



Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"

**ADRIANA DE SOUZA VERICIMO**

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE BATATA-DOCE  
(*Ipomoea batatas.L.*) MODIFICADO POR FOSFATAÇÃO**

Assis  
2010

ADRIANA DE SOUZA VERICIMO

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE BATATA-DOCE  
(*Ipomoea batatas.L.*) MODIFICADO POR FOSFATAÇÃO**

Trabalho de conclusão de  
Curso apresentado ao Instituto  
Municipal de Ensino Superior  
de Assis, como requisito do  
Curso de Graduação

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mary Leiva de Faria

Área de Concentração: Química

Assis  
2010

## FICHA CATALOGRÁFICA

VERICIMO, Adriana de Souza

Obtenção e caracterização do amido de batata-doce (*Ipomoea batatas.L.*) modificado por fosfatação / Adriana de Souza Vericimo. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA -- Assis, 2010.

60p.

Orientador: Mary Leiva de Faria.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1. Batata-doce. 2. Amido. 3. Fosfatação.

CDD:660  
Biblioteca da FEMA

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE BATATA-DOCE  
(*Ipomoea batatas.L.*) MODIFICADO POR FOSFATAÇÃO

ADRIANA DE SOUZA VERICIMO

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto Municipal  
de Ensino Superior de Assis, como  
requisito do Curso de Graduação,  
analisado pela seguinte comissão  
examinadora:

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mary Leiva de Faria

Analisador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rosângela Aguilár da Silva

Assis  
2010

## AGRADECIMENTOS

Ao professor, Antônio Martins pela escolha do tema, a professora Mary Leiva de Faria, pela excelente orientação e pelo constante estímulo transmitido durante o trabalho.

Aos meus amigos que durante este período juntos, que contribuíram com a busca do conhecimento, e a todos que colaboraram direta ou indiretamente, na execução deste trabalho.

A minha família, em especial meus pais que sempre entenderam onde eu queria chegar, me auxiliando de diversas formas, me amparando nos momentos necessários.

Ao meu noivo que soube entender que em alguns momentos, não poderia estar presente em sua vida.

Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.

Chico Xavier  
(1910-2002)

## RESUMO

O amido é um carboidrato de reserva produzido pelas plantas e que fornece de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem. É um material amiláceo obtido através da moagem de tubérculos. De fácil extração, apresenta ampla utilização na alimentação humana, bem como nas indústrias têxteis, de papel, siderúrgica, farmacêutica entre outras. O crescimento e aperfeiçoamento da indústria de amido nos últimos anos possibilitaram a introdução de matérias-primas amiláceas ainda pouco exploradas, dentre elas a batata doce. Este trabalho teve como objetivo obter o amido de batata-doce nativo e modificado por fosfatação, comparando as propriedades físico-químicas de ambos, visando um melhor aproveitamento na indústria de alimentos. Após a extração do amido, este foi submetido à modificação por fosfatação, com trimetafosfato de sódio. Os valores de pH foram 6,55 para o amido fosfatado e 5,06 para o amido comum. O amido de batata-doce nativo apresentou maior poder de intumescimento do que o fosfatado. A fosfatação reduz a viscosidade do amido, devido ao limitado poder de inchamento e resistência a mudança de temperatura. Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que o amido de batata-doce pode ser utilizado como substituto do amido de mandioca fosfatado na indústria de alimentos, pois apresenta propriedades semelhantes. O trabalho aborda ainda como o tema amido pode ser trabalhado em escolas do ensino médio.

**Palavras-chave:** Batata-doce; Amido; Fosfatação.

## ABSTRACT

Starch is a storage carbohydrate produced by plants and provides 70 to 80% of the calories consumed by humans. It is a starchy material obtained by grinding the tubers. Easily extracted, has wide use in food as well as in textile, paper, steel, pharmaceuticals and others. The growth and improvement of starch industry in recent years enabled the introduction of raw starchy yet little explored, among them the sweet potato. This study aimed to get the sweet potato starch native and modified by phosphorylation, comparing the physicochemical properties of both, seeking a better use in the food industry. After the extraction of starch, it has been subjected to modification by phosphorylation with sodium trimetaphosphate. The pH values were 6.55 for the starch phosphate and 5.06 for starch common. The sweet potato starch native showed higher swelling power than the phosphate. Phosphorylation reduces the viscosity of starch, due to limited swelling power and resistance to temperature change. The results of this study showed that sweet potato starch can be used as a substitute for cassava starch phosphate in the food industry, as it has similar properties. The paper also discusses how the issue can be worked into high schools.

**Keywords:** Sweet Potato; Starch; Phosphating.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Araruta.....	14
Figura 2	– Inhame.....	15
Figura 3	– Batata.....	16
Figura 4	– Mandioca.....	17
Figura 5	– Batata-doce.....	18
Figura 6	- Variedades de batata-doce.....	20
Figura 7	– Estrutura química da amilose .....	24
Figura 8	- Estrutura química da amilopectina.....	26
Figura 9	– Gelificação e retrogradação da amilose.....	29
Figura 10	–Estrutura de alguns amidos modificados por ação química.....	33
Figura 11	– Estrutura do amido fosfatado monoéster.....	34
Figura 12	– Estrutura do amido fosfatado diéster.....	35
Figura 13	– Estrutura do amido fosfatado diéster, mostrando a ligação cruzada de duas cadeias de amido.....	35
Figura 14	– Efeito dos grupos fosfato na separação das cadeias de amilose.....	36
Figura 15	- Estruturas químicas da D-glicose e D-frutose, respectivamente um poliidroxialdeído e uma poliidroxicetona.....	41
Figura 16	- Moléculas de lactose (A) e sacarose (B).....	42
Figura 17	– Empastamento do amido nativo (C) e fosfatado (F) nos tempos de 0, 5, 10 minutos após o empastamento.....	53

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.</b>	<b>PRINCIPAIS CULTURAS DE TUBEROSAS.....</b>	<b>14</b>
2.1	ARARUTA.....	14
2.2	INHAME.....	15
2.3	BATATA.....	16
2.4	MANDIOCA.....	17
2.5	BATATA-DOCE.....	18
<b>3</b>	<b>AMIDO.....</b>	<b>23</b>
3.1	PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS.....	27
3.2	USOS.....	30
<b>4.</b>	<b>AMIDO MODIFICADO.....</b>	<b>32</b>
4.1	AMIDO MODIFICADO POR FOSFATAÇÃO.....	33
<b>5.</b>	<b>EXTRAÇÃO DE AMIDO DE BATATA-DOCE: UM TEMA PARA O ENSINO DE CARBOIDRATOS.....</b>	<b>38</b>
5.1	A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO.....	38
5.2	EXTRAÇÃO DO AMIDO.....	39
<b>5.2.1</b>	<b>Materiais Utilizados.....</b>	<b>39</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Procedimento Experimental.....</b>	<b>40</b>
5.3	AMIDO E O ESTUDO DOS CARBOIDRATOS.....	40
<b>6.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>44</b>
6.1	AMOSTRAS.....	44
6.2	MATERIAIS E REAGENTES.....	44
6.3	EQUIPAMENTOS.....	45
6.4	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	46
<b>6.4.1</b>	<b>Extração.....</b>	<b>46</b>
<b>6.4.2</b>	<b>Fosfatação.....</b>	<b>46</b>
<b>6.4.3</b>	<b>Caracterização físico-química.....</b>	<b>47</b>

6.4.3.1	Determinação do pH.....	47
6.4.3.2	Propriedade de Expansão.....	47
6.4.3.3	Poder de inchamento.....	48
6.4.3.4	Viscosidade.....	48
6.4.3.5	Empastamento.....	49
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>56</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O amido é um carboidrato de reserva produzido pelas plantas e que fornece de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem (SILVA et al., 2006). É um material amiláceo obtido através da moagem de tubérculos (batata, mandioca, araruta, inhame, batata-doce) ou de outra fonte vegetal (milho, arroz, trigo). De fácil extração, apresenta ampla utilização na alimentação humana, bem como nas indústrias têxteis, de papel, siderúrgica, farmacêutica entre outras (GONÇALVES et al., 2009; ARAÚJO, 2008).

O crescimento e aperfeiçoamento da indústria de amido nos últimos anos possibilitaram a introdução de matérias-primas amiláceas ainda pouco exploradas, dentre elas a batata doce (LEONEL, JACKEY, CEREDA, 1998; ARAÚJO, 2008).

A batata-doce (*Ipomoea batatas L.*) é uma planta de clima tropical ou subtropical, também cultivada em regiões temperadas. É de fácil cultivo, rústica, de ampla adaptação, de alta tolerância e baixo custo de produção (CEREDA et al., 1981). Pelo seu grande potencial energético, e elevado teor de amido pode ser utilizada para consumo direto (*in natura*, doces em calda e massa) e para indústria de amido (ANDRADE et al., 2008).

A batata-doce é uma das hortaliças mais consumidas no Brasil, além de ser uma cultura adaptada a todas as regiões do país. Sua raiz apresenta em média 70,0% de umidade, 0,61% de fibra, 26,0% de carboidratos e 1,08% de cinzas (LEONEL, JACKEY, CEREDA, 1998).

Inserir a batata-doce na dieta alimentar das pessoas como alimento cru tem algumas limitações. A maior delas é o fato deste ser um produto perecível, que não pode ser armazenado por muito tempo (CEREDA et al., 1981).

A grande quantidade de amido na batata doce tem despertado o interesse da indústria, sendo que esta matéria-prima amilácea vem competindo, até certo limite

com a mandioca na fabricação de raspa de fécula, da glicose, do álcool, etc. (CEREDA et al., 1982).

O amido, contudo, possui algumas características que limitam sua utilização industrial, e em decorrência disto, ele pode ser modificado visando um melhor aproveitamento na indústria alimentícia, farmacêutica, de papel entre outras (ARAÚJO, 2008). A obtenção de amidos modificados tem, portanto, o objetivo de superar as limitações dos amidos nativos, e desta forma aumentar o uso desta macromolécula nas aplicações industriais. Assim, o objetivo deste trabalho é obter o amido de batata-doce nativo e modificado por fosfatação, comparando as propriedades físico-químicas de ambos, visando um melhor aproveitamento na indústria de alimentos.

