



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

DENISE PEREIRA

**PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO AMIDO DA
BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas* L.) NATIVO E
MODIFICADO POR SUCCINILAÇÃO**

ARIQUEMES – RO
2012

Denise Pereira

**PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO AMIDO DA
BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas* L.) NATIVO E
MODIFICADO POR SUCCINILAÇÃO**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Farmácia da Faculdade de Educação e Meio Ambiente como requisito parcial à obtenção do grau de bacharelado em: Farmácia.

Orientador (a): Prof^a. Ms. Fábiana Maria Pereira de Sá

Ariquemes – RO

2012

Ficha Catalográfica elaborada pela bibliotecária Elaine de Oliveira Machado, na Biblioteca “Júlio Bordignon”, da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA em Ariquemes/RO.

615.423

P436p

PEREIRA, Denise

Propriedades funcionais do amido da Batata-Doce (*Ipomoea batatas* L.) nativo e modificado por succinilação / Denise Pereira – Ariquemes: [s.n], 2012.
49 f.il .; 30cm.

Monografia de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA.

Orientador: Prof.^a Ms. Fábiana Maria Pereira de Sá

1. *Ipomoea batatas* 2. Amido 3. Amido modificado 4. Succinilação 5. Propriedades funcionais do amido I. PEREIRA, Denise. II. Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA. III. Propriedades funcionais do amido da Batata-Doce (*Ipomoea batatas* L.) nativo e modificado por succinilação.

Denise Pereira

**PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO AMIDO DA
BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas* L.) NATIVO E
MODIFICADO POR SUCCINILAÇÃO**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Farmácia, da Faculdade de Educação e Meio Ambiente como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Ms. Fábيا Maria Pereira de Sá
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

Prof. Ms. Nelson Pereira da Silva Júnior
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

Prof^a. Esp. Cláudia Santos Reis
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

Ariquemes, 30 de junho de 2012

*Aos meus pais Carmen e Dionisio
E meu irmão Rodinei, pelo amor incondicional, **Dedico.***

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por sempre guiar o meu caminho me concedendo oportunidade, força e capacidade para alcançar os meus objetivos.

A Orientadora e Prof^a. Ms. Fábria Maria Pereira de Sá, pela disponibilidade, dedicação e confiança, dividindo seu enorme conhecimento me conduzindo em todas as etapas deste trabalho.

Aos meus pais Carmen e Dionisio, meu principio de educação a quem devo toda a minha admiração, sempre acreditaram em mim, e me inspiraram determinação e confiança na realização de mais um sonho.

Ao meu irmão Rodinei, pelos momentos que vivemos juntos, dificuldades, realidades e realizações vividas que com certeza serão lembrados com muito carinho.

Ao meu noivo Fernando, eternas admirações por me proporcionar dias de felicidade, entusiasmo, carinho e muito amor, sendo então o suporte para minhas conquistas.

A minha cunhada Andriele, pelo carinho e solenidade perante meus objetivos me concedendo nesse período a honra de ser tia do João Lucas, com um sorriso lindo e contaminante transforma meus dias difíceis em risos, brincadeiras e alegria, enfeitando meu dia-a-dia e despertando vontade de viver.

Em especial aos meus amigos Gian Carlo Bispo e Diana Zappani pelo companheirismo e auxílio nas análises, pela amizade e por compartilhar momentos de dificuldade, risadas e conhecimento.

Aos professores e colegas de curso, por compartilhar experiências e conhecimento trilhando juntos mais uma etapa importante de nossas vidas.

A FAEMA pelo apoio disponibilizando os laboratórios e equipamentos para a realização das análises.

Aos técnicos de laboratório Júnior, Wesley e Allan pela disponibilidade e auxílio nas etapas de análises.

Aos amigos e colegas de trabalho, pela compreensão, reconhecimento, incentivos e distração.

Aos inesquecíveis Avós que deixaram saudade eterna.

A todos aqueles, que de alguma forma, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

*O valor das coisas não está no tempo que elas duram,
mas na intensidade com que acontecem.
Por isso existem momentos inesquecíveis,
coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.*

Fernando Pessoa

RESUMO

O amido é o agente espessante e gelificante mais utilizado na indústria de alimentos permitindo o desenvolvimento de um grande número de produtos, no entanto, suas aplicações industriais são limitadas devido ao seu uso principalmente na forma nativa (não modificada). Amidos modificados, que apresentem propriedades específicas capazes de conferir atributos para a elaboração de um produto de qualidade, é um assunto de interesse crescente. O objetivo desta pesquisa foi estudar o amido nativo e modificado das raízes de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) por succinilação com ênfase em: forma dos grânulos, solubilidade, capacidade de absorção de água e óleo, poder de intumescimento, claridade de pasta, retrogradação e viscosidade do amido nativo e modificado. A modificação aumentou a solubilidade, poder de inchamento e claridade de pasta do amido, além de apresentar menor tendência à retrogradação. O amido nativo apresentou maiores valores de capacidade de absorção de água e óleo. As suspensões de ambos atingiram viscosidade máxima em temperaturas mais baixas, o que é ideal para a utilização em alimentos de preparo rápido ou instantâneos, como sopas desidratadas, macarrões e sobremesas.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas*; Amido; Amido modificado; Succinilação; Propriedades funcionais do amido.

ABSTRACT

Starch is the more gelling and thickening agent used in the food industry allowing the development of a large number of products , however, industrial applications are limited because of its use primarily in native (unmodified) . Modified starches, which have specific properties that can give attributes to the development of a quality product, is a subject of increasing interest. The objective of this research was to study the native starch and modified from the roots of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) by succinylation with an emphasis on form of granules, solubility, absorption capacity of water and oil, swelling power, paste clarity, retrogradation, and viscosity of native starch and modified. The modification increased the solubility, swelling power and clarity of starch paste, and having less tendency to retrogradation. The native starch had higher water absorption capacity and oil. The suspensions of both reached maximum viscosity at lower temperatures, which is ideal for use in food preparation or quick snapshots, such as dehydrated soups, pastas and desserts.

Keywords: Ipomoea batatas, starch, modified starch, succinylation, Functional properties of starch.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Estrutura química da amilose e amilopectina.....	17
Figura 2	- Estrutura do grupamento succínico.....	19
Figura 3	- Micrografias dos grânulos do amido nativo e succinilado da batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i> L.), analisados sob microscopia óptica.....	32
Figura 4	- Solubilidade dos amidos nativo e modificado <i>versus</i> temperatura.....	33
Figura 5	- Poder de intumescimento <i>versus</i> temperatura.....	34
Figura 6	- Capacidade de absorção de água (CAA) e capacidade de absorção de óleo (CAO) nos amidos nativos e succinilados de batata-doce.....	35
Figura 7	- Viscosidade do amido nativo e succinilado da batata-doce em função da temperatura.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	-	Claridade da pasta do amido nativo e succinilado da batata- doce.....	36
Tabela 2	-	Tendência a retrogradação <i>versus</i> dia.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAA	Capacidade de Absorção de Água
CAO	Capacidade de Absorção de Óleo
FAEMA	Faculdade de Educação e Meio Ambiente
GS	Grau de Substituição
HCl	Ácido Clorídrico
NaCl	Hidróxido de Sódio
PH	Potencial Hidrogeniônico
RVA	Rápido Viscoanalisador
RPM	Rotação por minuto

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	BATATA DOCE (<i>Ipomoea batatas</i> L.).....	15
2.2	AMIDO.....	15
2.3	AMIDO MODIFICADO POR SUCCINILAÇÃO.....	18
2.4	GRÂNULOS DOS AMIDOS NATIVO E MODIFICADO.....	20
2.5	PROPRIEDADES FUNCIONAIS DOS AMIDOS.....	21
2.5.1	Solubilidade e poder de intumescimento.....	21
2.5.2	Capacidade de absorção de água e óleo.....	23
2.5.3	Clareza de pasta.....	23
2.5.4	Tendência à retrogradação.....	25
2.5.5	Viscosidade.....	25
3	OBJETIVOS.....	27
3.1	OBJETIVO GERAL.....	27
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
4	METODOLOGIA.....	28
4.1	EXTRAÇÃO DO AMIDO.....	28
4.2	MODIFICAÇÃO DO AMIDO POR SUCCNILAÇÃO.....	28
4.3	CARACTERIZAÇÃO DOS GRÂNULOS DOS AMIDOS NATIVO E MODIFICADO POR MICROSCOPIA ÓPTICA.....	29
4.4	AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DOS AMIDOS NATIVO E MODIFICADO.....	29
4.4.1	Solubilidade e poder de intumescimento.....	29
4.4.2	Capacidade de absorção de água e óleo.....	30
4.4.3	Clareza de pasta e tendência à retrogradação.....	30
4.4.4	Viscosidade.....	30
4.4.5	Inferências estatísticas.....	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1	MICROSCOPIA DOS GRÂNULOS DE AMIDO NATIVO E SUCCINILADO.....	32

5.2	SOLUBILIDADE E PODER DE INTUMESCIMENTO.....	33
5.3	CAPACIDADE DE ABSORÇÃO ÁGUA E ÓLEO.....	35
5.4	CLARIDADE DE PASTA E TENDÊNCIA À RETROGRADAÇÃO.....	36
5.5	VISCOSIDADE <i>VERSUS</i> TEMPERATURA.....	37
	CONCLUSÕES.....	39
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

INTRODUÇÃO

Sabe-se que o amido apresenta características físicas, químicas e propriedade nutricional superiores a outros carboidratos. (WHISLER; BeMILLER, 1997). Suas características físico-químicas e funcionais estão diretamente relacionadas às características estruturais do grânulo, os quais dependem da fonte botânica, local e condições de crescimento. (HERMANSSON; SVEGMARK, 1996).

