

UNIVERSIDADE SAGRADO CORAÇÃO

MARCEL BARBIRATO

POLÍMEROS DE AMIDO

BAURU
2010

MARCEL BARBIRATO

POLÍMEROS DE AMIDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Química sob orientação do Prof. Ms. Carlos Henrique Conte.

BAURU
2010

B237p

Barbirato, Marcel

Polímeros de amido / Marcel Barbirato -- 2010.
39f. : il.

Orientador: Prof. Ms. Carlos Henrique Conte.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em
Química) - Universidade Sagrado Coração - Bauru -
SP.

1. Biopolímeros. 2. Polissacarídeos. 3. Amido. I.
Conte, Carlos Henrique. II. Título.

Marcel Barbirato

Polímeros de Amido

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Química sob orientação do Prof. Ms. Carlos Henrique Conte.

Banca Examinadora:

Profa. Ms. Setsuko Sato

Prof. Ms. Dorival Roberto Rodrigues

Prof. Ms. Carlos Henrique Conte

Bauru, 26 de dezembro de 2010.

Dedico este trabalho,

Aos meus pais, que fizeram deste sonho uma realidade, aos meus irmãos e sobrinhos por fazerem parte da minha vida.

A Raiza, por estar ao meu lado na elaboração deste projeto.

E a DEUS que sempre está ao meu lado em todos os momentos. .

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças e saúde para superar mais uma importante etapa da minha vida.

Aos meus pais, Mario e Marta, que sempre me apoiaram e acreditaram em mim, me proporcionando a realização de uma graduação.

Aos meus irmãos, Elisandreia, Alcilene e Michel, por estarem sempre comigo.

Aos meus sobrinhos, que são todos maravilhosos e uma benção de Deus.

A querida Raiza, uma pessoa maravilhosa, que soube compreender os momentos em que não podia lhe dar a atenção que merecia para me dedicar a este projeto. Pela sua paciência e seu carinho.

Ao meu orientador Carlos Henrique, pela paciência e dedicação na elaboração deste projeto.

E aos meus amigos que me acompanharam em todos os momentos, esses felizes e infelizes em algumas ocasiões, mas que superamos com muitas risadas.

*"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

Os biopolímeros são materiais poliméricos classificados estruturalmente como polissacarídeos, poliésteres e poliamidas. A matéria-prima principal para sua manufatura é uma fonte de carbono renovável, geralmente um carboidrato derivado do plantio em larga escala como cana-de-açúcar, milho, batata, trigo e beterraba. Os polímeros de amido são polissacarídeos, modificados quimicamente ou não, produzidos a partir de amido extraído do milho, batata, trigo ou mandioca, utilizados na produção de embalagens e itens de descarte rápido e em blendas com polímeros sintéticos na confecção de filmes flexíveis. Várias estruturas das plantas são capazes de sintetizar amido, como a folha, o caule, raízes e grãos. No entanto, somente algumas partes dos vegetais possuem a capacidade de sintetizar amido em quantidade suficiente para ser passível de extração comercial, são eles: tubérculos, raízes e grãos. Amido é um homopolissacarídeo neutro formado por duas frações: amilose e amilopectina. A primeira é composta de unidades de glucose com ligações glicosídicas α -1,4 formando assim unidades de maltose e, a segunda, por unidades de glucose unidas em α -1,4 com cadeias de glucose ligadas em α -1,6 de modo que, além de unidades de maltose, tem-se em menor proporção isomaltose nos pontos de ramificação. O amido é um dos carboidratos mais disponíveis em nível mundial, ficando apenas atrás da celulose. Tem sido bastante estudado no sentido modificado ou misturado com outras substâncias químicas para melhoramento de sua processabilidade, formando uma família bastante versátil de bioplásticos. O amido termoplástico se destaca pela sua característica de ser biodegradável, pode ser empregado como saco de lixo, filmes para proteger alimentos, fraldas infantis, hastes flexíveis com pontas de algodão para uso na higiene pessoal; na agricultura vem sendo empregado como filme na cobertura do solo e recipientes para plantas; nas indústrias agroalimentares, os amidos e derivados são utilizados como ingredientes, componentes básicos dos produtos ou aditivos adicionados em baixas quantidades para melhorar a fabricação, apresentação ou conservação; são utilizados nas indústrias de balas, doces, chocolates, bolos, pastelarias, assim como nas indústrias de geléias e sobremesas, por seus poderes anti-cristalizante, adoçante.

