula por sua característica viscosidade de pasta, pois de acordo com o tipo de alimento uma viscosidade maior ou menor pode ser desejável. Uma sopa pronta, por exemplo, não deve apresentar viscosidade final muito elevada, o que causaria uma sensação desagradável. Mas para o recheio de tortas, uma maior viscosidade evitaria o transbordamento no transporte. Deve ser considerado também que o processamento industrial reduz a viscosidade e, portanto, essa queda deve ser considerada no cálculo da viscosidade desejada para o produto final. Outras características serão sempre desejáveis, tais como estabilidade a altas temperaturas sob acidez e estabilidade à ação mecânica, o que favorece o uso como ingrediente em diversos alimentos (DAIUTO, 2005).

A retrogradação é basicamente um processo de cristalização das moléculas de amido que ocorre pela forte tendência de formação de interações de hidrogênio entre moléculas adjacentes. A associação das moléculas do amido propicia o desenvolvimento de uma rede tridimensional mantida coesa pelas áreas cristalinas. Esta rede é formada por grânulos de amido parcialmente intumescidos e componentes do amido em solução. A formação desta rede durante o resfriamento resulta no aparecimento de gel (HOOVER, 2001). Baixas tendências a retrogradação indicam severidade dos tratamentos, com degradação dos polímeros, rompimento das estruturas moleculares e redução da capacidade de recristalização dos mesmos (LEONEL; CEREDA; SARMENTO, 2002). Durante o resfriamento da pasta de amido, o aumento de viscosidade observado é governado pela tendência a retrogradação.

O setback(tendência a retrogradação) para o amido de semente de jaca mole foi significativamente menor(954 cP) comparado com o amido de semente de jaca dura(2002 cP). Muccillo(2009) estudando amido nativo de pinhão encontrou uma tendência a retrogradação(2275 cP) superior ao reportado no presente estudo.

Yuan et al. (2007) relatou que maiores valores de setback são encontrados em amidos cujos grânulos possuem maior diâmetro, devido a maior fragilidade encontrada em grânulos maiores, o que concorda com o resultado observado na análise de determinação do tamanho dos grânulos que aponta menores valores para o diâmetro de semente de jaca mole (6-13 μm).

As propriedades de pasta do amido podem ser afetadas por vários fatores, tais como a quantidade de amostra utilizada para a medição, as fontes botânicas, teor de amilose e comprimento da cadeia da amilopectina. Esta propriedade pode também estar relacionada com a força de associação entre as moléculas de amido e seu tamanho molecular (SU et al.1998; TESTER E MORRISON, 1990).

5.6 Propriedades Térmicas

5.6.1 Gelatinização por Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

A Figura 12 apresenta as curvas de DSC obtidas pela análise de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), para os amido de semente de jaca mole e dura, cujos parâmetros, temperatura inicial de gelatinização(T_o), temperatura de pico endotérmico(T_p), temperatura de conclusão da gelatinização(T_f), faixa de gelatinização($T_f - T_o$) e entalpia de gelatinização(ΔH_{gel}) são apresentados na tabela 8.