O amido é uma matéria-prima muito utilizada na indústria de alimentos como agente espessante, de enchimento, para aumentar ou alterar a viscosidade de alguns produtos e demais fins. Pode ser utilizado de 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).

Outro aspecto importante é a possibilidade de introdução de novas matérias-primas amiláceas, com características interessantes industrialmente, o que vem suscitando o interesse dos industriais da área, pois proporcionaria um crescimento diferenciado em nível mundial, visto que, no Brasil existe uma grande variedade de raízes amiláceas ainda pouco exploradas. (VILPOUX, 1998).

A seleção da matéria-prima deve ser antes de tudo multifuncional, isto é, atender a um leque de utilidades. A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) aparece como um desses materiais que pode ter diversas aplicações, por ser uma raiz com grande variação na composição química, nas propriedades físicas, bioquímicas, dentre outras características, a exemplo da coloração da pele e da polpa, que varia de branca a púrpura. (LIMA, 2001).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BATATA - DOCE (*Ipomoea batatas* L.)

A batata-doce é originária das Américas Central e do Sul. Relatos de seu uso remontam a mais de dez mil anos. A batata-doce é uma espécie dicotiledônea pertencente à família *Convolvulaceae*, que agrupa aproximadamente 50 gêneros e mais de 1000 espécies, sendo que, dentre elas, somente a batata-doce tem cultivo de expressão econômica. (EMBRAPA, 2004).

A batata-doce é uma planta de clima tropical ou subtropical, também se desenvolve em regiões temperadas, é uma raiz muito rica em carboidratos, sendo o amido o mais abundante deles. (FRANCO et al., 2002). A composição da fécula de batata-doce varia de acordo com a variedade, idade e condições de cultivo. O Quadro 1 contém a composição centesimal da fécula de batata-doce e da mandioca, mostrando que, dependendo da fonte botânica, o percentual dos constituintes químicos presentes pode variar.

Constituintes %	Batata-doce	Mandioca
Amido	82,35	81,79
Cinzas	0,35	0,17
Fibras	0,44	0,74
Proteína	0,33	0,23
Matéria graxa	1,38	0,16
Açúcares totais	1,14	0,31

Fonte: Leonel et al. (2004)

Quadro 1 – Composição centesimal da fécula de batata-doce e mandioca

2.2 AMIDO

No Brasil e na França, fécula e amido são sinônimos. Segundo a legislação brasileira, denomina-se amido a fração amilácea encontrada em órgãos aéreos

como grãos e frutas, e fécula, a fração amilácea de órgãos subterrâneos como raízes e tubérculos. (BRASIL, 1978).

Estruturalmente, o amido é um polissacarídeo formado exclusivamente de resíduos de α -D-glucopiranosose com suas ligações glicosídicas identificadas através de átomos de carbono numerados de um a seis. (GALLANT, BOUCHET, BALDWIN, 1997). É a principal substância de reserva nas plantas superiores, fornecendo de 70 a 80 % das calorias consumidas pelo homem. De acordo com Leonel e Cereda (2002), os depósitos permanentes de amido nas plantas ocorrem nos órgãos de reserva como é o caso de grãos nos cereais (arroz, milho e trigo), tubérculos e raízes (batata e mandioca).

A biossíntese do amido ocorre em uma organela subcelular especializada, o amiloplasto, que possui uma membrana lipoprotéica limitante. As moléculas de amido se organizam na forma de grânulos semicristalinos de aproximadamente 100 μ m de comprimento. O desenvolvimento do grânulo de amido dentro do amiloplasto ocupa uma proporção crescente do volume até que, com o grânulo totalmente desenvolvido, o volume interno é completamente ocupado pelo amido. As moléculas de amido são compostas exclusivamente de resíduos de glicose ligados por dois tipos de ligações: ligações glicosídicas α -1,4 e α -1,6; mas, apesar da química simples do amido, as moléculas finais são variáveis e complexas. (GALLIARD; BOWLER, 1987).

A amilose, a qual representa 20-30% do amido normal, é uma molécula essencialmente linear na quais unidades de α -D-glucanopiranosose estão unidas entre si por ligações glicosídicas α -1,4, neste polissacarídeo, o número de resíduos de glicose varia de 200 a 10.000. 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 glicosídicas α -1,6, compreendendo cerca de 5% das ligações na molécula do amido. (JOBILING, 2004).

As estruturas químicas das moléculas de amilose e amilopectina estão representadas na Figura 1.

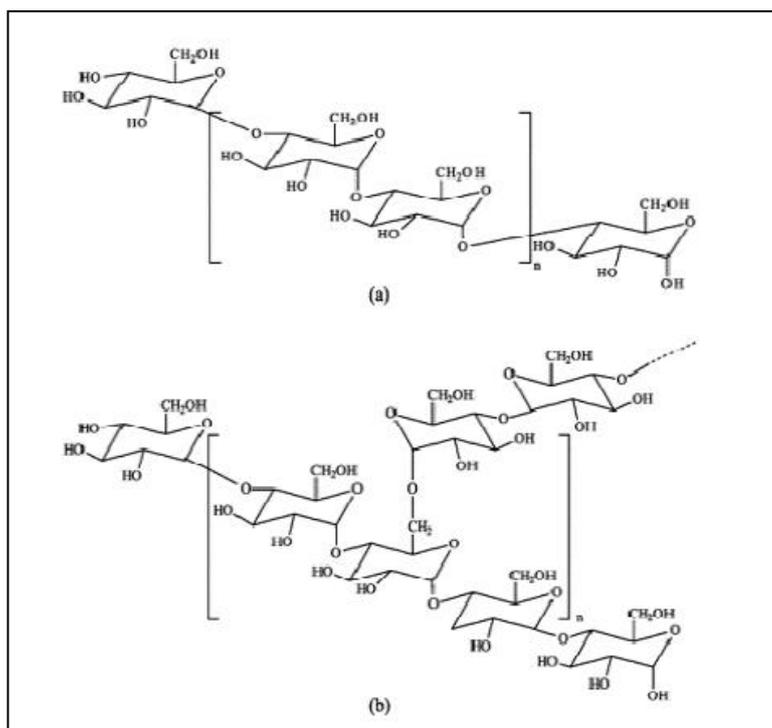


Figura 1 – Estrutura química da amilose (a) e amilopectina (b)
Fonte: Corradini et al. (2005)

A proporção de amilose e amilopectina varia conforme a fonte botânica, o que irá conferir características específicas à pasta de amido, dentre elas a viscosidade e o poder de gelificação. O amido deve muito de sua funcionalidade e organização física a estas duas macromoléculas. (BILIADERIS, 1991).

O teor de amilose é geralmente expresso como teor de amilose aparente, devido à capacidade de algumas cadeias ramificadas externas da amilopectina interagirem com o iodo, superestimando o teor de amilose. (KASEMSUAWAM, 1995; JANE et al., 1999;). No entanto, Morrison (1995) se refere ao teor de amilose aparente como sendo aquele obtido de amidos que não foram previamente desengordurados, pois a presença de lipídios no amido interferem na afinidade com o iodo.

O teor de amilose em amidos de cereais é maior do que aquele encontrado em amidos de raízes e tubérculos, que contêm cerca de 20%. O amido de gengibre apresenta um teor de amilose de 22,2%, similar a outros amidos de raízes. (REYES, 1982).

Gallant, Bouchet e Baldwin (1997), estudando alguns amidos de tuberosas como mandioca, batata-doce, inhame, taro e biri, encontraram teores de amilose de

8-16%; 18%; 10-15%; 9-17% e 27%, respectivamente. O valor encontrado por Leonel et al. (2002) para o teor de amilose do amido de araruta foi de 23,9%, um pouco superior aos 19% relatados na literatura.

A estimativa da distribuição do comprimento de cadeias ramificadas da amilopectina é um dos parâmetros mais importantes para a caracterização da estrutura desta macromolécula e para o entendimento da relação entre estrutura química e as propriedades funcionais do amido. (PERONI, 2003).

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 de 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).

Este carboidrato também pode ser adicionado para agir como ingrediente funcional em molhos, pudins, produtos de confeitaria, embutidos cárneos e substituto de gorduras numa grande variedade de produtos. (THOMAS; ATWELL, 1999).

2.3 AMIDO MODIFICADO POR SUCCINILAÇÃO

Yadav et al. (2007) analisaram as peculiaridades da farinha de batata-doce modificada por enzimas e por acetilação e verificaram que houve mudanças na cristalinidade da farinha modificada, os valores de poder de inchamento e solubilidade indicaram maior grau de forças associativas aos grânulos do amido.

A derivação do amido com um substituinte iônico tal como o grupamento succinato (Figura 2), com baixo grau de substituição (GS), converte-o em um polieletrólito, que faz com que o amido adquira propriedades típicas do mesmo, como aumento do caráter hidrofílico e viscosidade da solução. (BHANDARI; SINGHAL, 2002a).