## 2. PRINCIPAIS CULTURAS DE TUBEROSAS

### 2.1 ARARUTA

A araruta (*Maranta arundinaceae* L.) (figura 1) é um tubérculo de origem sul-americana e seus rizomas contêm uma fécula que pode ser utilizada com água ou com leite. Conseqüentemente é utilizado na confecção de vários pratos como biscoitos, bolos, cremes e doces. O rizoma fresco contém, conforme a idade da planta, mais de 20% de amido e possui 1,10% de proteína, 1,20% de matéria graxa, 0,57% de cinzas, 1,51% de fibras, 15,74% de carboidratos totais, 79,88% de umidade e pH 6,9 (PEREIRA et al., 1999; ZÁRETE, VIEIRA, 2005; FERRARI, T. B. et al., 2005 *apud* PÉREZ et al., 1997).



**Figura 1- Araruta (In:<http://gastrolandia.uol.com.br>)**

No Brasil, são três as variedades de importância comercial: a comum, a creoula e a banana, sendo a variedade comum a que produz féculas de melhor qualidade (LEONEL, CEREDA, 2002).

A produção mundial da araruta é pequena, sendo no Brasil, o estado de São Paulo o maior produtor. A importância atual está relacionada com as características culinárias do seu amido, tendo no mercado internacional um preço mais elevado, sendo grande o interesse no setor de produção. A industrialização da araruta, para a obtenção de fécula, poderia racionalizar as indústrias de amido no período de entressafra de outras culturas, também fontes de amido (ZÁRETE, VIEIRA, 2005).

## 2.2 INHAME

O inhame (*Discorea spp.*) (figura 2) é um tubérculo adaptado ao clima tropical, sendo pouco sujeito a ataque de pragas e doenças, sendo muito consumido no nordeste do Brasil, geralmente como substituto do pão. Sua raiz apresenta em média 75,30% de umidade, 20,43% de amido, 0,77% de fibras, 0,13% de proteína, 0,12% de cinzas (SILVA et al., 2006; CONTADO et al., 2009).



**Figura 2- Inhame (In: <http://abecedariovegetal.files.wordpress.com>)**

O inhame vem sendo estudado como fonte alternativa de amido, por possuir propriedades desejáveis, como estabilidade a alta temperatura e baixo pH, além de considerável rendimento na extração de amido (NUNES et al., 2009).

## 2.3 BATATA

A batata (*Solanum tuberosum L.*) (figura 3) é o tubérculo de origem andina que contém elevado teor de vitamina C, proteínas, carboidratos, sendo também importante fonte de minerais, apresentando em média 16% de amido. Em nível mundial é o quarto alimento mais consumido. É de grande importância comercial para o Brasil pelo seu alto potencial de rendimento e pelas suas propriedades nutricionais, sendo essencial para países populosos (QUADROS et al., 2009; LEONEL, 2005 ).

Anualmente a batata, apresenta uma produção em torno de 300 milhões de toneladas, sendo a China, Rússia, Índia, Estados Unidos, Polônia e Ucrânia os maiores produtores. O Brasil ocupa a 20ª posição. Minas Gerais, São Paulo e Paraná são responsáveis por 78% da produção nacional (LEONEL, 2005).



**Figura 3- Batata (In: <http://www.abril.com.br>)**

A batata apresenta cerca de 20% de matéria seca, e dependendo da variedade cultivada, condições de cultivo, época de colheita, terá sua composição alterada, influenciando na qualidade para processamento. Este processamento pode ocorrer de várias maneiras, algumas pouco exploradas no Brasil, dentre elas a produção de flocos, farinhas e féculas e a grande quantidade de produtos extrusados como:

amidos pré-gelatinizados, farinhas instantâneas, *snacks*, sopas, macarrões, biscoitos, etc. São produzidos no mundo cerca de 48,5 milhões de toneladas de amido, sendo a União Européia a maior produtora de amido de batata, cerca de 1,8 milhões de toneladas (LEONEL, 2005).

## 2.4 MANDIOCA

A mandioca (*Manihot esculenta*) (figura 4) é originária do continente americano e é cultivada em mais de 90 países, tendo um papel importante na alimentação humana e de animais e como matéria-prima nas indústrias (alimentícia, química, têxtil, farmacêutica, entre outras) (LEONEL, OLIVEIRA, FILHO, 2005). É uma planta adaptada a solos de baixa fertilidade tendo resistência a pragas e doenças, e elevado teor de amido. Seu amido possui características especiais, tais como menor temperatura de gelatinização, formação de pastas claras, menor quantidade de substâncias acompanhantes (proteína, matéria graxa) e resistência a retrogradação, apresentando vantagens sobre outros amidos em alguns mercados como o de papel e embutidos cárneos (LEONEL, OLIVEIRA, FILHO, 2005; CARVALHO, 2006).

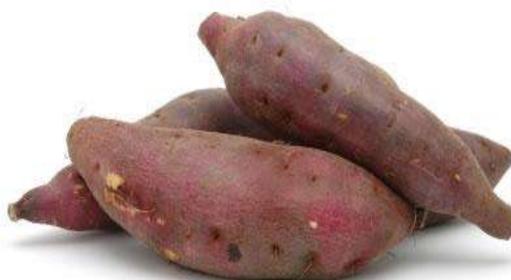


**Figura 4- Mandioca (In: <http://jornaldiariosudoeste.com.br>)**

A mandioca é uma raiz eminentemente calórica, sendo o amido o principal carboidrato, em média 31%. As raízes de mandioca apresentam em média 62% de umidade, 1,3% de fibras, 34% de carboidratos, 0,69% de proteína e 1,1% de cinzas (LEONEL, JACKY, CEREDA, 1998; LEONEL, OLIVEIRA, FILHO, 2005).

## 2.5 BATATA-DOCE

A batata-doce (*Ipomoea batatas L.*) (figura 5) é uma das tuberosas mais populares do Brasil, originária das Américas Central e do Sul se remonta de mais de dez mil anos, com base em estudos arqueológicos na região ocupada pelos Maias, na América Central (SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2010).



**Figura 5 – Batata doce (In: <http://www.ruadireita.com>)**

A quantidade de batata-doce cultivada por área no mundo é de 8.867 (1000 ha), aparecendo como a terceira tuberosa mais cultivada. No Brasil, a área cultivada foi de 18 mil hectares em 1998, com produção de 270 mil toneladas. O Rio Grande do Sul é o maior produtor, seguido pelo Paraná e São Paulo responsável por 12 % da

produção (LEONEL, OLIVEIRA, FILHO, 2005). Por ser uma planta de clima tropical, apresenta diversas vantagens de cultivo (SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2010):

- É uma planta que tem baixo custo de produção, pois demanda menos fertilizantes, irrigação e mão-de-obra;
- Permite colheita prolongada, durante o ano inteiro, com um ciclo curto de 120 a 150 dias;
- Apresenta resistência a pragas e doenças, devido à presença de fitoalexinas, que funcionam como antibiótico natural da planta;
- Sua colheita é mecanizável;
- É protetora do solo, pois a cultura pode ser instalada em leiras que devem ser construídas em nível, formando um eficiente sistema de controle de erosão podendo, portanto, ocupar terrenos mais acidentados;
- É resistente à seca, mas não tolera geada, seu desenvolvimento e produtividade são prejudicados em temperaturas inferiores a 10°C.

As variedades plantadas variam principalmente quanto à cor da casca e cor da polpa (figura 6). O produtor deve escolher aquela que seja mais aceita no mercado onde pretende vender a produção, pois a preferência é variável de local para local. Além da preferência popular, é necessário conhecer a adaptabilidade da cultivar às condições climáticas da região, as suas características de resistência a pragas e doenças, e as características de desenvolvimento da planta (SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2010).



**Figura 6 – Variedades de batata-doce (In: SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2010)**

A batata-doce pode ser consumida na forma assada ou cozida, com ou sem temperos. A batata cozida e amassada pode ser utilizada na confecção de doces e salgados como: purê, pastel, torta doce e salgada, bala, bolo, pudim, doce glaceado entre outros, podendo ser ingrediente principal ou substituto parcial da farinha de trigo. Na indústria de alimentos a batata-doce pode ser transformada em amido ou farinha, utilizando praticamente o mesmo processamento e com a mesma destinação da mandioca, ou ainda ser utilizada na produção de doces em calda ou em massa. Outro destino da produção é alimentação animal (ruminantes, aves, peixes), podendo ser utilizada também para produzir álcool, o que não é comum no Brasil (SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2010).

A batata-doce é uma raiz eminentemente calórica, sendo o amido o principal carboidrato, em média 85%. Comparando-a com outras fontes de amido, possui maior teor de matéria seca, carboidratos, lipídios, cálcio e fibras que a batata, mais carboidratos e lipídios que o inhame e mais proteína que a mandioca. Apresenta também vitaminas, principalmente as do grupo A e B, tornando-se um complemento alimentar para famílias de baixa renda, quando comparada com a composição do arroz, que é utilizada como base alimentar (LEONEL, JACKEY, CEREDA, 1998; SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2010). Na tabela 1 abaixo está aprestada a composição química de 100 g de matéria fresca de batata-doce, mandioca, batata e inhame.

Componente	Unidade	Quantidade			
		Batata-doce	Mandioca	Batata	Inhame
Umidade	%	70	63	78	72
Carboidratos totais	g	26,1	32,4	18,5	23,1
Proteína	g	1,5	1,0	2,1	1,7
Lipídios	g	0,3	0,3	0,1	0,2
Cálcio	mg	32	39	9	35
Fósforo	mg	39	41	50	65
Ferro	mg	0,7	1,1	0,8	1,2
Fibras digeríveis	g	3,9	4,4	2,1	4,0
Energia	kcal	111	141	80	103

**Tabela 1 - Composição química de 100 g de matéria fresca de batata-doce, mandioca, batata e inhame (In: SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2010 *apud* WOOLFE, 1992)**

A batata-doce é uma raiz de onde se pode extrair amido para ser utilizado em diversos produtos. A sua composição pode variar muito de acordo com a variedade, idade e condições de cultivo (ARAÚJO, 2008). Conforme já abordado, devido à grande quantidade de amido na batata doce, esta tuberosa tem despertado o interesse da indústria e compete, até certo limite com a mandioca na fabricação de raspas de fécula, da glicose, etc. (CEREDA et al., 1982). Na tabela 2 está apresentada a composição centesimal da fécula de batata-doce e mandioca.