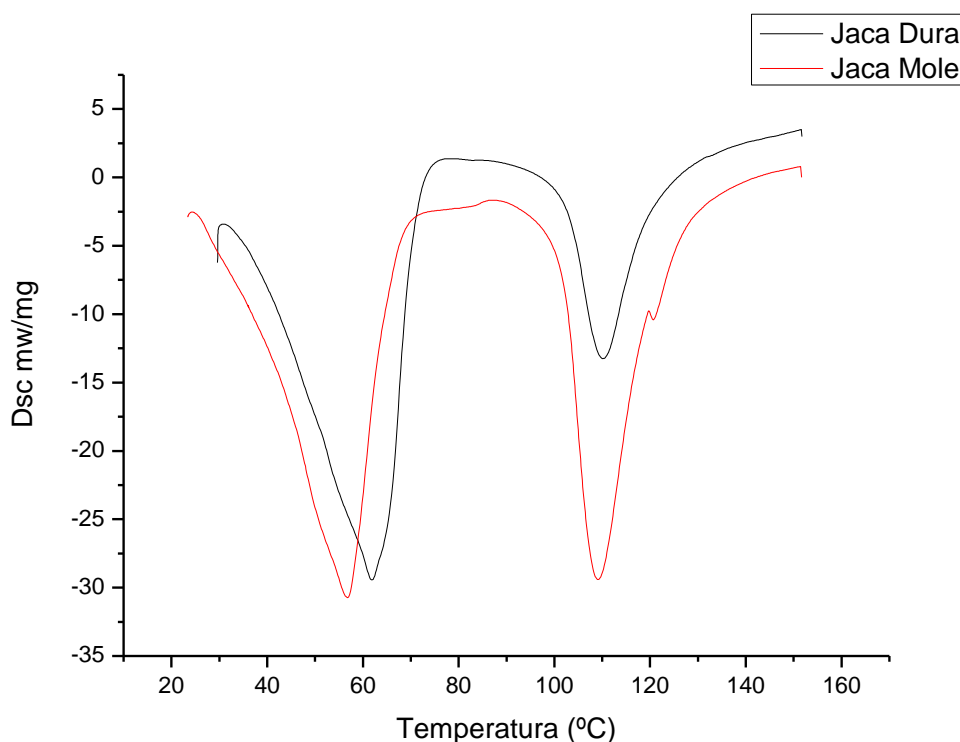


Figura 12: Curvas DSC dos amidos de semente de jaca variedade mole e dura.

Tabela 8: Temperaturas associadas a gelatinização dos amidos de semente de jaca mole e dura.

Temperaturas					
Amostras	T ₀ (° C)	T _p (° C)	T _f (° C)	T _f - T ₀ (° C)	ΔH _{gel} (j.g ⁻¹)
Jaca mole	36,0	56,0	65,0	29,0	462,84
Jaca dura	40,0	61,0	70,0	30,0	480,05

T₀ = temperatura inicial; T_p = temperatura de pico; T_f = temperatura final; ΔH_{gel}= entalpia de gelatinização

Através das figuras e da tabela, pode-se observar que a temperatura de pico endotérmico do amido de semente de jaca variedade mole foi menor (56,0°C) comparado com o encontrado para variedade dura (61,0°C). Mukprasit e Sajjanantakul(2004) reportaram um valor de temperatura de pico para o amido de semente de jaca(66,84°C) próximo ao encontrado no presente estudo.

De acordo com Franco et. al., (2002) os parâmetros térmicos são influenciados pelas forças de ligação no grânulo, a qual variam de acordo com a espécie. Estas forças, segundos os mesmos autores estão relacionados com a composição do grânulo (razão amilose/amilopectina, conteúdo de fósforo, lipídios, enzimas e proteínas presentes), estrutura molecular da amilopectina (razões entre as regiões cristalinas e amorfas), morfologia do grânulo e distribuição de tamanhos dos grânulos de amido.

Comparando-se as temperaturas iniciais de gelatinização(T₀), obtidas do DSC, com as temperaturas de pasta do RVA, observa-se que as temperaturas iniciais de formação de pasta dos amidos do presente estudo apresentaram valores menores, em relação à temperatura de pasta. A mesma observação foi feita por Peroni(2003), para amidos de mandioca e outras espécies vegetais, que apresentaram temperaturas de pasta maiores do que as obtidas pelo DSC. De acordo com Perez et al. (1998), a temperatura de pasta obtida pelo RVA apresenta-se mais elevada, devido à menor sensibilidade em detectar os primeiros acréscimos na viscosidade de pasta dos amidos, diferentemente da temperatura inicial de gelatinização, que é detectada quando os primeiros grânulos começam a se desorganizar. Os valores do DSC são mais precisos, enquanto os do RVA apresentam uma faixa de temperatura.

Nas Curvas DSC dos amidos das variedades mole e dura observam-se dois picos, o primeiro referente a gelatinização o qual foi analisado para a obtenção dos dados e o segundo

está relacionado a gelatinização da amilose complexada com lipídeo existente no amido e a evaporação de líquidos.

Bicudo (2008) estudando amidos nativos de sementes de árvores de castanha européia (*Castanea sativa*, Mill) e pinhão (*Araucaria angustifolia*, Bertolini) determinou valores de 5,8° C; 66,7° C e 15 j g⁻¹ para castanha européia e 46,1° C; 50,8° C e 2,4 j g⁻¹ para pinhão referente à T_o, T_p e ΔH respectivamente.