Segundo Swinkels (1996), succinatos de amido podem ser obtidos pelo tratamento do amido granular, em suspensão aquosa alcalina, com anidrido succínico. Semi-ésteres de octenil-succinato de amido são elaborados pelo tratamento de suspensões aquosas de amido com anidrido octenil-succínico.

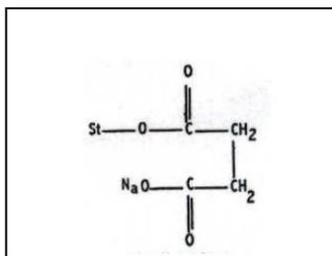


Figura 2 – Estrutura do grupamento succinil

Fonte: Bhandari, Singhal e Kale (2002)

A introdução de radicais hidrofóbicos, a baixo nível de GS (0,01 a 0,1), confere propriedades hidrofóbicas aos amidos, sem destruir a dispersibilidade em água dos mesmos. Os amidos succinilados com alto GS são solúveis em água fria e possuem baixa temperatura de gelificação. (ARAUJO, 2008).

Ainda segundo este autor, os amidos succinilados são usados como ligantes e espessantes em alimentos. Esta modificação é conhecida também por enfraquecer as ligações internas que prendem os grânulos entre si. (BHANDARI; SINGHAL, 2002b).

O grupo succinato, adicionado ao amido, oferece muitas propriedades desejáveis como estabilidade a baixas temperaturas, alto poder de espessamento, baixa temperatura de gelatinização, aumento da claridade da pasta, filmes com boas propriedades e reduzida tendência à retrogradação. (LAWAL, 2004a).

A succinilação do amido modifica suas propriedades físico-químicas, possibilitando uma larga extensão de aplicações industriais em alimentos e produtos não alimentares como na indústria farmacêutica, de papel e têxtil. A modificação do amido nativo em derivados succinilados, além de reduzir a temperatura de gelatinização e retrogradação, melhora a estabilidade frente ao ciclo congelamento-descongelamento, assim como a estabilidade em meios contendo sais e ácidos. (TRUBIANO, 1987).

A claridade da pasta e a tendência à retrogradação influenciam a qualidade tecnológica do amido. Uma equitativa transparência na pasta é desejável em recheios para tortas, em molhos para saladas e sobremesas instantâneas. A claridade da pasta é influenciada por muitos fatores como concentração, pH, extensão e tipo de modificação. A substituição química das cadeias com grupos succinatos resulta na inibição da estrutura ordenada da pasta de amido, desse modo

retardando a retrogradação e resultando em pastas mais fluidas e de claridade melhorada. (CRAIG et.al., 1989).

Segundo Bhandari e Singhal (2002a), a porcentagem (%) de grupos succinil adicionada à molécula de amido é principalmente dependente do tempo, ou seja, quanto maior o tempo de duração da reação de succinilação maior o grau de substituição da molécula pelos grupos succinil.

Campos et al. (2008), ao caracterizarem o amido do feijão do tipo fava (*Phaseolus lunatus*), promoveram sua modificação com anidrido octenil-succínico na concentração de 1 a 3%, efetuaram a modificação em pH 7 e 9 e a reação prosseguiu em dois tempos: 30 e 60 minutos. O tratamento utilizando 3% de reagente a pH 7 e 30 min, produziu 0,5% de grupos succinil e 0,008% de substituição (GS). Os autores detectaram diminuição da temperatura de gelatinização (75,3-64,6°C), diminuição da entalpia (10,7-9,7 J/g), e aumento na viscosidade. Entretanto, chegaram à conclusão que a modificação não melhorou a estabilidade do amido frente a ciclos de congelamento e aquecimento.

2.4 GRÂNULOS DOS AMIDOS NATIVO E MODIFICADO

Entende-se que a forma e tamanho dos grânulos de amidos nativos variam de acordo com a fonte botânica, e os formatos dos grânulos variam do bastante esférico ao poliédrico. (TESTER; KARKALAS, 2006 apud RIBEIRO, 2011). A estrutura granular do amido está entre os fatores de importância no seu uso. A determinação do tamanho das partículas e sua distribuição têm gerado crescente interesse das indústrias alimentícias, devido à influência sobre as propriedades de processamento de alimentos em pó. (LEONEL; GARCIA; REIS, 2004).

O amido da batata-doce possui variado tamanho de grânulo, medindo de 5 a 100 µm de diâmetro. (NODA et al, 2005, apud RIBEIRO, 2011). O exame microscópico dos grânulos fornece dados sobre a origem dos amidos, colaborando para sua caracterização.

Grânulos de amidos nativos podem ser conhecidos pela forma, tamanho e posição do hilo. (FRANCO et al, 2001, apud RIBEIRO, 2011). Grânulos ovais, circulares, esféricos, poligonais e aqueles com forma irregular também existem. (LINDEBOOM; CHANG; TYLER, 2004, apud RIBEIRO, 2011).

2.5 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DOS AMIDOS

2.5.1 Solubilidade e poder de intumescimento

Entende-se que a elevada capacidade de união dos grânulos com água é conferida à perda de associação dos polímeros do amido no grânulo nativo ou modificado.

Considera-se que os sítios de ligação de água são os grupos de hidroxila e seus átomos de oxigênio no interior da glicose. (WOOTTON; BAMUNUARACHCHI, 1978 apud RIBEIRO, 2011) e quando o amido é aquecido em excesso de água, o grânulo incha e seu volume aumenta. A grandeza desse inchamento é função do amido e da temperatura utilizada. (SASAKI; MATSUKI, 1998 apud RIBEIRO, 2011).

Quando a temperatura do meio aumenta, as moléculas do amido são ativadas termodinamicamente, somando a mobilidade granular e por consequência a penetração da água, promovendo a capacidade de inchamento.

Leach, McCowen e Schoch (1959) apud Araújo (2008), em seus estudos, afirmaram que o poder de inchamento 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.

O poder de inchamento é uma medida da capacidade de hidratação dos grânulos. (ASAOKA; BLANSHARD; RICKARD, 1992, apud RIBEIRO, 2011). Quando o amido é aquecido em excesso de água, acima da temperatura de empastamento, a estrutura cristalina é rompida, devido ao relaxamento de ligações 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 inchamento e também ocorre parcial solubilização. (HOOVER, 2001 apud ARAÚJO, 2008).

A qualidade de um alimento está frequentemente associada com a retenção de água pelos grânulos de amido expandido. (RICKARD; ASAOKA; BLANSHARD, 1991, apud RIBEIRO, 2011). Segundo Ciacco e Cruz (1982) apud Ribeiro (2011) a consequência direta do intumescimento é o aumento da solubilidade, claridade e viscosidade da pasta de amido. Acima da temperatura de gelatinização o processo

de expansão é irreversível, devido à perda da estrutura cristalina no gel expandido. Entretanto, alguma ordem indefinida é mantida neste amido gelatinizado (a menos que haja rompimento mecânico), porque o poder de expansão é dependente da temperatura e reproduzível. (MORRISON, 1995 apud RIBEIRO, 2011). O poder de expansão e a solubilidade do amido fornecem evidências de ligações não-covalentes entre as moléculas no interior dos grânulos. Muitos fatores tais como, taxa de amilose e amilopectina, características de cada fração, em termos de distribuição de peso molecular, grau e extensão de ramificações e as conformações, podem influenciar o grau e o tipo de associação em nível molecular. (RICKARD et al, 1991 apud RIBEIRO, 2011).

A presença de substâncias acompanhantes do amido como lipídios, podem restringir a expansão e solubilização do amido. (SWINKELS, 1985 apud RIBEIRO, 2011). Segundo Ciacco (1982), a consequência direta do intumescimento é o aumento da solubilidade, claridade e viscosidade da pasta de amido.

A capacidade de intumescimento ou de inchamento é a relação entre o peso úmido do gel sedimentado e o peso seco do amido. Diversos parâmetros têm sido usados para descrever o intumescimento do amido, em todos os métodos, a concentração do amido, temperatura, tempo de aquecimento, agitação e condições de centrifugação são especificados. (CROSBIE, 1991).

Segundo Tester (1997), o intumescimento e a gelatinização são propriedades controladas, em parte, pela estrutura molecular da amilopectina, composição do amido e arquitetura do grânulo (proporção região cristalina e amorfa). A fosfatação aprimora as interações moleculares por ligações covalentes e reduz o volume de intumescimento do amido de batata e de milho. (ZIEGLER; THOMPSON; CASAS-NOVAS, 1993 apud ARAUJO, 2008).

O poder de intumescimento diminui linearmente com o conteúdo de amilose, mas aumenta com o aquecimento. (SASAKI; MATSUKI, 1998). Tanto o conteúdo de proteínas (WANG; SEIB, 1996 apud ARAUJO, 2008) como o de monoglicerídeos (ROACH; HOSENEY, 1995 apud ARAUJO, 2008) inibem a extensão do intumescimento. Tem sido documentado que, componentes menores do amido, como fosfolipídios e fosfatos monoésteres também têm enormes efeitos sobre esta propriedade. (NODA, et al. 2004 apud ARAUJO, 2008). Leach, Mccowen e Schoch (1959) apud Araújo (2008) determinaram o poder de intumescimento e solubilidade de amidos de diferentes fontes botânicas no intervalo de 50 a 95°C, com a finalidade

de estabelecer evidências do grau de associação molecular dentro do grânulo de amido. Eles concluíram que estas propriedades são fortemente influenciadas pela fonte botânica.