<b>Constituintes %</b>	<b>Batata-doce</b>	<b>Mandioca</b>
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

**Tabela 2 - Composição centesimal da fécula de batata-doce e mandioca (In: ARAÚJO, 2008, p. 19)**

### 3. AMIDO

O amido é o material amiláceo, do termo greco-latino “*amylum*” que quer dizer material farináceo e é a principal substância de reserva nas plantas, fornecendo de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem. Os depósitos permanentes do amido nas plantas ocorrem nos órgãos de reserva, como é o caso de cereais (milho, arroz e trigo) e de tubérculos e raízes (batata, batata-doce, mandioca, araruta e inhame) (LEONEL, OLIVEIRA, FILHO, 2005; FILHO, 2009).

“Em estado nativo, o amido é insolúvel em água fria, apresentando grânulos parcialmente cristalinos cuja morfologia, composição química e estrutura molecular são características de cada espécie em particular” (VAZ GONÇALVES, 2007).

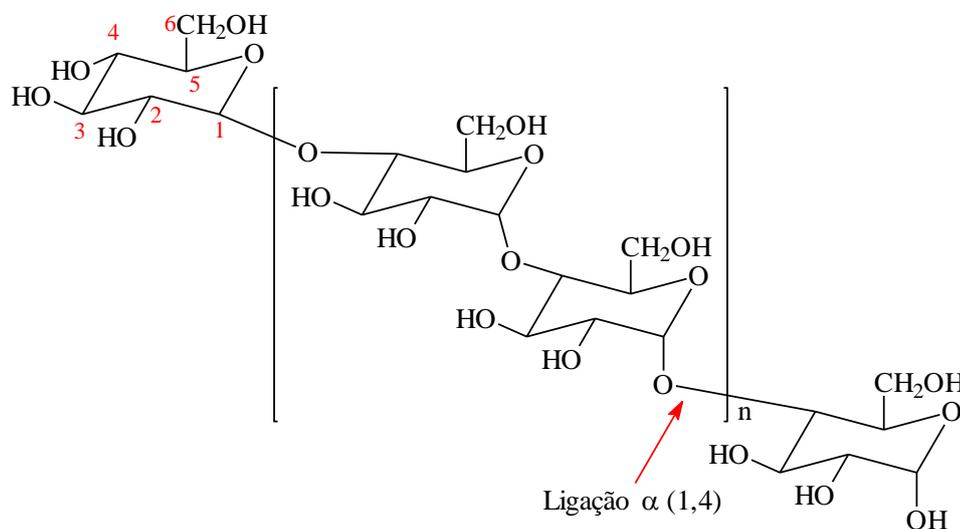
No Brasil, fécula e amido são sinônimos, denominando-se amido, a fração amilácea encontrada em órgãos aéreos como grãos e frutas, e fécula, a fração amilácea de órgãos subterrâneos como raízes e tubérculos. Não há diferenciação química, mas há diferenciação na origem do produto e em propriedades funcionais e tecnológicas (ARAÚJO, 2008; FILHO, 2009).

“Nos cereais, como trigo, o amido ocorre acompanhado de glúten, que é uma proteína a qual resta insolúvel quando se procede a separação do pó de amido. O teor de glúten é importante na qualidade do amido para panificação” (MANO, MENDES, 1999).

A biossíntese do amido ocorre em uma organela subcelular especializada, o amiloplasto. Dentro deles estão as enzimas que catalisam a biossíntese da amilose e da amilopectina que são seus principais constituintes. Amilose e amilopectina são dois polímeros de glicose, responsáveis por aproximadamente 98% do amido em peso seco, sendo que o teor de cada polissacarídeo depende da fonte botânica, o que irá conferir características específicas à pasta do amido, dentre elas a viscosidade e o poder de gelificação, as quais só podem ser evidenciadas após

solubilização dos grânulos e separação. O conteúdo destes polímeros afeta a estrutura do grânulo, as propriedades térmicas, podendo afetar sua aplicação em alimentos industrializados (ARAÚJO, 2008; LOBOS, LEMOS SILVA, 2003; LACERDA, 2006).

A amilose (figura 7) representa de 20 a 30% do amido normal, é um polímero de molécula essencialmente linear na qual é consistindo de mais de 6000 unidades de D-glicose com ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4 (ARAÚJO, 2008; LACERDA, 2006).



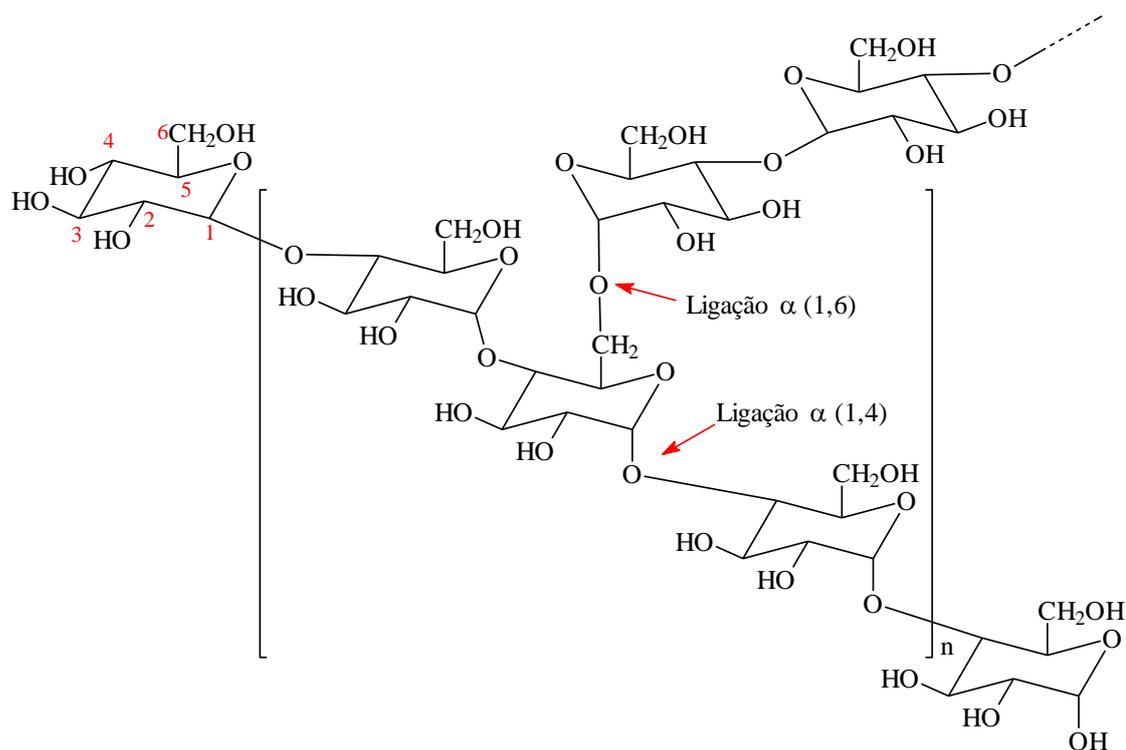
**Figura 7 – Estrutura química da amilose (In: ARAÚJO, 2008, p. 21)**

O teor de amilose em amidos de cereais é maior que aqueles encontrados em amidos de raízes e tubérculos. Na tabela 3 está apresentado o teor de amilose em amidos de cereais e tuberosas.

Fonte de amido	Teor de amilose %
Gengibre	22,2
Mandioca	8-16
Batata-doce	18
Inhame	10-15
Taro	9-17
Biri	27
Araruta	19

**Tabela 3 - Teor de amilose em amidos de tuberosas (In: ARAÚJO, 2008, p. 22)**

A amilopectina (figura 8) é uma macromolécula altamente ramificada e consiste em cadeias lineares de ligações  $\alpha$ -1,4 contendo 10 a 60 unidades de glicose e cadeias laterais de ligação  $\alpha$ -1,6 com 15 a 45 unidades de glicose. É o maior componente do amido compreendendo de 70 a 80% do seu peso. As ramificações ocorrem por conta das ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,6 (ARAÚJO, 2008; FENNEMA, 2000).



**Figura 8 - Estrutura química da amilopectina (In: ARAÚJO, 2008, p. 21)**

Além da amilose e da amilopectina o amido é composto de outros componentes como lipídeos, que estão na forma de lisofosfolipídios e ácidos graxos livres que são relacionados com a fração de amilose, alterando as propriedades reológicas do amido. Outros componentes como proteínas e vários minerais (cálcio, magnésio, fósforo, potássio e sódio) que são, com exceção do fósforo, de pouco significado funcional. Proteínas e várias substâncias inorgânicas podem ser consideradas impurezas, uma vez que não estão ligadas covalentemente com os polissacarídeos formadores do grânulo e que apesar de estarem presentes em menor percentual, podem ter influências marcantes nas propriedades do amido (ARAÚJO, 2008; LACERDA, 2006).

O arranjo estrutural destas macromoléculas permite a formação de áreas cristalinas, onde se concentra a amilopectina e que são responsáveis por manter a estrutura dos grânulos, controlam o seu comportamento na água e os tornam relativamente resistentes ao ataque enzimático e químico. Nas regiões amorfas ou fase gel, se

concentra a amilose que em contraste com a região cristalina, é menos densa, mais suscetível às modificações químicas e enzimáticas e absorve água mais prontamente em temperaturas abaixo da temperatura de gelatinização (VAZ GONÇALVES, 2007).

### 3.1 PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS

A utilização do amido depende, em grande parte, de suas propriedades que dependem da origem do amido e determinam seu aproveitamento em um processamento específico (VAZ GONÇALVES, 2007).

Os grânulos de amido são insolúveis em água fria, mas quando solubilizado em água quente, os grânulos de amido sofrem um processo chamado gelatinização, levando a formação de gel ou pasta que é um dos principais fatores que controla a textura e a qualidade dos alimentos contendo amido (ARAÚJO, 2008; FENNEMA, 2000). O intervalo de temperatura em que isto ocorre é chamado de temperatura de gelatinização. Nesta temperatura, a qual é específica para amidos de diferentes origens, são rompidas as ligações de hidrogênio mais fracas entre as cadeias de amilose e de amilopectina, havendo um aumento das ligações de hidrogênio entre os grupos hidroxilas e as moléculas de água. Os grãos de amido nestas regiões começam a intumescer, formando soluções consideravelmente viscosas (BOBBIO; BOBBIO, 2003; ARAÚJO, 2008; VAZ GONÇALVES, 2007). Portanto, a capacidade de intumescimento ou de inchamento é a relação entre o peso úmido do gel sedimentado e o peso seco do amido (ARAÚJO, 2008; VAZ GONÇALVES, 2007).