Silva et al (2001) estudando o comportamento térmico do amido do pó da algaroba (*Prosopis juliflora* Sw D.C) obtiveram valores de temperatura inicial de 60,76 e 54° C e entalpias de 357,58 e 487,2 j g⁻¹ para pó e farelo respectivamente

As variações de energia de gelatinização podem ser explicadas pelas diferenças entre as forças de ligações da dupla hélice que formam os cristais da amilopectina, resultando em alinhamento diferentes das ligações de hidrogênio, no interior das moléculas de amido (Mc PHERSON e JANE, 1999).

Observa-se que os ΔH freqüentemente encontram-se com valores diferentes, apesar das temperaturas de gelatinização encontradas serem muito próximas. Existem muitas explicações que justifiquem estes dados, mas, segundo Yu e Christie (2001) podemos citar o preparo das amostras (massa inicial e tempo de equilíbrio com água), tipo de cadinho utilizado e condições do experimento (razão de aquecimento).

6. CONCLUSÕES

No presente trabalho foi realizado estudos sobre a caracterização, propriedades funcionais e térmicas do amido de semente de jaca das variedades mole e dura permitindo concluir que:

- A análise da composição centesimal mostrou que a semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus L.*) das duas variedades estudadas apresenta grande potencial para uso como matéria-prima amilácea, tendo em vista uma grande quantidade de amido.
- O alto teor de amido extraído da semente indica uma elevada pureza no processo de extração.
- Os grânulos de amido de semente de jaca das variedades mole e dura apresentam estrutura cristalina do tipo A, semelhantes a cereais com formato arredondado, na forma de sino e alguns irregulares, com diâmetros na faixa de 6-11 μm para jaca mole e 6-13 μm para jaca dura.
- O poder de inchamento e solubilidade dos grânulos de amido foi aumentando aos poucos conforme o aumento de temperatura, apresentando assim baixa temperatura de formação de gel podendo ser aplicado em sopas desidratadas.
- Alta capacidade de absorção de água e de óleo foi verificada no amido estudado proporcionado a sua utilização na panificação e no processamento de alguns produtos cárneos, como por exemplo, nas formulações da carne moída.
- As pastas de amido mostraram-se opacas, tornando possível o seu uso em confecções de pudins e sobremesas prontas.
- O amido de semente de jaca variedade dura apresentou menos resistência à agitação mecânica à quente (maior quebra) e maior tendência a retrogradação. O amido das duas variedades estudadas poderá ser aplicado na indústria de balas e caramelos, por apresentar baixa viscosidade.

7. REFERÊNCIAS

- ANNISON, G.; TOPPING, D. L. Nutritional role of resistant starch: chemical, structure vs physiological function. **Annual Review Nutrition** , v.14, p.297-320.1994.
- ATWELL, W.A.; HOOD, L.F.; LINEBACK, D.R. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. **Cereal Food World**, v.33, n.3, p. 306-311, 1998.
- ASCHERI, D.P.R.; MOURA, W.S.; ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W.P. Caracterização física e físico-química de rizomas e amido do lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*). **Pesq. Agropec. Trop.**, v.40, n.2, p 159-166, abr/jun. 2010.
- 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 Science Food Agriculture**, v.59, p.53-58, 1992.
- BARROS, R.B. **Obtenção de amido e seus derivados**. Refinações de Milho Brasil Ltda. 35 p., 1984.
- BENINCA, C. **Emprego de Técnicas Termoanalíticas na análise de amidos nativos e quimicamente modificados de diferentes fontes botânicas**. 2008.75f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Ponta Grossa- Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- BEMILLER, J.N. Starch modification: challenges and prospects. **Starch/Starke**, v.49, n.4, p.127-131, 1997.
- BELLO-PEREZ, L. A.; GARCIA-SUAREZ, F. J.; MENDEZ-MONTEALVO, G.; NASCOMENTO, J. R. O.; LAJOLO, F.M.; CORNENUNSI, B. R. Isolation and Characterization of Starch from Seeds of *Araucaria brasiliensis*: A novel Starch for application in food industry. **Starch/Starke**, v. 58, p. 283-291, 2006.
- BICUDO, S. C. W. **Caracterização de amidos nativos de diferentes fontes botânicas através de técnicas termoanalíticas e teor de amilose**. 2008.115f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Ponta Grossa- Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- BILIADERIS, C. G. Structures and phase transitions of starch with food. **Food Technology**, Chicago, v.46, n. 6, p.98-109, Jun. 1992.
- BLENNOW, A. et al. The distribution of covalently bound phosphate in the starch granule in relation to starch crystallinity. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.27, n. 3, p.211-218, Jun. 2000.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, P. O. – **Introdução à Química de Alimentos**, 2ª ed. – São Paulo, Varela, 1989.
- BOBBIO, F. O.; EL-DASH, A. A.; RODRIGUES, L. R. Isolation and characterization of the physicochemical properties of the starch of jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus*). **Cereal Chemistry**, v.55, p 505-511, 1978.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Decreto nº 12.484 de 20 de outubro de 1978. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, 21 out. 1987.p.20. Normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas.