O intumescimento contribui para importantes características na maioria dos produtos alimentícios à base de amido, tais como empastamento e comportamento reológico. O fluxo de água restrito devido ao enorme inchaço do grânulo ocupando mais espaço contribui para o aumento da viscosidade do amido em sistemas em aquecimento. (MILES et al., 1985).

2.5.2 Capacidade de absorção de água e óleo

Os grânulos de amido não são solúveis em água fria, mais podem absorver pequenas quantidades de água de forma reversível, ocasionando um pequeno inchamento. Segundo Biliaderis (1991) apud Ribeiro (2011), os grânulos expandem um pouco em água fria (10-20%) devido à difusão e absorção de água dentro das regiões amorfas, entretanto, esta expansão é reversível pela secagem. De acordo com Morrison (1995), nas zonas amorfas os componentes que expandem são a amilose e um pouco de amilopectina. Essa expansão é limitada por ser severamente restringida pelas camadas essencialmente contínuas de amilopectina cristalina.

As moléculas de água, intimamente adsorvidas às macromoléculas, são denominadas “água ligada” e refletem a habilidade de uma superfície molecular em formar ligações fracas, não covalentes, com a água. O teor de “água-ligada” associada aos grânulos de amido influencia as características de expansão dos mesmos. (RICKARD et al., 1991 apud RIBEIRO, 2011). A elevada capacidade de ligação dos grânulos com água é atribuída à perda de associação dos polímeros do amido no grânulo nativo. (SONI et al., 1985). Considera-se que os sítios de ligação de água são os grupos hidroxila e seus átomos de oxigênio. (WOOTTON; BAMUNUARACHCHI, 1978 apud RIBEIRO, 2011).

2.5.3 Claridade de pasta

Sabe-se que claridade de pasta é um dos importantes atributos do amido para aplicação em alimentos e pode ser definida como transparência. 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). Independente destes fatores estéticos, a claridade de pasta dos amidos tem relação com outras características tecnológicas. De maneira geral, amidos com alta tendência à retrogradação produzem pastas mais opacas. (CIACCO et al., 1982). Portanto, a claridade de pasta varia consideravelmente com a origem botânica e pode ser alterada por modificação química dos grânulos. (CRAIG et al., 1989).

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, refletem pouca luz (baixa brancura) e fornecem imagens fortes e claras de objetos vistos através delas.

b) Pasta moderadamente transparente: com pouca ou nenhuma estrutura granular e com substancial associação das cadeias depois do empastamento. Estas pastas serão moderadamente transparentes por causa da deficiência da estrutura granular, mas irão refletir ou dispersar uma quantidade significativa de luz por causa do 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 à estrutura granular que permanece e que causa refração da luz em diferentes extensões e distorce imagens. Esta refração reduz a transmitância de luz e a pasta fica moderadamente branca.

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).

As pastas de amido são utilizadas quando se deseja, dentre outras características, um produto brilhante, sem que se mude sua coloração inicial. Como por exemplo, sopas prontas, pudins, cremes, etc. (VILPOUX, 2001).

2.5.4 Tendência à retrogradação

A retrogradação é um processo que ocorre quando as moléculas de amido gelatinizado começam a reassociar-se em uma estrutura ordenada. Nesta fase inicial, duas ou mais cadeias de amido podem formar um ponto de junção simples que depois pode se desenvolver amplamente em mais regiões ordenadas.

Conseqüentemente, os géis formados não se tornam rígidos com o avanço do resfriamento (retrogradação). No entanto, outros fatores como temperatura, tamanho e concentração dos grânulos e a presença de componentes, tais como lipídeos, pode influenciar o comportamento geral do amido. (ATWELL; HOOD; LINEBACK, 1998; CIACCO; CHANG, 1982; JANE, et al., 1999; MUA; JACKSON, 1997 apud ARAUJO, 2008).

Dependendo da severidade das condições do tratamento térmico (tempo, temperatura, pressão e cisalhamento), teor de umidade e presença de outros constituintes, a fase de separação da amilose e amilopectina pode iniciar ainda durante o processamento, resultando num composto heterogêneo (produto e estrutura). (MATSUGUMA, 2006).

A retrogradação tem um importante impacto sobre as propriedades reológicas e de textura da pasta e conseqüentemente, tem sido objeto de numerosos estudos. (GIDLEY, 1989).

A retrogradação causada pela amilose é conhecida por ser um processo rápido ocorrendo em apenas poucas horas, por causa da sua estrutura linear, o que facilita esta rápida reassociação. Já a retrogradação causada pelas cadeias de amilopectina, por outro lado, se desenvolve durante um período de vários dias. (ADEBOWALE; LAWAL, 2003 apud RIBEIRO, 2011).

2.5.5 Viscosidade

Todos os polissacarídeos formam soluções viscosas. A viscosidade de uma solução de polissacarídeos depende da forma e do tamanho de suas moléculas e da conformação que adotam 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, por razões estéricas, as moléculas ocupam mais espaço e, por isso, chocam-se umas com as outras, produzindo-se fricção, o que

aumenta a viscosidade e o consumo de energia. Em igualdade de peso molecular, quando o polissacarídeo está ramificado, o volume efetivo diminui e, por isso, em solução, ocupa menos espaço, 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).

Quando calor é aplicado, a transição de uma suspensão de amido em água para pasta é acompanhada por um grande aumento da viscosidade. Alterações de viscosidade também acompanham a formação de gel pelo resfriamento das mesmas. (FRANCO et al., 2002).

As mudanças de viscosidade em suspensões amiláceas, devido ao intumescimento do grânulo de amido durante o aquecimento, são comumente avaliadas em viscoamilografos como o Brabender e o Rápido Viscoanalisador (RVA). O primeiro apresenta boa habilidade discriminativa no perfil de empastamento, entretanto, o longo tempo de análise, a grande quantidade de amostra requerida, a pequena reprodutibilidade de instrumento para instrumento e o difícil procedimento de calibração são os motivos pelo qual ele vem sendo gradualmente substituído pelo (RVA), que proporciona mensurações equivalentes, usando menor quantidade de amostra e permitindo a avaliação da estabilidade térmica, temperaturas características e estabilidade oxidativa, assim como a interação com outros componentes da fração amilácea (lipídios, proteínas, fósforo, etc.). (FRANCO et al., 2002).

O perfil de viscosidade é extremamente útil na determinação do comportamento do amido sob várias condições e para comparar diferenças relativas entre amidos. Um dos mais importantes aspectos dos perfis de viscosidade é a medida dos efeitos de reagentes ou processos que modificam os amidos sobre as suas propriedades de pasta.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Modificar o amido da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) pela reação de succinilação e estudar algumas propriedades funcionais.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extrair o amido da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.);
- Modificar o amido extraído pela reação de succinilação;
- Caracterizar os grânulos do amido nativo e modificado através de microscopia óptica;
- Estudar algumas propriedades funcionais do amido nativo e modificado, a saber: solubilidade, poder de inchamento, capacidade de absorção de água e óleo, claridade de pasta, tendência à retrogradação e viscosidade.

4 METODOLOGIA

4.1 EXTRAÇÃO DO AMIDO

Como matérias-primas foram utilizadas raízes de batata-doce, da variedade “paulista”. As análises foram realizadas no Laboratório de Química da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA.

O método descrito por Loos, Hood e Grahan (1981) foi utilizado para a extração do amido. O material foi lavado, descascado, cortado em pequenos pedaços e colocado em infusão com água destilada contendo metabissufito de sódio (0,2%) por 72 horas.

O amido foi extraído pela trituração da matéria-prima com água destilada em um liquidificador, em baixa velocidade, por 30 minutos. Após a homogeneização a mistura foi peneirada em tamis Tyler malha 60 mesh. Em seguida, realizou-se duas decantações, num período de 24 horas com resuspensão em água destilada, sendo o sobrenadante descartado.

A mucilagem que se formou na superfície do resíduo foi retirada como auxílio de uma pipeta. O resíduo branco de amido obtido foi espalhado em uma bandeja e secado em estufa com circulação de ar a 40°C. Após seco, o amido seco foi pulverizado e guardado em recipiente seco e limpo sob refrigeração.

4.2 MODIFICAÇÃO DO AMIDO POR SUCCNILAÇÃO

Para modificação do amido por succinalação empregou-se o método descrito por Sathe e Salunke (1981), com modificações. Uma amostra de 50 g de amido nativo foi dispersa em 250 mL de água. A mistura foi agitada em agitador magnético (Biomixer® modelo 78HW-1) por 20 minutos e seu pH foi ajustado para 8,0 utilizando hidróxido de sódio (NaOH) 1 M. Após isto, 5,1 g de anidrido succínico foi adicionado lentamente, durante 30 minutos, mantendo-se o pH em torno de 8,0 e 8,5. Deixou-se a reação prosseguir por mais 5 minutos após a adição de anidrido succínico. O pH da amostra foi ajustado para 4,5 usando ácido clorídrico (HCl) 0,5 M. A mistura foi filtrada, lavada 3 vezes com água destilada e seca em estufa com circulação de ar a 40°C por 24 horas. Então, foi tamisada em malha 60 mesh e armazenada sob refrigeração.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS GRÂNULOS DOS AMIDOS NATIVO E MODIFICADO POR MICROSCOPIA ÓPTICA

Para a análise da forma e tamanho dos grânulos dos amidos nativo e modificado, utilizou-se o microscópio óptico (marca OPTON® modelo N-101B) nas objetivas de 10x e 40x, com melhor visualização na objetiva de 40x. Três lâminas, para cada amostra, foram preparadas com uma pequena quantidade de amido e duas gotas de água, a seguir cobertas por uma lamínula e observadas. (DAIUTO, 2005).