A gelatinização é um processo dependente da temperatura e ocorre primeiramente nas regiões amorfas do grânulo, nas cadeias de amilose. Por essa razão amidos que apresentam maiores temperaturas de gelatinização são mais cristalinos, possuindo uma ordem molecular mais forte. Com aquecimento contínuo na mesma temperatura, todas as regiões amorfas são desestabilizadas e as regiões cristalinas começam a gelatinizar. Quando a temperatura é suficientemente elevada, as regiões

amorfos e cristalinos são gelatinizados (ARAÚJO, 2008; FENNEMA, 2000). O inchamento dos grânulos devido à hidratação e a concomitante solubilização das moléculas de amido mostram o término da gelatinização com a formação de uma pasta viscosa. Com o continua expansão dos grânulos, a amilose é lixiviada para a fase aquosa entre os grânulos, assim estas mudanças moleculares levam ao aumento da viscosidade. A amilopectina contribui para o inchamento e empastamento dos grânulos, enquanto a amilose e os lipídios o inibem, devido a isso o comprimento e o peso das moléculas de amilose e amilopectina produzem efeitos que alteram a viscosidade da pasta do amido (ARAÚJO, 2008; FENNEMA, 2000; VAZ GONÇALVES, 2007).

O poder de intumescimento e a solubilidade são propriedades controladas e influenciados pela taxa de amilose/amilopectina, pela fonte botânica utilizada como fonte de amido, época de colheita, quantidade de fibras, pH a que submete a amostra, tratamentos e produtos químicos. O intumescimento do amido aumenta a solubilidade, claridade e viscosidade da pasta formada, contribuindo para importantes características na maioria dos produtos alimentícios à base de amido, como o empastamento e comportamento reológico (ARAÚJO, 2008; VAZ GONÇALVES, 2007).

Ao esfriar, as moléculas de amido se reassociam parcialmente para formar uma estrutura ordenada. Dependendo da concentração das soluções e da velocidade do resfriamento, haverá formação de géis ou de precipitados microcristalinos. Resfriamento rápido de soluções concentradas tendem a formar géis, enquanto soluções mais diluídas, deixadas em repouso, tendem a precipitar. Esses precipitados consistem em uma agregação continua das cadeias de amilose, através da formação de ligações intermoleculares, quando a temperatura é diminuída depois da gelatinização, e dá-se o nome de retrogradação (figura 9) (BOBBIO; BOBBIO, 2003; ARAÚJO, 2008).



**Figura 9 – Gelificação e retrogradação da amilose (In: BOBBIO; BOBBIO, 2003, p. 64)**

A retrogradação resulta em mudanças na textura da pasta cozida e nas propriedades reológicas do amido. A retrogradação causada pela amilose consiste num processo rápido de poucas horas, devido sua estrutura linear, enquanto a retrogradação causada pela amilopectina, se desenvolve em um processo de vários dias (ARAÚJO, 2008; FENNEMA, 2000).

Segundo BOBBIO; BOBBIO (2003, p. 64) “No processo de retrogradação há sempre libertação de moléculas de água anteriormente ligadas às cadeias de amilose, e esse fenômeno é denominado sinérese”.

### 3.2 USOS

O amido apresenta uma grande variedade de funções e aplicações e em decorrência disto tem sido utilizado na indústria de alimentos. Seu uso deve-se à sua característica de poder ser utilizado de diversas formas, nativo ou modificado, como ingrediente de valor calórico e responsável por melhorar as propriedades funcionais como facilitar o processamento, fornecer textura, servir como espessante em sopas, caldos, e molhos de carne, ser ligante em embutidos de carne, estabilizante em molhos de salada e até mesmo como proteção dos alimentos durante o processamento, entre outros (FENNEMA, 2000; LACERDA, 2006; SILVA et al., 2006).

Para ser utilizado como espessante uma alta viscosidade é requerida, para isso é preciso controlar a retrogradação durante o resfriamento do produto. O poder de gelificação é uma das propriedades mais importantes do amido, pois possibilita a absorção de até 2,5 mil vezes seu peso em água durante o aquecimento, que em excesso causa o intumescimento irreversível, sensibilizando os grânulos ao estresse mecânico, térmico e acidez do meio. Mas, uma vez resfriado ou congelado os grânulos de amido se reagrupam, liberando água e danificando o produto (SILVA et al., 2006).

Os produtos de hidrólise enzimática, procedimento muito utilizado na indústria Norte-Americana e na Europa quando o objetivo é um produto mais refinado como a glicose ou xarope concentrado de maltose, são utilizados nas indústrias de balas, doces, chocolates, bolos, biscoito, assim como nas indústrias de geléias e de sobremesas, como anti-cristalizante, adoçante e por sua higroscopicidade (LACERDA, 2006).

O amido apresenta um importante papel no controle de características de um grande número de alimentos processados. É utilizado na fabricação de balas de goma, sagu, embutidos de carne como mortadela, salsicha, produtos congelados como nuggets, empanados, pastéis, creme para recheios e coberturas de tortas e bolos,

caldo de carne, alimento infantil, pó para sorvete, iogurtes, catchup, mostarda, maionese, biscoitos (waffer, cream cracker, sequilhos, amanteigados) e copos para sorvete. Pode ser utilizado também como misturas em massas de pão de queijo semi-prontas (CARVALHO, 2006).

## 4. AMIDO MODIFICADO

Os amidos naturais ou nativos recebem essa nomenclatura para diferenciarem-se dos amidos modificados. As modificações devem ser consideradas em relação às propriedades físicas ou químicas dos amidos nativos, que com frequência não são as mais adequadas para processamentos específicos (CEREDA, VILPOUX, DEMIATE, 2003).

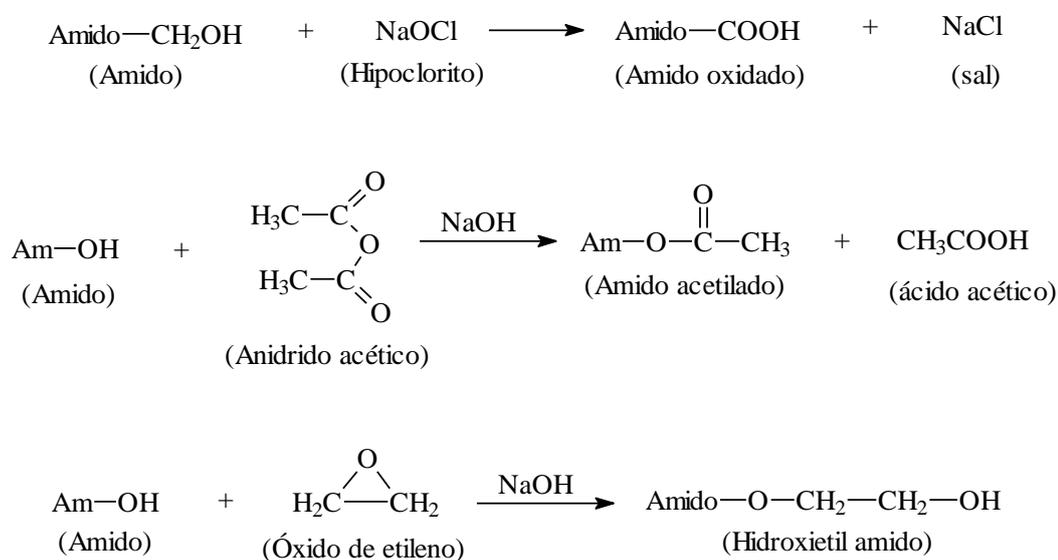
Segundo Cereda, Vilpoux Demiate (2003, p. 246), “os grânulos não modificados do amido nativo hidratam facilmente, intumescem rapidamente, rompem-se, perdem viscosidade e produzem uma pasta espessa, bastante elástica e coesiva”.

As modificações do amido usadas no preparo de alimentos possuem um fator importante que proporciona propriedades funcionais de espessamento, gelificação e formação de filmes, permitindo melhorar a retenção de água, aumentar a estabilidade, melhorarem a sensação de paladar e brilho, gelificar, dispersar ou conferir opacidade, alterando muitas propriedades da qual são fortemente dependentes como: calor, pH, viscosidade, agitação mecânica e retrogradação (CEREDA, VILPOUX, DEMIATE, 2003; ARAÚJO, 2008).

O amido modificado pode ser obtido através de modificações físicas, químicas, enzimáticas e combinada. As modificações físicas do amido compreendem qualquer tratamento do amido sob ação do calor, pressão ou ação mecânica, obtendo-se a partir dela: dextrinas, amidos pré-gelatinizados, *annealing*, e amidos de baixa umidade (CEREDA, VILPOUX, DEMIATE, 2003).

As modificações do amido por vias enzimáticas consistem em tratamentos na presença de pequenas quantidades de enzimas, a fim de obter produtos solubilizados ou parcialmente hidrolisados, obtendo-se deste modo: dextrinas, maltodextrinas (maltose e glicose, a partir desta se produz sorbitol). Já as modificações químicas consistem em qualquer tratamento do amido, na presença de

substâncias químicas e constituem-se em: amidos oxidados, ácido-modificado, hidroxipropilados, fosfatados, esterificados/eterificados (acetilados, succinatos, adipatos, catiônicos, aniônicos, anfóteros, cross linking) (figura 10). Modificações do amido por tratamento combinado são frequentemente utilizadas, pois, algumas modificações não são suficientes para obter propriedades desejadas para certas aplicações, e podem ser obtidas combinando-se dois ou mais tratamentos (CEREDA, VILPOUX, DEMIATE, 2003; ARAÚJO, 2008).