BULÈON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALLS, S. Starch granules: structure and biosynthesis. **Internacional Biomacromolecules**,v. 23, p. 85-112, 1998.

BUTARELO, S. S.; BELEIA, A.; FONSECA, I. C. B.; ITO, K. C. Hidratação e gelatinização do amido de mandioca. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 3, p. 311-315, 2004.

CAMPBELL, M. R. et al. Variation of starch granule size in tropical maize germ plasm. **Cereal Chemistry**, v. 73, n. 5, p. 536-538, 1996.

CHAVAN, U. D.; SHAHIDI, F.; HOOVER, R.; PERERA, Characterization of beach pea (*Lathyrus marítimus L.*) starch, **Food Chemistry** nº 65, p. 61 -70,1999.

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

CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1992. v.1.

CIACCO, C.F. et al. – Fabricação de amido e sua utilização. São Paulo: Secretária de Indústria e Comércio, **Ciência e Tecnologia**, 1982 (Tecnologia Agroindustrial, 7).

COOKE, R. D.; COCK, J.H.Cassava crops up again. **New Scientist**, 122, p.6368,1989.

CRAIG, S.A.S.; MANINGAT, C.C.; SEIB, P.A.; HOSENEY R.C. Starch Paste Clarity. **Cereal Chemistry**, v. 66, n. 3, p. 173-182, 1989.

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

DAIUTO, E. R. et al – Extração de amido de inhame (*Dioscorea alata*), In: SIMPOSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO CARA, 2, 2002, João Pessoa. Anais. Secretaria de Agricultura, Irrigação, Pecuária e Abastecimento, Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Paraíba, 2002.

DANIEL, A. P.; BOCHI, V. C.; STEFFENS, C.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T. Fracionamento a seco da farinha de aveia e modificação química da fração rica em amido. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 936-943, 2006

DUTTA, H.; PAUL,S.K.;KALITA,D.; MAHANTA,C. L. Effect of acid concentration and treatment time on acid–alcohol modified jackfruit seed starch properties. **Food Chemistry**, v.03, n 16, 2011.

ELFSTRAND, L.; FRIGARD, T.; ANDERSSON, R.; ELIASSON, A.C.; JONSSON, M.; RESLOW, M.; WAHLGREEN, M. Recrystallisation behaviour of native and processed waxy maize starch in relation to the molecular characteristics. **Carbohydrate polymers**, n.57, p.389-400, 2004

EL-SAIED, H. M.; AHMED, E. A.; ROUSHDI, M.; EL-ATTAR, W. Gelatinization, pasting characteristics and cooking behaviour of Egyptian rice varieties in relation to amylose and protein contents. **Starch/Stärke**, New York, v. 31, n. 8, p. 270-274, 1979.

FRANCO, G. **Tabela da composição química dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 307p, 1997.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I.M.; CARVALHO, L.J.C.; LEONEL, M.; CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F.; SARMENTO, S.B. S. **Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002.

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. **Propriedades gerais do amido**. Campinas: Fundacao Cargill, 2001. 224 p.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VIOPOUX, O.; SARMENTO, S. B. S. – Estruturas dos grânulos de amido Propriedades gerais do amido. In: CEREDA, M. P. – Caracterização das matérias - primas. São Paulo: Fundação Cargill,, 2001, v 1 Cap. 5 p. 88-100(Série Culturas de Tuberosas Latino Americanas).