4.4 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DOS AMIDOS NATIVO E MODIFICADO

4.4.1 Solubilidade e poder de intumescimento

O poder de inchamento e solubilidade dos amidos foi determinado de acordo com o método descrito por Leach, Mccowen e Schoch (1959) apud Ribeiro (2011). Pesou-se 0,1g de amido em tubos de centrífuga, previamente pesados, e adicionou-se 10mL de água destilada. As suspensões foram agitadas em agitador de tubos por 30 segundos e levada a banho-maria Quimis®, por 30 minutos, onde se controlou as temperaturas, sendo feita uma análise em cada uma das temperaturas: 55°, 65°, 75°, 85° e 95 °C.

Depois de retirados do banho-maria, os tubos foram centrifugados por 1 minuto e 30 segundos. Uma alíquota de 2 ml foi retirada do sobrenadante e seca em estufa a 100°C por 2 horas, para determinação da massa de amido solubilizado. Os tubos, previamente tarados, contendo os grânulos de amido intumescidos foram pesados para determinar o poder de inchamento. A solubilidade foi calculada pela relação da massa solúvel e a massa inicial de amido, expressa em g.100g em base seca, enquanto o poder de inchamento foi obtido pela relação da massa final intumescida pela massa inicial de amido.

4.4.2 Capacidade de absorção de água e óleo

O método de Beuchat (1977) apud Ribeiro (2011) foi utilizado para determinar a capacidade de absorção da água e do óleo do amido. Alíquota de 10 mL de água (destilada) ou do óleo (óleo de soja Soya,) foi adicionada a 1g da amostra em tubos de centrífuga. A suspensão foi homogeneizada, durante 30 segundos, e deixada em repouso por 30 minutos. Posteriormente, os tubos foram centrifugados por 1 minuto e 30 segundos. As paredes externas dos tubos foram secas e então os tubos pesados. A massa da água ou do óleo absorvidos é expressa em g/100g de amido em base seca de acordo com a equação:

$$CA = (\text{peso do tubo após centrifugação}) - (\text{peso do tubo} + \text{amostra seca})$$

4.4.3 Claridade de pasta e tendência à retrogradação

Foi determinada por transmitância (%T), como descrito na metodologia de Lawal (2004b). Quantidades do amido nativo e modificado (0,1 g) foram suspensos em 10mL de água destilada feitos em triplicatas usando tubos de ensaio vedados com algodão. Os tubos foram então aquecidos em um banho-maria fervente (com ocasional agitação) durante 30 minutos. Depois do resfriamento à temperatura ambiente, a porcentagem de transmitância foi determinada em espectrofotômetro (marca Quimis® modelo Q798DP). Também foi monitorada a tendência para retrogradação. As amostras foram estocadas por 24 horas a 5°C para nucleação, depois deste tempo elas foram estocadas a 30°C por 1-9 dias para determinação da absorbância nos dias 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9. (SÁ, 2007).

4.4.4 Viscosidade

Para determinação da viscosidade em relação à temperatura, foram preparadas, duas suspensões: uma com 25g de amido nativo e outra com 25g amido succinilados. Em seguida, foram adicionados 500mL de água destilada e as amostras homogeneizadas. A medida de viscosidade foi realizada em Viscosímetro Rotativo Microprocessado marca Quimis®, modelo Q860M21, nas seguintes temperaturas: 50°C; 60°C; 70°C; 80°C e 85°C. (BRASILEIRO, 2006).

4.4.5 Inferências estatísticas

As análises foram realizadas em triplicata e calculou-se média e desvio-padrão empregando o software EXCEL da Microsoft®. Com exceção da viscosidade, na qual foi realizada apenas uma medida para cada temperatura.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MICROSCOPIA DOS GRÂNULOS DE AMIDO NATIVO E SUCCINILADO

A Figura 3 mostra as micrografias dos grânulos do amido nativo e succinilado da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.), analisados sob microscopia óptica.

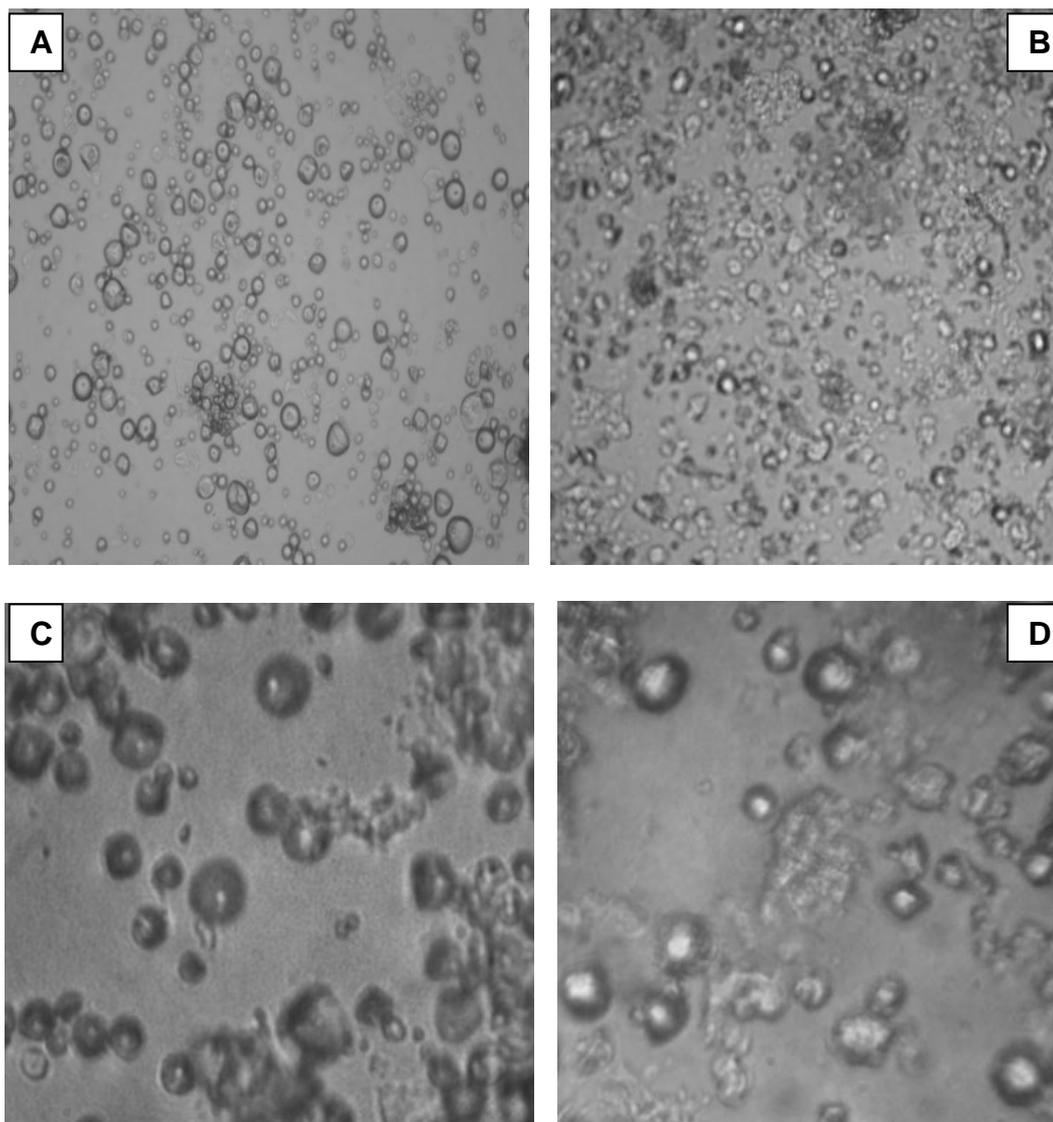


Figura 3 - (A) Aspecto dos grânulos de amido nativo na objetiva de 10x; (B) Aspecto dos grânulos de amido succinilado na objetiva de 10x; (C) Aspecto dos grânulos de amido nativo na objetiva de 40x; (D) Aspecto dos grânulos de amido succinilado na objetiva de 40x

Através da análise das micrografia, observa-se que os grânulos apresentaram aspecto arredondado, com tamanhos variados, não se detectando alterações visíveis após modificação. Singh et al. (2011), isolando grânulos de amido

nativo e modificado de sorgo, também não evidenciaram mudanças nas micrografias de seus grânulos. Já Gonzalez e Perez (2002), pesquisando amidos modificados, verificaram alteração na estrutura granular após modificação.

Leonel (2007), ao analisar a forma e o tamanho de grânulos de amido nativo da mandioca, encontrou grânulos circulares e alguns côncavo-convexos e em relação ao tamanho verificou predomínio de grânulos com diâmetro entre 15 e 20 μ m.