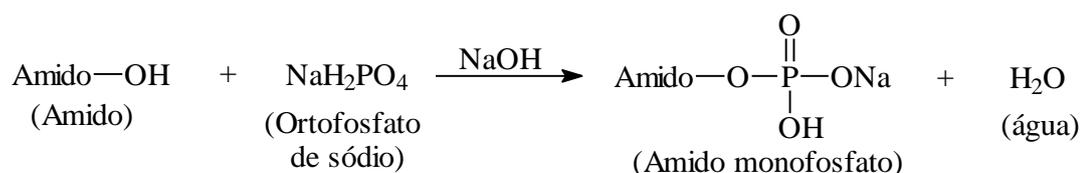
**Figura 10 – Estrutura de alguns amidos modificados por ação química (In: CEREDA, VILPOUX, DEMIATE, 2003, p. 276, 291, 309)**

#### 4.1 AMIDO MODIFICADO POR FOSFATAÇÃO

As modificações químicas do amido visam a formação de produtos em que as cadeias sejam menores ou sejam interligadas, adquirindo substituintes volumosos, deixando-os mais resistentes ao calor e reduzindo o tamanho dos grânulos, dificultando a formação de gel. As propriedades funcionais e químicas obtidas com a modificação dependem da fonte de amido, condições de reação, tipo de substituinte

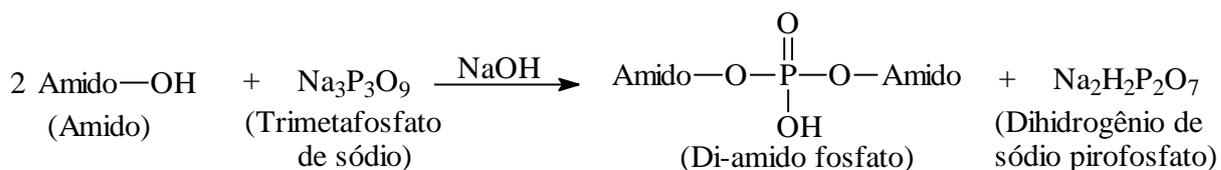
e da extensão da substituição. A fosfatação do amido, por exemplo, reduz a temperatura de gelatinização e torna o gel mais resistente a retrogradação (ARAÚJO, 2008).

A modificação química pelo método da fosfatação pode ser dividida em dois grupos: amido fosfatado monoéster e amido fosfatado diéster. O amido fosfatado monoéster (figura 11) pode ser preparado por reação do amido com tripolifosfato de sódio ou ortofosfato de sódio em alta temperatura. Esta modificação caracteriza-se por aumentar o poder de intumescimento e solubilização dos grânulos, reduzir a retrogradação e temperatura de gelatinização, aumentar a claridade da pasta e adquirir melhor estabilidade a ciclos de congelamento/descongelamento (CEREDA, VILPOUX, DEMIATE, 2003; ARAÚJO, 2008).



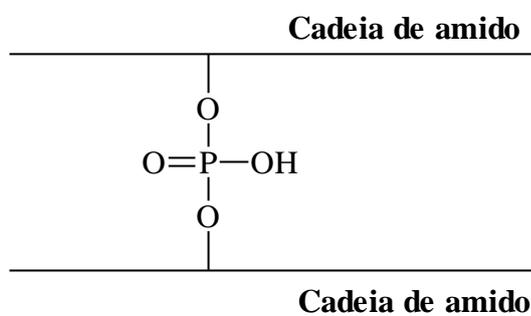
**Figura 11 – Estrutura do amido fosfatado monoéster (In: CEREDA, VILPOUX, DEMIATE, 2003, p. 290)**

O amido fosfatado diéster (figura 12) pode ser obtido utilizando reagentes como trimetafosfato de sódio.



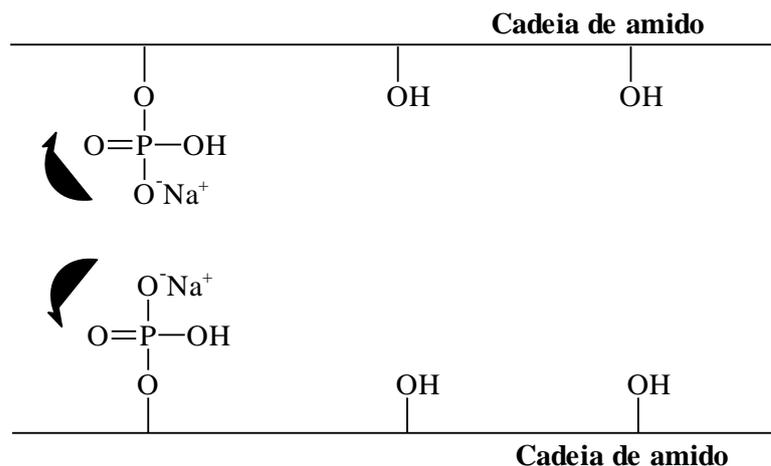
**Figura 12 – Estrutura do amido fosfatado diéster (In: CEREDA, VILPOUX, DEMIATE, 2003, p. 290)**

A figura 13 demonstra a ligação cruzada de duas cadeias de amido no amido fosfatado diéster.



**Figura 13 – Estrutura do amido fosfatado diéster, mostrando a ligação cruzada de duas cadeias de amido (In: Adaptado de CEREDA, VILPOUX, DEMIATE, 2003, p. 306)**

A retrogradação prejudica o uso de amido em alimentos estocados por um longo período, principalmente se for refrigerado, fator que acelera este fenômeno, ocorrendo assim, a perda de água por sinérese. A retrogradação é evitada com a fosfatação, pois as cadeias de amilose são mantidas separadas pela eliminação de alguns radicais hidroxila e pela introdução de radicais carregados negativamente, que irão se repelir (figura 14). Desta maneira, pode ser utilizado em alimentos refrigerados ou congelados, sendo indicado para a produção de gelatinas, gomas coloidais que conferem estabilidade ao congelamento (CEREDA, VILPOUX, DEMIATE, 2003; ARAÚJO, 2008).



**Figura 14 – Efeito dos grupos fosfato na separação das cadeias de amilose (In: Adaptado de BOBBIO; BOBBIO, 2003, p. 66)**

O amido fosfatado diéster apresenta menor viscosidade e isso se deve ao aumento do nível de intercruzamento, que reforça as ligações de hidrogênio naturais, com ligações químicas que agem como pontes entre as moléculas de amido, tornando-as mais rígidas em seu interior, retardando desta maneira a velocidade de absorção de água. Isto reduz consequentemente, a sensibilidade do grânulo intumescido à ruptura. Por possuir baixa viscosidade, o amido fosfatado diéster pode ser gelificado em água com concentrações mais elevadas, de 10 a 65% em peso. Já o amido nativo pode ser adicionado até 10%. Desta forma, seu uso é necessário onde se deseja um elevado teor de sólidos, mantendo a viscosidade em níveis que permitam boa eficiência de trabalho e bombeamento (CEREDA, VILPOUX, DEMIATE, 2003).

O intercruzamento altera a transição térmica característica do amido, aumentando a temperatura de gelatinização. Este fenômeno se deve à redução da mobilidade das cadeias amorfas do grânulo de amido, resultado das pontes intermoleculares formadas (ARAÚJO, 2008).

Na indústria alimentícia o amido modificado também pode ser utilizado para reduzir o teor de gordura em produtos *light*, como substituinte da gordura tradicional contida no alimento, pois apresenta certas propriedades desejáveis de uma substância

gordurosa, não apresentando as características indesejáveis das mesmas, e não aumentando o valor calórico do alimento (ARAÚJO, 2008).

Além do uso na indústria alimentícia, o amido fosfatado pode ser utilizado também em (CEREDA, VILPOUX, DEMIATE, 2003):

- Siderúrgicas, onde é utilizado para ligar os materiais usados na confecção de moldes de fundição de metais e ligas metálicas;
- Mineradoras, onde o amido pode ser utilizado como agente depressor, sendo útil na separação de minérios;
- Indústrias têxteis, sendo usado na engomagem;
- Indústria de papel, utilizado para aumentar a resistência à umidade, como nas toalhas de papel.

## 5. EXTRAÇÃO DE AMIDO DE BATATA-DOCE: UM TEMA PARA O ENSINO DE CARBOIDRATOS

### 5.1 A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO

O processo de ensino-aprendizagem consiste na transferência de conhecimento entre professor e aluno e muitas vezes esta relação se encontra enfraquecida e não acontece como deveria. O aluno é tratado com freqüência como um ouvinte das informações que o professor transmite, sendo passivo em relação ao aprendizado. Estas informações são transmitidas induzindo os alunos à memorização do conteúdo, sem que ocorra uma interação com o conhecimento adquirido ao longo dos anos, ou seja, na maioria dos casos não há interação com o cotidiano dos alunos, o que dificulta associar o conteúdo exposto em sala de aula. Quando há relação entre o que o aluno já sabe e o que está aprendendo, a aprendizagem se torna mais significativa (OLIVEIRA, GOUVEIA, QUADROS, 2009).

Uma das formas de suprir a necessidade de interação do conteúdo aplicado em sala de aula e o cotidiano do aluno é aplicar experimentos em sala de aula, de forma que o aluno consiga associar fatos que acontecem em casa com o conteúdo dos livros. A experimentação pode ser uma estratégia eficiente para criar situações reais que permite ao aluno relacionar e questionar o conteúdo aplicado de forma que o processo de ensino-aprendizagem seja mais prazeroso e construtivo para o aluno. No entanto, o professor encontra algumas dificuldades em realizar aulas mais atraentes e motivadoras, em muitas vezes por falta de recursos financeiros e/ou por dispor de pouco tempo para preparar as aulas (GUIMARÃES, 2009).

Para mudar este conceito atual de ensino deve-se substituir uma forma de pensar por outra. Dessa forma a aprendizagem passa a ter outro entendimento que vai além da memorização (OLIVEIRA, GOUVEIA, QUADROS, 2009). Utilizando temas como: produção de energia, remédio, alimentos entre outros, pode-se chegar mais próximo da realidade do aluno. A batata-doce é um alimento energético fonte de amido,

comumente utilizado no cotidiano dos alunos como fonte de alimentação, sendo um bom exemplo de aplicação deste conceito de ensino-aprendizagem apresentado anteriormente. Uma proposta que une cotidiano do aluno e conteúdo aplicado em sala de aula é a extração de amido, que é utilizado em diversos alimentos no mercado.

## 5.2 EXTRAÇÃO DO AMIDO

A fonte de amido para este experimento de baixo custo é a batata-doce, a qual é rica neste tipo de carboidrato. Para efetuar a extração do amido de batata-doce em sala de aula, não é necessário dispor de equipamentos e reagentes caros, sendo utilizados equipamentos e materiais de uso doméstico.