GALLANT, D. J.; BOUCHET, B.; BALDWIN, M. Microscopy of starch: evidence of a new level of granule organization. **Carbohydrate Polymers**, v. 32, n. 3 - 4, p. 177- 191, Mar./ Apr. 1997.

GALLANT, D.J. BOUCHET, B.; BULEON, A.; PERITEZ, S. Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, n.2, p 3-165, 1992.

GALLIARD, T.; BOWLER, P. Morphology and composition of starch. In: GALLIARD, T. (Ed.) Starch: properties and potential. Society of Chemical Industry/John Wiley & Sons, 1987. p.55-78. (Critical reports on applied chemistry, 13).

GARCIA, V.; COLONNA, P.; LOURDIN, D.; BULEON, A.; BIZOT, H.; OLLIVON, M. (1996). Thermal transitions of cassava at intermediate water contents. *Journal of Thermal Analysis*, 47, 1213-1228.

GIRALDO-ZUÑIGA, A.D.; ARÉVALO-PINEDO, A.; RODRIGUES, R. M.; LIMA, C.S.S.; FEITOSA, A.C. **The air drying behavior of osmotically dehydrated for jackfruit (*Artocarpus Integrifolia*) slices**. Drying 2004 – Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004).São Paulo, Brazil, 22-25 August 2004, vol. C, p. 2120-2126.

GERÁRD, C.; BARRON, C.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V. Amylose determination in genetically modified starches. **Carbohydrate polymers**, v.44, n.1, p.19-27, 2001.

HASHIM, D.B. The effect of low levels of antioxidants on the swelling and solubility of cassava starch. **Starch/ Starke**, v.44,n.3, p471-475, 1992.

HERNÁNDEZ-MEDINA, M. et al. Caracterización físico química de almidones de tubérculos cultivados em Yucatán, México. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 718-726, 2008.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. **Carbohydrates Polymers**, v.45, p. 253 -267, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 3º ed., São Paulo, 1985. v. 1.

JACQUES, K.; LYONS, T.P.; KELSALL, D.R. **The alcohol textbook**. 3. ed. Nottingham: Nottingham Press, 1999. 386p

JANE, J.; KASEMSUWANT, T.; LEAS, S.; IA, A.; ZOBEL, H.; ROBYT, J.F. Anthology of starch granule morphology by scanning electron microscopy, **Starch/ Stark**, 46, 322- 345, 1994.

JAROWENKO, W. Starch Based Adhesives. **Handbook of Adhesives**. New York, Van Nostrand Reinhold Co, Ed.2, p. 192-211, 1997.

JAYAKODY, L.; HOOVER, R. The effect of lintnerization on cereal starch granules. **Food Research International**, v. 35, n. 7, p. 665-680, 2002.

JINDAL, A. R.; GRANDISON, A. S. – Functional properties of chana whey powders, **International journal of Food Science and technology**, 1994, 47p.

JOBLING, S. Improving starch for food and industrial applications. **Current Opinion in Plant Biology**. v.7, n.2, 210-218, 2004.

KARAM, L.B. **Propriedades funcionais de multi-misturas de amidos de milho, mandioca e cará e sua relação com as características físicas e moleculares**. 2003,133f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos), Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

KIM, Y.S.; WIESENBERN, D. P.; ORR, P. H.; GRANT, L. Screening potato starch for novel properties using differential scanning calorimetry. **Journal of food science**, v. 60, n.5, p.1060-1065, 1995.

KINSELLA J.E. Functional properties of protein foods. **Critical. Food. Science and Nutrition**, v.3 1, p 219- 229, 1976.

KINSELLA, J. E. – Milk protein physiochemical and functional properties. **Critical Food Science and Nutrition**, v. 21, n 3, p 197-203, 1984

KUAKPEOON, D.; WANG, Y.J. Characterization of different starches oxidized by hypochlorite. **Starch/ Starke**, 53, 211-218, 2001.

LAWAL, O.S.; ADEBOWALE, K.O. Physicochemical characteristics and thermal properties of chemically modified jack bean (*Canavalia ensiformes*) starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 60, n.3, p. 331-341, 2005.