Segundo Horimoto (2006), os grânulos podem se apresentar de diversas formas: oval, poligonal e irregular, dependendo da origem botânica e o tamanho é alterado de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta e a forma de tuberização.

5.2 SOLUBILIDADE E PODER DE INTUMESCIMENTO

A Figura 4 apresenta o perfil solubilidade do amido nativo e succinilados, em relação a faixa de temperatura estudada (55°C a 95°C). Os dados do gráfico mostram que, após a modificação, o amido da batata-doce tornou-se mais solúvel, com pico de solubilidade a 65°C. Já o amido nativo manteve sua solubilidade praticamente constante nas temperaturas estudadas.

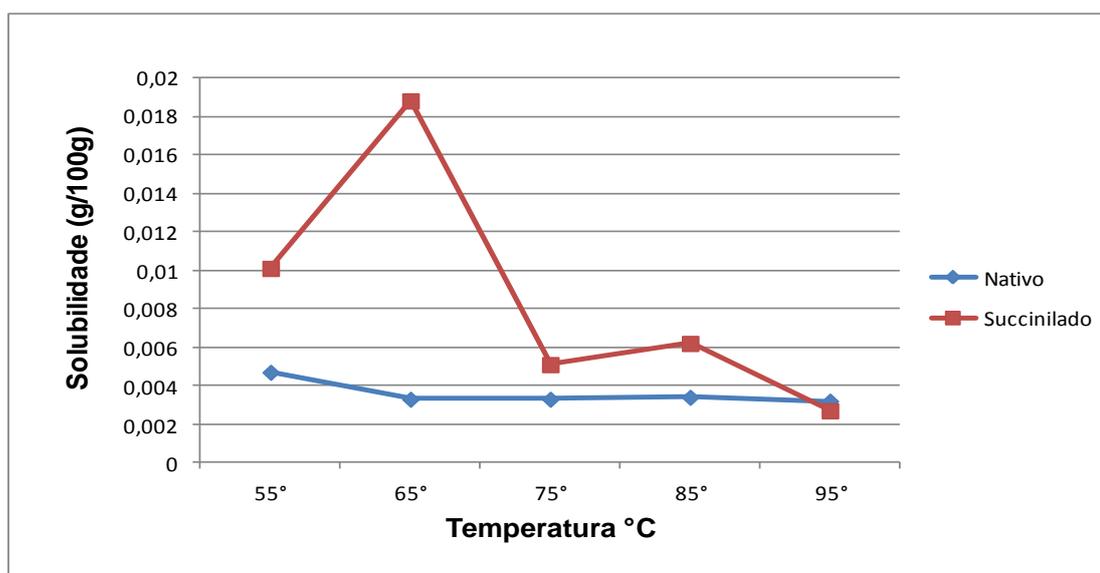


Figura 4 – Solubilidade dos amidos nativo e modificado *versus* temperatura

Os valores do poder de intumescimento para os amidos nativo e modificado estão representados na Figura 5.

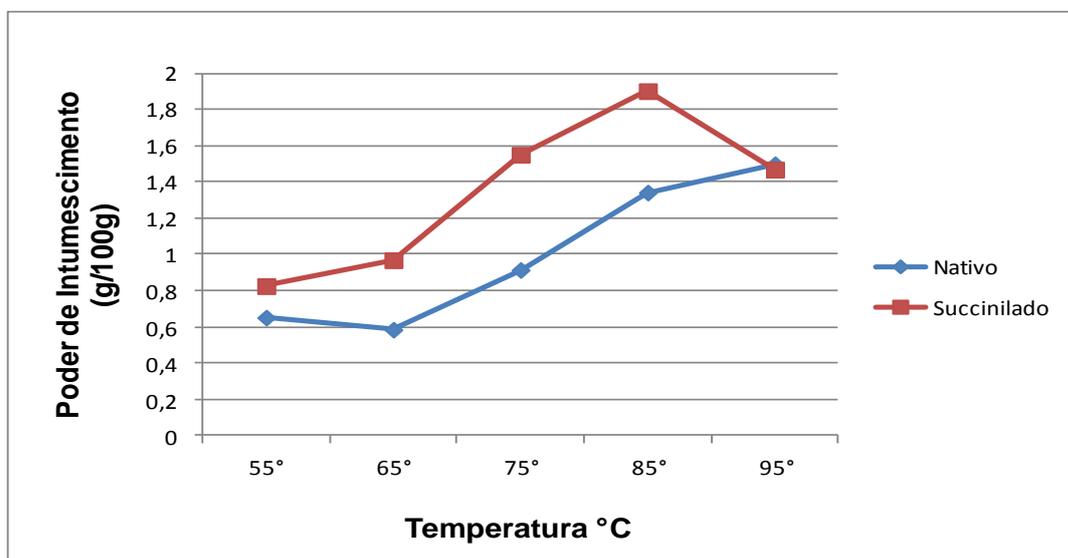


Figura 5 – Poder de intumescimento *versus* temperatura

Pela análise do gráfico, observa-se que o poder de intumescimento, em ambos os amidos, aumentou com o aumento da temperatura. Além disso, observa-se que, após a modificação, o poder de intumescimento tornou-se maior. É importante ressaltar que, na temperatura de 95°C, observou-se queda do poder de intumescimento do amido.

O processo de intumescimento prossegue até um ponto de máxima viscosidade, a partir do qual qualquer energia extra fornecida (sob a forma de aquecimento ou agitação) será utilizada para "quebrar" o gel formado, fazendo diminuir a viscosidade. A gelatinização completa do amido só pode ocorrer quando o meio contém água em grande quantidade; em muitos sistemas alimentícios, como na massa de pão, isto não ocorre, e a gelatinização é apenas parcial. O amido gelatinizado, seja parcial ou totalmente, forma uma pasta. À medida que esta pasta esfria, forma-se o gel de amido. Por definição, o gel é um sistema líquido que apresenta propriedades de um sólido. Nele, uma pequena quantidade de sólidos mantém presa uma grande quantidade de água. O gel de amido pode ser visualizado como sendo formado por cadeias de amido entremeadas por camadas de água e ligadas a elas por pontes de hidrogênio. (EMBRAPA, 2004).

5.3 CAPACIDADE DE ABSORÇÃO ÁGUA E ÓLEO

A Figura 4 apresenta o perfil de capacidade de absorção água e óleo dos amidos nativo e succinilado de batata-doce.

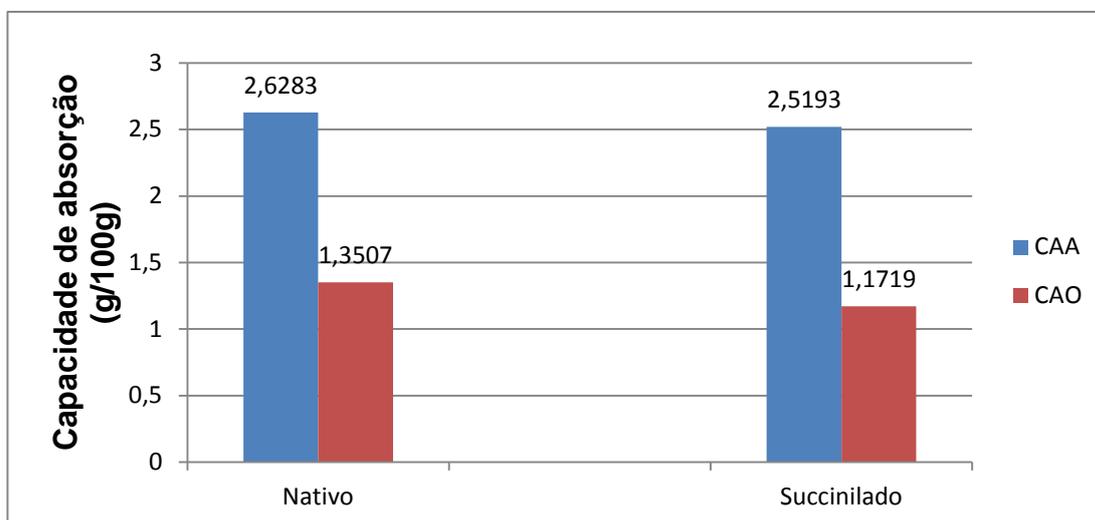


Figura 6 – Capacidade de absorção de água (CAA) e capacidade de absorção de óleo (CAO) nos amidos nativos e succinilados de batata-doce

Ambos os amidos apresentaram maior capacidade de absorção de água, sendo este valor, no amido nativo, ligeiramente maior. Em relação à capacidade de absorção de óleo, o amido nativo também apresentou maiores valores. Assim, pode-se dizer que a succinilação não alterou estas propriedades do amido da batata-doce.

Lawal (2004a), estudando o amido de milho híbrido, observou que a CAA aumentou após a succinilação e a CAO diminuiu. Para tal, justificou que as cadeias longas do grupo substituinte, por exemplo, o succinil, pode provavelmente ter prejudicado a absorção do óleo. Posteriormente, Lawal e Adebawale (2005), pesquisando amido de um determinado tipo de feijão acetilado e hidrolisado, atestou que a acetilação melhora a capacidade CAA e CAO do amido, ao contrário da hidrólise ácida.