### 5.2.1 Materiais Utilizados

- Liquidificador;
- Ralador de alimentos;
- Faca;
- Colher de sopa;
- Recipientes de plástico;
- Saco de algodão;
- Sal de cozinha;
- Água.

### 5.2.2 Procedimento Experimental

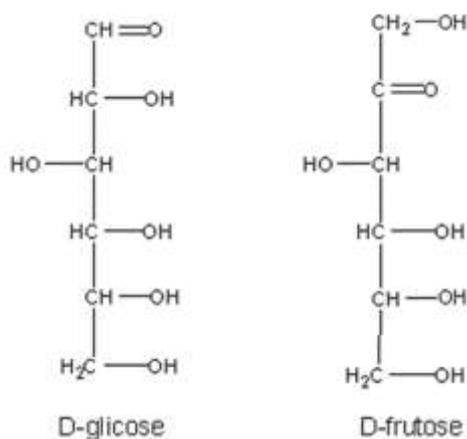
Primeiramente retira-se a casca da batata-doce, deixando-a em um recipiente contendo água e uma colher bem cheia de sal de cozinha, para evitar o escurecimento do alimento. Após esta etapa, é necessário ralar a batata-doce com o auxílio de um ralador de alimentos. Feito isso deve-se moer a batata-doce no liquidificador acrescentando um pouco de água para facilitar o processamento, o que resultará em um líquido bem espesso que deverá ser coado em saco de algodão, a fim de separar o amido da parte espessa (massa). O líquido depositado no recipiente após a etapa de coagem deve ser deixado em repouso para decantação do amido e a massa que ficou no saco deve ser descartada. Quando uma faixa branca se depositar por completo no fundo do recipiente, indica que o amido foi extraído. Deve-se então, retirar água do recipiente e deixá-la no sol para secagem. Quando seco o amido se desprende do fundo do recipiente tornando possível sua armazenagem e posterior utilização.

### 5.3 AMIDO E O ESTUDO DOS CARBOIDRATOS

Com o experimento proposto é possível trabalhar vários conteúdos referentes ao amido, inclusive que esta biomolécula é um carboidrato, e que os carboidratos pertencem a um dos maiores grupos de compostos orgânicos encontrados na natureza, podendo ser chamados de poliidroxi aldeídos ou poliidroxi cetonas.

É possível abordar que o termo carboidrato se remete a hidratos de carbono, designado da fórmula geral  $(CH_2O)_n$ , que é apresentado pela maioria das moléculas. É o principal meio de fornecimento energético para as células animais, além de atuar como elemento estrutural da parede celular das plantas. Pode-se também salientar que os carboidratos podem ser classificados em: monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos (BOBBIO, BOBBIO, 2003) e depois abordar

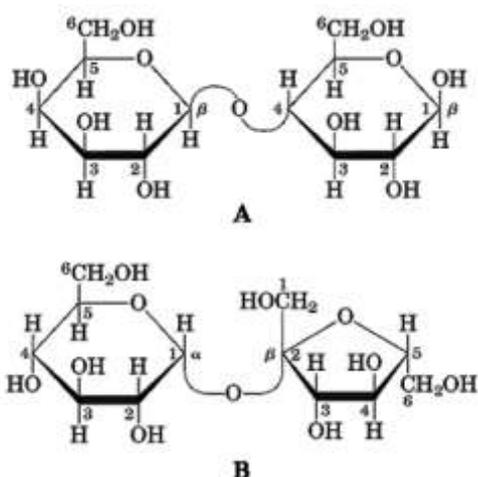
estes e outros conceitos importantes como ilustrado a seguir. É possível definir que os monossacarídeos são constituídos somente de uma unidade de poliidroxiáldeídos ou cetonas, as quais podem ter de três a sete átomos de carbono, como por exemplo, a glicose e a frutose (figura 15) que são os açúcares das frutas. Depois pode-se abordar que a glicose serve como fonte de energia para os seres humanos, que a mesma é sólida em temperatura ambiente, solúvel em água e insolúvel em solventes não polares. Outro assunto que pode ser trabalho é que os açúcares, por possuírem capacidade de serem oxidados por íons  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$ , são chamados de redutores e que este princípio é utilizado na análise de açúcares, e já foi utilizado para determinar os níveis de glicose no sangue e na urina como diagnóstico de diabetes (JUNIOR, 2008).



**Figura 15 - Estruturas químicas da D-glicose e D-frutose, respectivamente um poliidroxiáldeído e uma poliidroxicetona (In: JUNIOR, 2008, p. 8)**

É possível dizer que os oligossacarídeos são constituídos por cadeias curtas de monossacarídeos, sendo que os mais comuns são os dissacarídeos, como a sacarose (açúcar da cana) e a lactose (açúcar do leite) (figura 16). Aspectos importantes sobre estes açúcares também podem ser salientados. Por exemplo, pode-se enfatizar que sacarose é utilizada na produção de etanol, cuja obtenção se dá por fermentação e até discutir as questões químicas desta transformação. Neste

mesmo foco é possível abordar que a lactose também sofre reação de fermentação e que o processo de fermentação láctea é utilizado na produção de queijos e iogurtes. Outro conceito que pode ser transmitido é que os monossacarídeos formadores dos dissacarídeos são unidos por uma ligação glicosídica e que esta ligação ocorre pela condensação entre o grupo hidroxila de um monossacarídeo com o carbono anomérico (carbono 1 das estruturas A e B ilustrado na figura 16) de outro monossacarídeo. Pode-se enfatizar também que na extremidade na qual o carbono anomérico está localizado é a extremidade redutora e que quando o carbono anomérico de ambos os monossacarídeos reage para formar a ligação glicosídica, o açúcar não é mais redutor, sendo este o caso da sacarose. Já a lactose (uma molécula de galactose e outra de glicose) é um açúcar redutor, pois o carbono anomérico encontra-se disponível (JUNIOR, 2008).



**Figura 16 - Moléculas de lactose (A) e sacarose (B), dois importantes dissacarídeos encontrados na cana e no leite, respectivamente (In: JUNIOR, 2008, p. 9)**

Pode-se ainda conceituar os polissacarídeos como açúcares que contêm em sua estrutura molecular mais de 20 unidades de monossacarídeos, sendo a forma predominante dos carboidratos na natureza. Abordar que sua diferenciação é efetuada pela unidade de monossacarídeo que o compõe, comprimento e

ramificação das cadeias, podendo assim, serem divididos em dois grupos (JUNIOR, 2008):

- Homopolissacarídeo, quando possuem apenas um tipo de monossacarídeo, como, por exemplo, amido e glicogênio;
- Heteropolissacarídeo, quando apresentar dois ou mais tipos de monossacarídeos, como, por exemplo, a glicosamina.

Com os conceitos abordados pode-se mostrar então, que amido é um carboidrato, pertencente à classe dos homopolissacarídeos. É possível abordar também, questões estruturais e dizer que o amido é formado por dois tipos de polímeros de glicose: a amilose e a amilopectina, que se diferenciam pela ramificação da cadeia. A amilose (Figura 7) é linear e a amilopectina (Figura 8) é ramificada (BOBBIO, BOBBIO, 2003). Outro assunto que pode ser explorado é que o amido não apresenta sabor adocicado e exerce a função de armazenamento energético de células vegetais.

Pode-se abordar também a aplicação do amido nos diversos setores da indústria, salientando que sua aplicação mais conhecida é na indústria alimentícia. O amido é utilizado em alimentos para dar viscosidade a líquidos e pastas, formando géis, estabilidade de emulsões (molho de salada), retenção de umidade entre outras finalidades. Sua aplicação vai desde a fabricação de balas de goma, sagu, embutidos de carne como mortadela, salsicha, produtos congelados como nuggets, empanados, pastéis, creme para recheios e coberturas de tortas e bolos, caldo de carne, alimento infantil, pó para sorvete, iogurtes, catchup, mostarda, maionese, biscoitos (waffer, cream cracker, sequilhos, amanteigados), copos para sorvete, podendo até ser utilizado em misturas de massas para pão de queijo semi-prontas (CARVALHO, 2006).

## 6. MATERIAIS E MÉTODOS

### 6.1 AMOSTRAS

A batata-doce utilizada foi adquirida em um supermercado local, sendo da variedade paulista.

### 6.2 MATERIAIS E REAGENTES

- Metabissufito de potássio 0,2%;
- Sulfato de sódio (Quimex);
- Trimetafosfato de sódio (Merck);
- Hidróxido de sódio 1 M;
- Ácido clorídrico 1 M;
- Funil de vidro;
- Pipeta de plástico de 3 mL;
- Balão volumétrico de 50 mL e 2000 mL;
- Bastão de vidro;
- Recipiente de plástico;
- Faca;

- Espátula;
- Béquer de 250 mL e 2000 mL;
- Almofariz;
- Pistilo;
- Tubos de ensaio;
- Placas de petri;
- Proveta graduada de 100 mL e 250 mL;
- Assadeira de alumínio;
- Painço.

### 6.3 EQUIPAMENTOS

- Liquidificador;
- Processador de alimentos;
- Forno elétrico;
- Balança Analítica (Gehaka, AG 200);
- Semi-Analítica (Tecnal, B-Tec-1300);
- pHmetro (Tecnal, Tec-2 mp);
- Banho-Maria (Tecnal, TE-056);
- Centrífuga (Celm, Cambate);

- Estufa de circulação de ar (Marconi, MAO-35);
- Estufa de secagem (Tecnal, mod. TE 397/4);
- Agitador magnético macro com aquecimento (mod. 0261-22).
- Viscosímetro RVT (Rápido Visco Analisador) (Brookfield, 1)

## 6.4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### 6.4.1 Extração do Amido

A batata-doce foi lavada e descascada manualmente, imersa em solução de metabissulfito de sódio (0,2%) por 24 horas. Após este período o material foi picado e ralado com o auxílio de um processador de alimentos e batido em liquidificador com o acréscimo de água destilada. A massa resultante foi filtrada em saco de algodão onde a água com amido foi separada do restante do produto. O produto resultante foi depositado em um recipiente com água destilada e filtrado novamente, este procedimento foi repetido mais uma vez. O amido foi separado da água por decantação e seco em estufa de circulação de ar a 50°C por 24 horas. Após a secagem o amido foi moído.