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.; SARMENTO S. B. S.; CEREDA, M.P.; CAMARA, F. L. A. Extração e Caracterização de amido de Jacatupe(*Pachyrhizus ahipa*). **Ciência Tecnologia Alimentaria** Campinas, v.23, p 362- 365 set- dez, 2003.

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

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, jul-dez, 2004.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Processamento de araruta (*Maranta arundinacea*) para extração e caracterização da fração amilácea. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 5, n. 93, p. 151-155, 2002.

LIMBERGER, V. M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T.; COMARELA, C. G.; PATIAS, L. D. Modificação química e física do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 84-88, 2008.

LINDEBOOM, N.; CHANG, P. R.; TYLER, R. T. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 56, n. 1, 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, p.219-226, abril/Jun., 2003.

LOOS, P.J; Hood, L.F ; Graham, H.D. Isolation and Characterization of Starch from Breadfruit. **Cereal Chemistry**; 54, 282-286, 1981.

LUSTOSA, B.H.B. LEONEL, M. LEITE, T.D.; FRANCO, C.M.L.; MISCHAN, M.M. 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.

MARCON, M. J. A.; AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R.(2007) Propriedades Químicas e Tecnológicas do amido de Mandioca e do Polvilho Azedo. Florianópolis: UFSC, 101p.

MATSUGUMA, L.S. **Caracterização do amido de mandioca salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação**. 2006, 100f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

MAZURS, E. G.; SCHOCH, T. J.; KITE, F. E.. Graphical analysis of the Branbender viscosity curves of various starches. **Cereal Chemistry**, v. 34, n. 3, p. 141-152, 1959.

MELO G. L.; VIEIRA, G.; ARAÚJO, A.; SOUZA, I V. LACERDA, T. **Caracterização das propriedades físicas e físico-químicas da jaca in natura e desidratada**. XII Seminário de Iniciação Científica da UESC Ciências Agrárias, Anais, p. 114 - 115 2006.

MESTRES, C. Los estados físicos del almidón. In .: Conferencia Internacional del almidón. Quito. Anais.. Quito, p.2, 1996.

Mc PHERSON, A. E.; JANE, J. Comparison of waxy potato with other root and tuber starches. **Carbohydrates Polymers**, 40, 57-70, 1999.

MITRA, S. K.; MAITY, C. S. A summary of the genetic resources of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* lank.) in westbengal, india. **Acta Horticulturae**, v. 27, n. 575, p. 269-271 2002.

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

MUKPRASIRT, A.; SAJJAANANTAKUL, K. Physico- chemical properties of flour and starch from jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) compared with modified starches. **Internacional Journal of Science and Technology**, v.39, p. 271-276, 2004.

MUNHOZ, M. P., WEBER, F. H., CHANG, Yoon Kil. Influencia de hidrocoloides na textura de gel de amido de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.3, p. 403-406, 2004.

NABESHIMA, E. H.; EL-DASH, A. A. Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz. **Boletim Ceppa**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 107-120, 2004.

Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação (NEPA-UNICAMP). Tabela brasileira de composição de alimentos. 2 ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2006.

OLIVEIRA, T.M.; PIROZI, M. R.; BORGES, J.T. S.; FONTES, M. P. F. Caracterização do amido de grão de bico. **Boletim. Ceppa**, v.27, n.1, p. 27-42, jan/jun, 2009.

OLIVEIRA, A.M.; SOARES, S.K.; HOFFMAN, R. Comparação sensorial e físico-química entre as sementes do pinhão e de jaca. In CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17. 2000, Fortaleza. Resumos: Alimentos para o terceiro milênio. SBCTA, 2000 v.2, ref 5110.

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

PEREDA, J.A.O.; RODRÍGUEZ, M.I.C.; ÁLVAREZ, L.F.; SANZ, M.L.G.; MINGUILLÓN, G.D.G.F.; PERALES, L.H.; CORTECERO, M.D.S. **Carboidratos. Tecnologia de Alimentos – componentes dos alimentos e processos**. v 1. Artmed; 2005. p. 64-80.

PERONI, F.H.G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**. 2003.118f.Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de alimentos) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto.