Araújo (2008) observou o mesmo comportamento ao pesquisar amido succinilado e intercruzado de batata-doce, explicando que durante o processo de modificação as ligações de hidrogênio entre as moléculas de amido se tornam mais numerosas e mais fortes, desta forma reduzindo as superfícies disponíveis para tais ligações com moléculas de óleo.

5.4 CLARIDADE DE PASTA E TENDÊNCIA À RETROGRADAÇÃO

Segundo Ciacco e Cruz (1987) a claridade de pasta é um dos importantes atributos do amido para aplicação em alimentos, e pode ser definida como transparência. Amidos usados como espessantes em recheios de tortas devem ser preferencialmente transparentes e os amidos usados em molhos para saladas devem ser opacos. Independente destes fatores estéricos, a claridade de pastas de amidos tem relação com outras características tecnológicas. De maneira geral, amidos com alta tendência a retrogradação produzem pastas mais opacas. Além disso, a claridade de pasta varia consideravelmente com a origem botânica e pode ser alterada por modificação química dos grânulos.

O percentual de transmitância está diretamente ligado à claridade da pasta do amido, de modo que, quando a luz passa através de uma solução sem absorção nenhuma, a absorbância é zero e a transmitância é 100%. No caso em que toda a luz é absorvida a transmitância é zero e a absorbância é infinita, ou seja, quanto maior a transmitância maior a claridade da pasta (menor a turbidez e menor a absorbância). (MENDES, 2011). A Tabela 1 apresenta os resultados de claridade de pasta do amido nativo e modificado da batata-doce, expressos por meio do percentual de transmitância.

Tabela 1 - Claridade da pasta do amido nativo e succinilado da batata-doce

Amido	% de Transmitância (650nm)
Nativo	20,33 ± 1,11
Succinilado	39 ± 1,33

Observa-se que o amido modificado apresenta maior valor de claridade de pasta do que o amido nativo.

A Tabela 2 apresenta os resultados da tendência à retrogradação do amido nativo e modificado da batata-doce, medido em percentual de transmitância.

Tabela 02 - Tendência a retrogradação *versus* dia

Amido	% de Transmissão (650nm)								
	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia	8º dia	9º dia
Amido Nativo	69	69	77	73	53,5	42,5	40,5	33,5	33,5
Amido Succinilado	87	97,5	96	93	66,5	53,5	53,5	41	40

Percebe-se, que ocorre diminuição da transmitância, no decorrer dos dias, em ambos os amidos estudados, evidenciando tendência à retrogradação. Entretanto, esta diminuição foi menor no amido succinilados.

A substituição química das cadeias com grupos succinatos resulta na inibição da estrutura ordenada da pasta de amido pela introdução de grupos volumosos, desse modo retardando a retrogradação, o que resulta na formação de pastas mais fluidas e de claridade melhorada. (CRAIG et al., 1989).

5.5 VISCOSIDADE *VERSUS* TEMPERATURA

O perfil de viscosidade é extremamente útil na determinação do comportamento do amido sob várias condições de temperatura, pH, entre outros parâmetros. Um dos mais importantes aspectos dos perfis de viscosidade é a medida dos efeitos de reagentes ou processos que modificam os amidos, sobre as suas propriedades de pasta. (PERONI, 2003).

Percebe-se, pela análise do gráfico 7, que a viscosidade das suspensões de amido aumentou após modificação e que a mesma aumenta, em ambos os amidos, com a temperatura. Este aumento ocorre até determinada temperatura, a partir da qual a viscosidade cai.

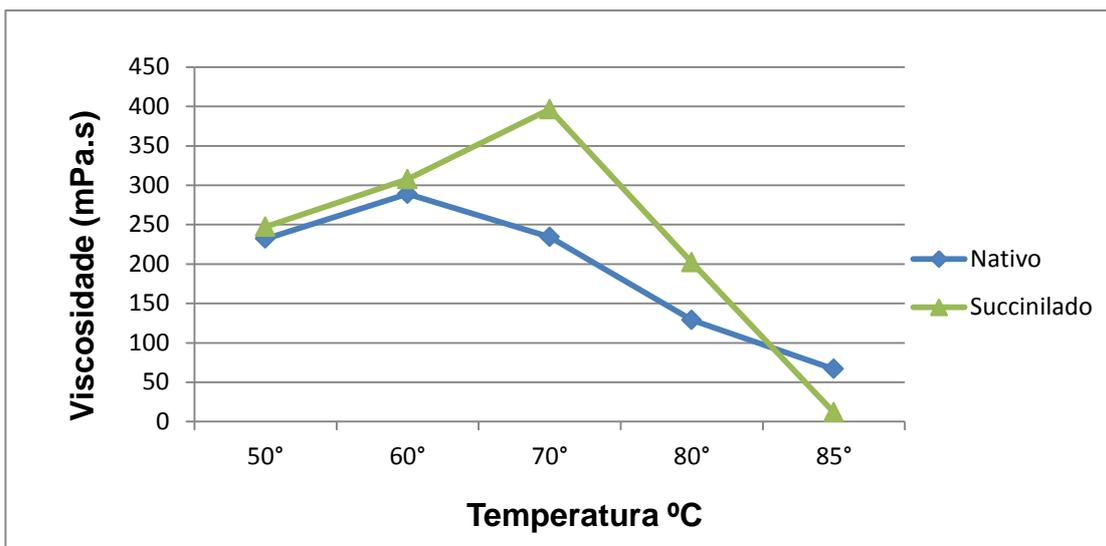


Figura 7 – Viscosidade do amido nativo e succinilado da batata-doce em função da temperatura

Os amidos nativos e succinilados apresentaram excelente perfil viscoamilográfico, atingindo viscosidade máxima em temperaturas mais baixas, o que é ideal para a utilização em alimentos de preparo rápido ou instantâneos.

Observou-se, durante o procedimento, que as suspensões de amido nativo elevam sua temperatura mais rapidamente do que as de amido modificado. Quando eleva a temperatura, a suspensão de amido se torna mais consistente ou 'viscosa'. Quando é aplicado calor, a transição de uma suspensão de amido em água para pasta é acompanhada por um grande aumento da viscosidade. Alterações de viscosidade também acompanham a formação de gel pelo resfriamento das mesmas. (FRANCO et al., 2002).

CONCLUSÕES

A succinilação não alterou a forma dos grânulos de amido observados em microscopia óptica.

A modificação química aumentou a solubilidade, poder de intumescimento e claridade de pasta do amido de batata-doce.

O amido nativo apresentou maiores valores de capacidade de absorção de água e óleo em relação ao modificado por succinilação.

A modificação diminuiu a tendência à retrogradação do amido da batata-doce, o que sugere sua aplicação em produtos que necessitem de maior tempo de estocagem.

As suspensões do amido nativo e succinilado atingiram viscosidade máxima em temperaturas mais baixas, sendo ideais para a utilização em alimentos de preparo rápido ou instantâneos.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO V. Q. **Propriedades funcionais e térmicas do amido de batata-doce (*ipomoea batatas* L.) nativo e modificado quimicamente**. João Pessoa: UFPB, 2008. 90 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/pos/ppgcta/portal/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=20&view=finish&cid=68&catid=34&m=0>. Acesso em 16 jan. 2012.
- BHANDARI, P. N.; SINGHAL, R. S. Studies on the optimisation of preparation of succinate derivatives from corn and amaranth starches. **Carbohydrate Polymers**. v. 47, p. 277–283, 2002a. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861701002028>>. Acesso em: 15 dez. 2011.
- BHANDARI, P. N.; SINGHAL, R. S. Effect of succinylation on the corn and amaranth starch pastes. **Carbohydrate Polymers**., v. 48, n.3, p. 233–240, 2002b. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861701003101>>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- BILIADERIS, C.G. The structure and interactions of starch with food constituents. **Canadian Journal Physiology Pharmacology**, v. 69, p. 60-78, 1991. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2036603>>. Acesso em: 29 jan. 2012.
- BRASIL. **Leis, decretos, etc. Decreto nº 12.486 de 20 de outubro de 1978**. p. 20. Normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/mercosul/alimentos/106_94.htm>. Acesso em: 12 jan. 2012.

BRASILEIRO O. L. **Comparação das propriedades funcionais de amido de inhame (*Dioscorea cayennensis*) nativo e modificado por acetilação e succinilação.** João Pessoa: UFPB, 2006. 88 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2006. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/pos/ppgcta/portal/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=20&view=finish&cid=41&catid=32&m=0>. Acesso em: 16 nov. 2011.

CAMPOS, M.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCONA, D. Synthesis and partial characterization of octenylsuccinic starch from *Phaseolus lunatus*. **Food Hydrocolloids**, v.22, n.8, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X07002214>>. Acesso em: 03 jun. 2012.

CIACCO, C.F.; CHANG, Y.K. **Fabricação de amido e sua utilização.** São Paulo: Secretaria de Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982 (Tecnologia Agroindustrial).

CRAIG, S. A. S.; MANINGAT, C. C.; SEIB, P. A.; HOSENEY, R. C. **Starch paste clarity.** *Cereal chemistry*, v. 66, 173-182, 1989.

CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E.S.; CARVALHO, A.J.F.; CURVELO, A.A.S.; MATTOSO, L.H.C. **Comparative studies of corn thermoplastic starches with different amylose content.** *Polímeros*, São Carlos, v. 15, n. 4, 2005. Disponível em: <<dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/.../TESE%20FINAL.pdf?>>. Acesso em: 18 mar. 2012.