### 6.4.2 Fosfatação do Amido

Pesou-se em béquer 100 g do amido de batata-doce, 10 g de sulfato de sódio e 12 g de trimetafosfato de sódio. Estes reagentes foram misturados em 140 mL de água. A mistura foi ajustada para pH 11 com a adição de hidróxido de sódio 1 M, e foi

submetida a agitação por 3 horas em banho-maria a 45°C. Após este período a suspensão foi ajustada para pH 6,5 com a adição de ácido clorídrico 1 M, e então centrifugada por 10 minutos. Em seguida o precipitado foi lavado 7 vezes com água destilada. Depois o sólido obtido foi seco por uma noite a 50°C em estufa de circulação de ar. O amido fosfatado obtido foi então moído e armazenado sob refrigeração em embalagem fechada.

### **6.4.3 Caracterização físico-química**

As características físico-químicas das amostras de amido estudadas foram: pH, propriedade de expansão, poder de inchamento, viscosidade e empastamento.

#### **6.4.3.1 Determinação do pH**

Para determinação do pH, foi pesado 20 g de amido nativo e 20 g de amido modificado. Cada amostra foi dispersa em 100 mL de água destilada e a suspensão agitada por 30 minutos. Cessada a agitação mediu-se o pH de cada amostra imediatamente em pHmetro calibrado, à temperatura ambiente.

#### **6.4.3.2 Propriedade de Expansão**

Para avaliar a propriedade de expansão, 12 g de amido foram parcialmente gomificados com 10 mL de água destilada em ebulição. Após a homogeneização manual do amido, a massa foi dividida em três esferas com tamanhos iguais, sendo levadas a um forno elétrico pré-aquecido a 200°C e assadas por 25 minutos. Ao final desse período, após resfriarem as esferas foram pesadas. A densidade dos biscoitos

foi determinada pelo método do deslocamento do painço, determinando o volume da esfera em proveta graduada. Relacionou-se o peso obtido com o volume de painço deslocado em proveta. O resultado da expansão foi expresso em volume específico, em mL/g.

#### 6.4.3.3 Poder de inchamento

O poder de inchamento foi determinado em diferentes temperaturas: 50, 60, 70, 80 e 90°C. A análise foi desenvolvida em tubos de centrífuga de 10 mL, que foram devidamente pesados e anotados suas massas. Foi feita a suspensão em 7,5 mL de água destilada e 47 mg da amostra, a qual foi colocada em banho-maria nas temperaturas citadas, sendo mantida em suspensão por agitação mecânica. Após 30 minutos de tratamento térmico, os tubos foram levados a centrifuga por 10 minutos para separação de fases. O sobrenadante foi descartado e o precipitado pesado para expressar o poder de inchamento em vezes de ganho de peso em relação à massa de amostra inicial.

#### 6.4.3.4 Viscosidade

Dentro de um balão de reação de 1000 mL, preparou-se 600 mL de uma solução 10% do amido a ser analisado. Colocou-se o balão na manta aquecedora e foi feita as conexões com o agitador, mantendo-se a agitação a velocidade de 600 RPM. O aquecimento foi ligado. A solução de amido foi mantida a 90°C por 30 minutos. Nos instantes finais do cozimento, elevou-se a temperatura para 94°C. Ao término dos 30 minutos, a goma foi transferida para um béquer de 600 mL. Colocou-se o béquer contendo a goma de amido sob o viscosímetro até submergir. Foi inserido o spin até a marcação. O viscosímetro foi ligado e aguardou-se até que a goma atingisse 90°C

e a leitura no dial se estabilizasse por duas voltas nessa temperatura. O resultado foi anotado para posterior discussão.

#### 6.4.3.5 Empastamento

Para o estudo do empastamento, foram feitas suspensões aquosas de amido 5% (p/p), aquecidas e fotografadas em três momentos: no início, 5 e 10 minutos após o empastamento.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A extração do amido foi efetuada segundo metodologia de Araújo (2008) e Pereira et al. (2007). A batata-doce foi deixada de molho em solução 0,2% de metabissufito de potássio, com o intuito de amolecer as raízes e facilitar a liberação do amido na trituração, além de evitar o escurecimento enzimático e o crescimento microbológico. Foi utilizado 3192,3 g de batata-doce, obteve-se 485,78 g de amido, sendo 15,22% em peso da amostra original.

Uma parte da batata-doce foi destinada para determinação da umidade conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985). Esta análise foi realizada em triplicata, obtendo-se 27,93% de matéria seca. O valor de massa seca total foi determinado usando o seguinte calculo:

**Massa seca total = massa de batata-doce utilizada x porcentagem de matéria seca**

Obteve-se 891,60 g de massa seca total. O rendimento da extração do amido foi obtido, segundo a fórmula abaixo:

**Massa do amido/massa seca total x 100 = rendimento da extração**

O rendimento da extração foi de 54,48% da matéria seca do produto.

A fosfatação do amido foi realizada segundo a metodologia proposta por Araújo (2008), obteve-se 103,47 g de amido fosfatado. Este amido modificado foi comparado com o amido nativo, com relação a algumas propriedades físico-químicas dentre elas: pH, propriedade de expansão, poder de inchamento, viscosidade e empastamento. A análise destas propriedades foram efetuadas segundo metodologia proposta por Silva et al. (2006), exceto a viscosidade que seguiu a metodologia empregada pela empresa Rudolf Sizing Amidos do Brasil Ltda.

Os valores de pH das amostras foram 6,55 para o amido fosfatado e 5,06 para o amido comum. O valor do pH do amido implica diretamente em sua aplicação final, podendo ser agradável em alguns casos e injeável em outros. Por isso se deve conhecer o pH do amido para indicar onde será sua aplicação (ARAÚJO, 2008).

As amostras de amido nativo e modificado apresentaram valores de expansão de 1,64 e 0,67 mL/g, respectivamente. Por apresentar baixa expansão o amido de batata-doce nativo e modificado não pode ser utilizado em produtos que necessitam dessa propriedade como, biscoitos de polvilho e pão de queijo (SILVA et al., 2006).

Na tabela 4, é apresentado o poder de inchamento dos grânulos de amido, podendo observar-se que o amido nativo apresenta um maior poder de inchamento do que o amido fosfatado.

Amostra	Poder de inchamento				
	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Amido Nativo	1,98	2,88	4,73	17,95	18,88
Amido Fosfatado	1,77	1,87	2,79	6,83	6,85

**Tabela 4 – Valores de poder de inchamento expresso em vezes de aumento de peso.**

O poder de inchamento aumentou de acordo com o aumento da temperatura. O resultado observado para o poder de inchamento a 90°C (18,88) do amido nativo foi similar ao observado por Araújo (2008), que foi de 20,3. No caso do amido fosfatado o inchamento também foi proporcional ao aumento da temperatura, porém, bem menores que o amido nativo. Desta forma, pode-se concluir que a fosfatação é capaz de reduzir o poder de inchamento do amido, fato também observado por Araújo (2008).

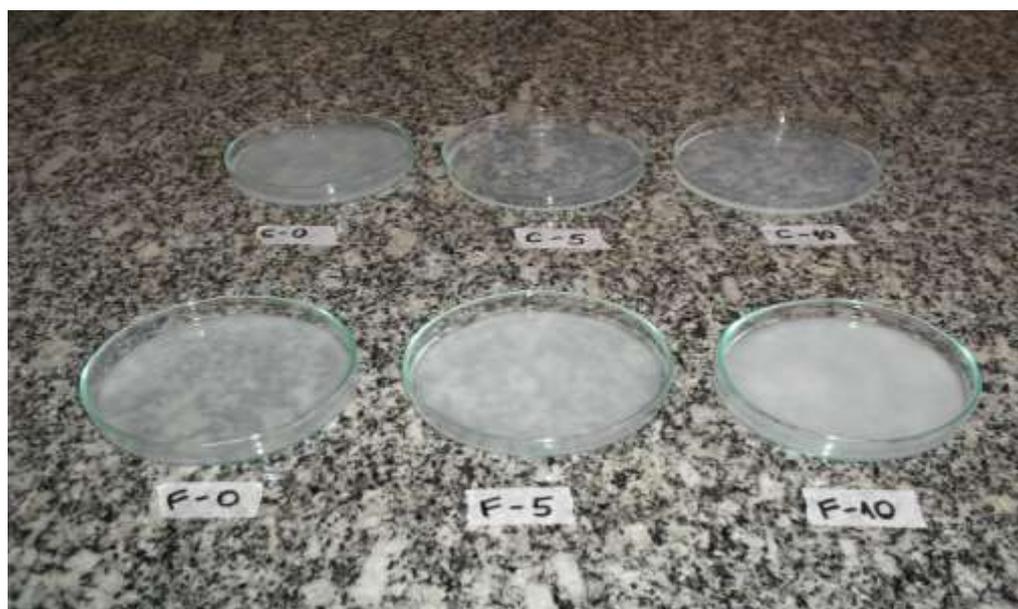
A redução no poder de inchamento do amido fosfatado se deve ao fato de que o intercruzamento fortalece as ligações entre as cadeias de amido, reforçando as ligações de hidrogênio e aumentando a resistência dos grânulos de amido ao inchamento (ARAÚJO, 2008).

A viscosidade apresentada pelas amostras de amido nativo e fosfatado foi de 140 e 14 CPS, respectivamente. Foi possível mostrar e confirmar que a fosfatação reduz a viscosidade do amido, devido ao limitado poder de inchamento e resistência a mudança de temperatura. Conforme já abordado anteriormente, a redução da viscosidade se deve ao aumento do nível de intercruzamento, que reforça as ligações de hidrogênio naturais, com ligações químicas que agem como pontes entre as moléculas de amido, tornando-as mais rígidas em seu interior, retardando desta maneira a velocidade de absorção de água. Isto reduz conseqüentemente, a sensibilidade do grânulo intumescido à ruptura (CEREDA, VILPOUX, DEMIATE, 2003).

Conhecer a viscosidade é fundamental, pois de acordo com o tipo de alimento uma viscosidade maior ou menor pode ser desejável. Quando uma alta viscosidade é requerida o amido pode ser utilizado em recheios de tortas, uma vez que se quer evitar o transbordamento no transporte. Quando uma baixa viscosidade é requerida seu uso é aplicado às sopas prontas, pois não devem apresentar viscosidade final elevada, ou seja, uma característica indesejada (ARAÚJO, 2008).