PERONI, F. H. G.; ROCHA, T. S.; FRANCO, C. M. L. Some structural and physicochemical characteristics of tuber and root starches. **Food Science and Technology International**, New York, v. 12, n. 6, p. 505-513, 2006.

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

RAEKER, M. O.; GAINES, C. S.; FINNEY, P. L.; DONELSON, T. Granule size distribution and chemical composition of starches from 12 soft wheat cultivars. **Cereal chemistry**, v. 75, n. 5, p. 721-728, Sep./ Oct. 1998.

RENGSUTTHI, K.; CHAROENREIN, S. Physics-chemical properties of jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) and its application as a thickener and stabilizer in chilli sauce. **Food Science and Technology**, v.44, p.1309-1313, 2011.

RIBEIRO, E.P., SERAVALLI, E.A.G. **Química de Alimentos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

RICKARD, J.E.; ASAOKA, M.; BLANSHARD, J.M.V. The physicochemical properties of cassava starch. **Tropical Science**, v. 31. p. 189 207, 1991.

REDE BRASILEIRA AGROFLORESTAL. **Jaqueira (*Artocarpus integrifolia*)**. Informativo Agroflorestal, v.3, n.3, p.27-28, 1992.

SARMENTO, S. B. S.; REIS, M. M.; FERREIRA, M. M. C.; CEREDA, M. P.; PENTEADO, M. V. C.; DOS ANJOS, C. B. Análise quimiométrica de propriedades físicas, físico-químicas e funcionais de féculas de mandioca. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.2, p.131-137, 1999.

SASAKI, T.; MATSUKI, J. Effect of Wheat Starch Structure on Swelling Power. **Cereal Chemistry**, v.75, n.4, p.525-529, 1998.

SCHOCH, T.J.; MAYWALD, E. C.–Preparation and properties of various legume starch. **Cereal Chem.** v. 45, n° 6, p. 564 573, 1968.

SCHOCH, T. J; MAYWALD, E. C. Microscopic examination of modified starches. **Analytical Chemistry**, v.28, n.3, p.382-387, 1956.

SILVA, J. H. V.; JORDÃO FILHO, J. RIBEIRO, M. L. G.; SILVA, E. L. Efeitos da inclusão do farelo de sementes de jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) na ração sobre a produção,

pigmentação da gema e umidade fecal em codornas. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 523-530, mar. - abr., 2007.

SILVA, G.O.; TAKIZAWA, F.F.; PEDROSO, R.A.; FRANCO, C.M.L.; LEONEL, M.; SARMENTO, S.B.S.; DEMIATE, I.M. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26 n.1 p. 188-197, 2006.

SILVA, M. H. L; SILVA, C. O. Caracterização parcial de amido de banana-nanica (*Musa sp. AAA Cavendish*). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, n. 303, p. 751-762, 2005.

SILVA, A.S; SOUZA,A.G; CONCEIÇÃO,M.M; ALENCAR,A.L.S; PRASAD,S; CAVALLHEIRO,J.M.O – Estudo Termogravimétrico e Calorimétrico da Algaroba. **Química. Nova**, v. 24, nº 4, p. 460-464, 2001.

SILVA, F. de A.S.; AZEVEDO, C.A.V. de. A new version of The Assistat – Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, 2008. Versão 7.5, Orlando – FL – USA. Anais... Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2008. p. 393 – 396.

SILVEIRA, P.L. **Estudo da elaboração de passas de polpa, aproveitamento dos caroços e resíduos da jaca (*Artocarpus heterophyllus*)**. 2002 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

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

SINGH A., KUMAR, S.; SINGH, I.S. Functional properties of jack fruit seed flour. **Lebensm Will u Technol** v. 24, 373-374, 1991.

SCHNEIDER, E. **A cura e a saúde pelos alimentos**. São Paulo: Casa Publicadora Brasileira, 1986.

SOUZA, T. S.; CHAVES, M. A.; BONOMO, R. C. F.; SOARES, R.D.; PINTO, E. G.; COTA, I. R. Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus integrifolia L.*): aplicação de modelos matemáticos. **Acta Scientiarum. Technology**, v.31, n.2, p.225-230, 2009.

SONI, P.L.SHARMA, H.W. DOBHAL, N.P.;SRIVIVASTAVA,H.C.;GHARIA,M.M.The starch of *Dioscorea ballophytia* and *amorphophalus companulatus*.**Starch/stärke**,v.37,nº1,p.69,1985.