CROSBIE, G. B. The relationship between starch swelling properties paste viscosity and boiled noodle quality in wheat flours. **Journal of cereal science**, v.13, p.145-150, 1991.

DAIUTO E. R. **Características de féculas de tuberosas e suas relações com resistência dos géis sob condições de estresse aplicada na industrialização de alimentos**. Botucatu: UNESP, 2005. 162 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônomas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, Jun. 2005. Disponível em: <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bla/33004064021P7/2005/daiuto_er_dr_botfca.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2011.

EMBRAPA. Disponível em: site EMBRAPA 2004. URL: Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/produtos/cultivares/batata_doce_varias.htm>. Acesso em: 20 maio 2012.

FRANCO, C.M. L.; DAIUTO, E.R.; DEMIETE, I.M.; CARVALHO, L.J.C.B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O.F.; SARMENTO, S.B.S. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. Disponível em: <http://btdt.biblioteca.ufpb.br/tde_arquivos/15/TDE-2011-11-22T101429Z-1304/Publico/arquivototal.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2012.

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, 1997. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861797000088>>. Acesso em: 17 abr. 2012.

GALLIARD, T.; BOWLER, P. Morphology and composition of starch. In: GALLIARD, T. (Ed.) Starch: properties and potential. **Society of Chemical Industry**, p.55-78, 1987.

GONZALEZ, Z.; PEREZ, E. Effect of acetylation on some properties of rice starch. **Starch/Stärke**, Volume 54, Issue 3-4, pages 148–154, April 2002.

HORIMOTO L. K. **Cationização de amidos de tuberosas tropicais para fabricação de papéis**. Botucatu: UNESP, 2006. 80 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônomas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, fev. 2006. Disponível em: <www.fca.unesp.br/pos_graduacao/Teses/PDFs/Arq0028.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2011.

HERMANSSON, A. M.; SVEGMARK, K. **Developments in the understanding of starch functionality**. Trends in Food Science and Technology, v.7, p.345–353, 1996. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224496100364>>. Acesso em: 21 mar. 2012.

JANE, J.; CHEN, Y.Y.; LEE, L.F.; MCPHERSON, A.E.; WONG, K.S.; RADOSAVLJEVIC, M.; KASEMSUWAN, T. Effects of amylopectin branch chain length and amylase content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, v. 76, p. 629-637, 1999. Disponível em: <<http://cerealchemistry.aaccnet.org/doi/abs/10.1094/CCHEM.1999.76.5.629>>. Acesso em: 19 fev. 2012.

JOBLING, S. Improving starch for food and industrial applications. **Current Opinion in Plant Biology**. v.7, n.2, 210-218, 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369526603001547>>. Acesso em: 26 nov. 2011.

KASEMSUAWAM, T. Characterization of the dominant mutant amylose extender (Acl-5180) maize starch. **Cereal Chemistry**, v.72, n.5, p.457-464, 1995.

LAWAL, O. S. Succinil and acetyl starch derivatives of a hybrid maize: physicochemical characteristics and retrogradation properties monitored by differential scanning calorimetry – **Carbohydrate Research**, v. 339, p. 2673-2682, 2004a.

LAWAL, O. S. Succinyl and acetyl starch derivatives of a hybrid maize: Physico-chemical characteristics and retrogradation properties monitored by differential scanning calorimetry. **Carbohydrate Research**, v.339, p.2673–2682 2004b. Disponível em: <http://www.unboundmedicine.com/evidence/ub/citation/15519326/Succinyl_and_acetyl_starch_derivatives_of_a_hybrid_maize:_physicochemical_characteristics_and_retrogradation_properties_monitored_by_differential_scanning_calorimetry_>. Acesso em: 10 jan. 2012.

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. Disponível em: <<http://www.academicjournals.org/AJB>>. Acesso em: 14 jan. 2012.

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.; JACKEY, S.; CEREDA, M.P. **Processamento industrial de fécula de mandioca e batata doce** – um estudo de caso. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 18, n. 3, p. 343-345, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20611998000300016&script=sci_arttext>. Acesso em: 15 jan. 2012.

LEONEL, M.; GARCIA, A. C. D. B.; REIS, M. M. **Caracterização físico-química e microscópica de amidos de batata-doce, biri, mandioca e taioba e propriedades de expansão após modificação fotoquímica**. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 7, n. 2, p. 129-137, 2004. Disponível em: <http://www.uepg.br/mestrados/mescta/Arquivos/Dissertacoes/APLEVICZ,_KS.pdf>. Acesso em: 15 maio 2012.

LEONEL, M.; et al. Extraction and Characterization of Biri Starch (*Canna edulis*) Brazilian. **Journal food technology**, v.5, p.27-32, 2002.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007.

LIMA, J.A. **Obtenção e caracterização da farinha de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L) Lam) Cv “cenoura” parboilizada**. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de alimentos), Universidade Federal da Paraíba, 112 p., 2001. Disponível em: <<http://www.emepa.org.br/anais/volume1/av116.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2012.

LOOS,P.J;HOOD,L.FEGRAHAM, H.D. Isolation and Characterization of Starch from Breadfruit. **Cereal Chem**; V. 54, p. 282 - 286, 1981.

MATSUGUMA, L.S. **Caracterização do amido de mandioca salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação**. Ponta Grossa, 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Ponta Grossa. Disponível em: <http://www.uepg.br/mestrados/mescta/Dissertacoes/MATSUGUMA,_LS.pdf> Acesso em: 22 maio 2012.

MENDES M. L. M. **Caracterização para fins industriais dos amidos nativo e modificados extraídos de amêndoas de sementes de manga, variedade *Tommy Atkins***. João Pessoa: UFPB, 2011. 132 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2011. Disponível em: <http://bdtb.biblioteca.ufpb.br/tde_arquivos/15/TDE-2011-10-06T081547Z-1210/Publico/arquivototal.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2012.

MILES, M. J.; MORRIS, V. J.; ORFORD, P. D.; RING, S. G. The role of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. **Carbohydrate Research**, v.135, p.271–281, 1985.

MORRISON, W.R. Starch lipids and how they relate to starch granule structure and functionality. **Cereal Food World**, v.40, n.6, p.437-446, 1995.

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**. Dissertação de mestrado (Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 135p., 2003.

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**. (Dissertação Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 73p, 2006. Disponível em: <http://www.fea.unicamp.br/alimentarium/ver_documento.php?did=210&pid=4&p=54&order=autor>. Acesso em: 16 abr. 2012.

REYES, F.G.R. Characterization of starch from ginger root (*Zingiber officinale*). **Starch/Stärke**, v.34, n.2, p.40-44, 1982.

RIBEIRO A. P. L. **Estudo dos amidos de mandioca nativo, modificados e modificados combinados por via química para utilização na indústria alimentícia**. João Pessoa: UFPB, 2011. 111 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2011. Disponível em: <http://btd.d.biblioteca.ufpb.br/tde_arquivos/15/TDE-2011-11-22T101429Z-1304/Publico/arquivototal.pdf> Acesso em: 09 mar. 2012.

SÁ F. M. P. **Avaliação das propriedades funcionais e térmicas do amido da fruta-pão (*artocarpus altilis*) nativo e modificado por succinilação e hidrólise ácida**. João Pessoa: UFPB, 2007. 51 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba João Pessoa, 2007. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/pos/ppgcta/portal/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=20&view=finish&cid=54&catid=33&m=0>. Acesso em: 16 out. 2011.

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

SONI, P.L.; SHARMA, H.W.; DOBHAL, N.P.; BISEN, S.S.; SRIVEVASTAVA, H.C; GHARIA, M.M. The starches of *Dioscorea ballophyiia* and *Amorphophailus companulatus*. **Starch/Starke**, v.37, n.1, p.6-9, 1985.

SINGH, H.; et.al. Influence of prior acid treatment on physicochemical and structural properties of acetylated sorghum starch. **Starch/Stärke**, v. 63, p. 291-301, 2011.

SWINKELS, J. J. M. **Industrial Starch Chemistry: Properties, modifications and applications of starch**. Vendam, AVEBE, 48 p., 1996.

TESTER, R. F. Starch: The polysaccharide fractions. In R. J. Frazier, A. M. Don-ald, & P. Richmond (Eds.), **Starch structure and functionality** p. 163–171 Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1997.

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

TRUBIANO, P. C. **Succinate and Substituted Succinate Derivatives of Starch**. In *Modified Starches Properties and Uses*, 2nd ed.; Wurzburg, O. B., Ed.; CRC: Boca Raton, Florida, p. 131–148, 1987.

VILPOUX, O. Amidos adaptados ao uso nas indústrias de alimentos. **Jornal CERAT/UNESP**, Botucatu, n.70, p.1-2, 1998.

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

WHISLER, R. L.; BEMILLER, J. N. Starch. In R. L. Whisler, & J. N. BeMiller (Eds.), Carbohydrate chemistry for food scientists, St. Paul, Minnesota: **American Association of Cereal Chemists**, p. 117–151, 1997.

YADAV, A.R.; MAHADEVAMMA, S.; THARANATHAN, R.N.; RATEKE, R.S. Characteristics of acetylated and enzyme-modified potato and sweet potato flours. **Food Chemistry**, V.103, 1119–1126, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814606007965>>. Acesso em: 14 jan. 2012.