O estudo de empastamento realizado teve a finalidade de observar a influência do tempo de cozimento sobre a consistência e claridade da pasta formada. Na figura 17 é possível observar a diferença na aparência das pastas de amido nativo (C) e

modificado (F), ocorrendo maior transparência e aumento da viscosidade conforme aumentou o tempo de cozimento do amido nativo. Já no amido fosfatado se manteve a cor da pasta, aumentando muito pouco a viscosidade da solução. Isso porque quanto maior o tempo de cozimento, maior o número de grânulos de amido que se intumescem, permitindo a passagem de luz o que não ocorre no amido fosfatado devido ao tipo de modificação (SILVA et al., 2006).



**Figura 17 – Empastamento do amido nativo (C) e fosfatado (F) nos tempos de 0, 5 e 10 minutos após o empastamento.**

Segundo Rechsteiner (2009), o amido de batata-doce nativo tem maior tendência à retrogradação do que o amido de mandioca nativo, devido ao baixo teor de amilose do amido de mandioca. Os dois tipos de amido nativo apresentam valores de temperatura de gelatinização próximos, sendo a temperatura de gelatinização do amido de mandioca menor. Esta propriedade se deve ao fato da presença de amilose, a qual diminui o ponto de fusão para o início da gelatinização. Devido a isso, uma maior energia é necessária para iniciar a fusão dos grânulos na ausência de amilose, indicando que amidos com alto teor de amilose possuem menores temperaturas de gelatinização. Desse modo, as temperaturas de gelatinização

próximas podem ser atribuídas aos teores de amilose e índices de cristalinidade semelhantes apresentados pelos amidos de mandioca e batata-doce.

Os amidos de mandioca e batata-doce fosfatados apresentam temperatura de gelatinização menores do que o amido nativo, e possuem baixos valores de retrogradação, que é muito semelhante às duas fontes de amido. Isso se deve à severidade do tratamento, com degradação dos polímeros, rompimento das estruturas moleculares e redução da capacidade de recristalização, o que dificulta a retrogradação (RECHSTEINER, 2009).

## 8. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que o amido de batata-doce pode ser utilizado como substituto do amido de mandioca fosfatado na indústria de alimentos, pois apresenta temperatura de gelatinização e retrogradação semelhantes.

O amido de batata-doce fosfatado pode ser utilizado em produtos que necessitem das seguintes propriedades:

- Estabilidade a altas temperaturas, para uso em produtos esterilizados;
- Estabilidade a baixos valores de pH, para utilização em molhos para salada;
- Resistência a tratamentos térmicos, para uso em produtos que são feitos em forno de micro-ondas;
- Baixa capacidade de retenção de óleo, para alimentos fritos;
- Baixa viscosidade, utilizado na confecção de balas;
- Resistência a retrogradação, para uso em alimentos congelados e refrigerados.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Luciano Francisco de; RABÊLO, Wesley Chiarele Antônio Cosme; SILVA, Gilvanda Simplício da; SANTOS, Betânia Araújo Cosme dos; MENDONÇA, Stela de Lourdes Ribeiro de; SANTOS, Jerônimo Galdino dos. Estudo preliminar da influência da temperatura sobre a composição centesimal de farinha de batata-doce (*Ipomoea batatas*). In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 3, 2008. Bananeiras. **Anais do III Jornada Nacional da Agroindústria**, agosto, 2008. 4p.

ARAÚJO, Valéria Querino. **Propriedades funcionais e térmicas do amido de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) nativo e modificado**. 2008. 90p. Centro de Tecnologia – Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, João Pessoa, 2008.

BOBBIO, Florinda O.; BOBBIO, Paulo A. **Introdução à Química de Alimentos**, 3ª edição. São Paulo: Livraria Varela, 2003.

CARVALHO, Marcos Antonio. **Processo de extração de amido de mandioca e suas principais utilizações**. 2006. 32p. Trabalho de Conclusão de Curso (Química Industrial) – Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA/Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

CEREDA, M.P; CONCEIÇÃO, F. A. D.; CAGLIARI, A. M.; HEEZEN, A. M.; FIORETTO, R. A. Estudo comparativo de variedades de batata-doce (*Ipomoea batatas*), visando aproveitamento em indústrias de alimentos. **Turrialba**, v.32, nº 4, outubro-dezembro, 1982, p.365-370.

CEREDA, Marney Pascoli; VILPOUX, Olivier; DEMIATE, Ivo Motin. Amidos modificados. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v.3, Cap.12, 2003, p. 246-332. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas).

CONTADO, Ellem Waleska Nascimento da Fonseca; PEREIRA, Joelma; EVANGELISTA, Suzana Reis; JÚNIOR, Fausto Alves Lima; ROMANO, Lara Mendonça; COUTO, Elizandra Milagre. Composição centesimal da mucilagem do inhame (*Dioscorea* spp.) liofilizado comparado a de um melhorador comercial utilizado na panificação e avaliação sensorial de pães de forma. **Ciênc. agrotec.**, v. 33, 2009, p. 1813-1818.

FENNEMA, Owen R. **Química de los Alimentos**. 2ª Edição, Zaragoza: Editora Acribia, S.A., 2000.

FERRARI, Tainara B.; LEONEL, Magali; SARMENTO, Silene Bruder Silveira. Características dos Rizomas e do Amido de Araruta (*Maranta arundinacea*) em Diferentes Estádios de Desenvolvimento da Planta. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, nº 2, abril-junho, 2005, p. 93-98.

FILHO, José Carlos Trindade. Produção de amostras de amido catiônico e realização de testes de floculação. In: ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLOGIA, 4, 2009. **Anais do IV Encontro de Produção Científica e Tecnologia**, outubro, 2009. 6p.

GONÇALVES, Maria Flávia Vaz. **Tratamento térmico dos amidos de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) e de mandiocinha-salsa (*Arracaccia xanthorrhiza*.) sob baixa umidade em microondas**. 2007. 92p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo, São Paulo, Piracicaba, 2007.

GONÇALVES, Maria Flávia Vaz; SARMENTO, Silene Bruder Silveira; DIAS, Carlos Tadeu dos Santos; MARQUEZINI, Natália. Tratamento térmico do amido de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) sob baixa umidade em micro-ondas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, nº 2, abril-junho, 2009, p. 270-276.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, v.31, nº 3, agosto, 2009, p. 198-202.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 3ªed., v.1, São Paulo: IMESP, 1985.

JUNIOR, Wilmo E. Francisco. Carboidratos: estrutura, propriedade e funções. **Química Nova na Escola**, nº 29, Agosto, 2008, p. 8-13.

LACERDA, Luiz Gustavo. **Uso de técnicas termoanalíticas na caracterização da hidrólise enzimática parcial de amidos de matérias-primas tropicais.** 2006. 81p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná, Ponta Grossa, 2006.

LEONEL, Magali. **Processamento de Batata: Fécula, Flocos, Produtos de Extrusão.** In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE PROCESSAMENTO DE BATATAS, Pouso Alegre, Minas Gerais. Anais... Pouso Alegre: EPAMIG, 2005. Disponível em: <<http://www.abbabatatabrasileira.com.br/minas2005/18%20-%20Outras%20formas%20de%20processamento.pdf>>. Acesso em 10 julho. 2010

LEONEL, Magali; CEREDA, Marney Pascoli. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, nº 1, janeiro-abril, 2002, p. 65-69.

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**, Campinas, v. 18, n. 3, Aug. 1998. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20611998000300016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20611998000300016&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 12 de maio de 2010.

LEONEL, Magali; OLIVEIRA, Marcelo Álvares de; FILHO, Jaime Duarte. Espécies Tuberosas Tropicais como matérias-primas amiláceas. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v.1, outubro, 2005, p. 49-68.

LOBO, Alexandre Rodrigues; LEMOS SILVA, Glória Maria de. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de Nutrição**, v. 16, nº 2, abril-junho, 2003, p.219-226.

MANO, Eloisa Biasotto; MENDES, Luís Cláudio. **Introdução a Polímeros**. 2ª Edição, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2004.

NUNES, Leila de Sousa; DUARTE, Maria Elita Martins; MATA, Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti. Avaliação do comportamento higroscópico de amido de inhame. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.11, nº 2, 2009, p.149-158.

OLIVEIRA, Sheila Rodrigues; GOUVEIA, Viviane de Paula; QUADROS, Ana Luzia de. Uma reflexão sobre aprendizagem escolar e o uso do conceito de solubilidade/miscibilidade em situações do cotidiano: concepções dos estudantes. **Química Nova na Escola**, v. 31, nº 1, Fevereiro, 2009, p. 23-30.

PEREIRA, Juliane Mascarenhas; ZAVAREZE, Elessandra da Rosa; STORCK, Cátia Regina; PORTO, Carlos Orlando Bretanha, MULLER, Lillian Espindola; DIAS, Álvaro Renato Guerra. Rendimento de Extração de Amido de Batata-Doce. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16, 2007. Pelotas, Brasil. **Resumos**. Pelotas: UFPel, 2007.

RECHSTEINER, Mariana Schmidt. **Desenvolvimento de amidos fosfatados de batata-doce e mandioca e aplicação como substituto de gordura em sorvetes**. 2009. 167p. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, São Paulo, 2009.

QUADROS, Diomar Augusto de; IUNG, Maurício Cesar; FERREIRA, Sila Mary Rodrigues; FREITAS, Renato João Sossela de. Composição química de tubérculos de batata para processamento, cultivados sob diferentes doses e fontes de potássio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, nº 2, abril-junho, 2009, p. 316-323.

SILVA, João Bosco Carvalho; LOPES, Carlos Alberto; MAGALHÃES, Janaina Silvestre. **Cultura da Batata Doce**. Embrapa Hortaliças - Sistemas de Produção. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/batatadoce/index.htm>>. Acesso em: 10 de maio de 2010.

SILVA, Graziela de Oliveira da; TAKIZAWA, Fabiano Franco; PEDROSO, Ricardo Alexandre; FRANCO, Célia Maria Landi; LEONEL, Magali; SARMENTO, Silene Bruder Silveira; DEMIATE, Iyo Mottin. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, nº 1, 2006, p. 188-198.

ZÁRETE, Nestor Antonio Heredia; VIEIRA, Maria do Carmo. Produção da raruta 'comum' proveniente de três tipos de propágulos. **Ciênc. Agrotec.**, v. 29, nº 5, setembro-outubro, 2005, p. 995-1000.