STAHL, J. A. **Efeito da modificação por fosfatação sobre as características do amido de pinhão (*Araucaria angustifolia*, Bert, O. Ktze)**. 2003,128 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria.

STAHL, J.A.; LOBATO, L. P.; BOCHI, V.C.; KUBOTA, E. H.; GUTKOSKI, L. C.; EMANUELLI, T. Physicochemical properties of pinhão (*Araucária angustifolia*) starch phosphates. **Food science and technology**, n.40, p. 1206-1214, 2007.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch – composition, fine structure and architecture. **Journal Cereal Science**, v. 39, n.2, p.151-165, Mar. 2004.

TESTER, R. F. Properties of damaged starch granules: composition and swelling properties of maize, rice, pea and potato starch fractions in water at various temperatures. **Food hydrocolloids**, v. 11, n. 3, p. 293-301, Jul. 1997.

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

TONGDANG, T. Some Properties of Starch Extracted from Three Thai Aromatic Fruit Seeds. **Starch/ Starke**, v.60, p. 199-207, 2008.

TULYATHAN, V.; TANANUWONG, K.; SONGJINDA, P.; JAIBOON, N. Some physicochemical properties of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam) seed flour and starch. **Science Asia**, v.28, p 37-41, 2002.

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

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

YUAN, Y.; ZHANG, L.; DAÍ, Y.; YU, J. Physicochemical properties of starch obtained from *Discorea nipponica* Makino comparison with other tuber starches. **Journal of food engineering**, v.82, p.436-442, 2007.

VAN DER BURGT, Y.E.M.; BERGSMA, J.; BLEEKER, I.P.; MIJLAND, P.J.H.C.; KAMERLING, J.P.; VLIEGENHART, J.F.G. Structural studies of methylated starch granules. **Starch/Stärke**, v.52, n.2-3, p.40-43, 2000.

VAN BEYNUM, G.M.A.; ROELS, J.A. **Starch conversion technology**. New York: Marcel Dekker, 1985. 362p

WHISTLER, R.L.; BEMILER, J.N. **Carbohydrate chemistry for food scientists**. Saint Paul: Eagan Press, 1997. 241p.

ZHENG, G.H.; SOSULSKI, F.W. Determination of water separation from cooked starch and flour pastes after refrigeration and freeze-thaw. **Journal of food science**, v.63, n1, p134-139, 1998.

ZOBEL, H.F. X-Ray Analysis of Starches Granules. **Carbohydrate Chemistry**. Roy L. Whistler, Academic Press, N. Y., 1964, p. 109-113.

APÊNDICES

Apêndice A: Tabela 8-Poder de Intumescimento (g/g) dos amidos de semente de jaca, variedade mole e dura.

Amostras	Temperaturas				
	55°C	65°C	75°C	85°C	95°C
Mole	1,44 ^a D±0,110	1,75 ^a D±0,030	2,75 ^a C±0,140	13,54 ^b B±0,127	16,21 ^b A±0,180
Dura	1,02 ^b D±0,091	1,27 ^b CD±0,084	2,00 ^b C±0,240	17,70 ^a B±0,028	18,46 ^a A±0,134

*Cada valor representa a média e o desvio de três determinações

**Diferença significativa entre as linhas – representada pelas letras maiúsculas.

***Diferença significativa entre as colunas – representada pelas letras minúsculas

Apêndice B: Tabela 9-Solubilidade (%) dos amidos de semente de jaca, variedade mole e dura.

Amostras	Temperaturas				
	55°C	65°C	75°C	85°C	95°C
Mole	0,05 ^a C ±0,042	0,065 ^a C±0,035	0,07 ^b C±0,007	1,16 ^a B±0,049	1,27 ^b A± 0,052
Dura	0,09 ^a C ± 0	0,11 ^a C± 0,0585	0,16 ^a C±0,025	1,34 ^a B±0,124	1,60 ^a A±0,110

*Cada valor representa a média e o desvio de três determinações

**Diferença significativa entre as linhas – representada pelas letras maiúsculas.

***Diferença significativa entre as colunas – representada pelas letras minúsculas