Palavras-chave: Biopolímeros; Polissacarídeos; Amido.

ABSTRACT

Biopolymers are classified structurally as polysaccharides, polyesters and polyamides. The main raw material for its manufacture is a renewable carbon source, usually a carbohydrate derived from large-scale planting as sugar cane, corn, potatoes, wheat and sugar beets. The starch polymers are polysaccharides, chemically modified or not, produced from starch from corn, potatoes, wheat or cassava, used in packaging production and disposal and blends with synthetic polymers in the manufacture of flexible films. Several structures of plants are able to synthesize starch, such as leaf, stem, roots and grains. However, only a few parts are able to synthesize starch in sufficient quantity to be capable of commercial extraction, they are: tubers, roots and grains. Starch is a neutral homopolissacarídeo formed by two fractions: amylose and amylopectin. The first one is composed of glucose units with glycosidic α -1, 4 forming units of maltose, and the second by glucose units linked in α -1, with four chains of glucose linked in α -1, 6 so that in addition to units of maltose, has a smaller proportion isomaltose in the branch points. Starch is a carbohydrate more available worldwide, after only cellulose, and is has been extensively studied modified or mixed with other chemicals to improve its processability, forming a versatile family of bioplastics. The thermoplastic starch stands out because of its characteristic of being biodegradable; it can be used as a garbage bag, film to protect food, baby diapers, swabs, cotton tips for use on personal hygiene; in agriculture it has been used as film in ground cover and plant containers in the food industry. Starch and derivatives are used as ingredients, basic components of the products or additives added in small amounts to improve the manufacture, presentation and conservation; they also are used in industries of candies, sweets, chocolates, cakes, pastries, as well as industries, jams and desserts, for its anti-crystallizing, sweetener.

Keywords: Biopolymers, Polysaccharides, Starch.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estrutura química da amilose (a) e amilopectina (b).....	11
Figura 2	Grânulos de amido.....	13
Figura 3	Gelatinização do amido.....	18
Figura 4	Amido termoplástico.....	25
Figura 5	Biopolímeros utilizados atualmente.....	26
Figura 6	Estimativa de produção de amido em 2003, por tipo de matéria-prima.....	31
Figura 7	Estimativas da evolução de produção de amido, por grande região.....	31
Quadro 1	Amidos modificados, tipos e funções.....	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	ESTRUTURA MOLECULAR.....	10
1.2	ESTRUTURA DO GRÂNULO DE AMIDO E GELIFICAÇÃO.....	12
1.3	RETROGRADAÇÃO E SINERESE.....	15
1.4	AMIDO GELATINIZADO.....	17
1.5	AMIDO MODIFICADO.....	21
1.6	AMIDO TERMOPLÁSTICO.....	24
1.7	USO DO AMIDO NAS INDÚSTRIAS.....	27
1.8	O USO DE AMIDO NAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS.....	28
1.9	O MERCADO DE AMIDO NO MUNDO.....	30
2	OBJETIVO	32
3	JUSTIFICATIVA	33
4	PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO AMIDO	34
5	CONCLUSÃO	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Os biopolímeros são materiais poliméricos classificados estruturalmente como polissacarídeos, poliésteres e poliamidas. A matéria-prima principal para sua manufatura é uma fonte de carbono renovável, geralmente um carboidrato derivado do plantio em larga escala como cana-de-açúcar, milho, batata, trigo e beterraba. (CEREDA, 2001)

Segundo a autora acima, dentre as matérias primas disponíveis no Brasil, a cana de açúcar possui uma vantagem competitiva bastante grande em face de seu custo de produção ser inferior a de outros países, além do aproveitamento do bagaço e palha para a geração de energia que pode ser utilizada na produção de biopolímeros.

Nosso país tem posição mundial privilegiada por dispor de matérias-primas renováveis a baixo custo e por possuir mão-de-obra qualificada, oferecendo-nos oportunidade de nos tornarmos plataforma mundial produtora e exportadora de biopolímeros.

Este presente estudo tem como objetivo o levantamento de informações sobre as estruturas dos polímeros de amido, suas características estruturais e sua utilização no mercado nacional.

Os polímeros de amido são polissacarídeos, modificados quimicamente ou não, produzidos a partir de amido extraído do milho, batata, trigo ou mandioca, utilizado na produção de embalagens e itens de descarte rápido e em blendas com polímeros sintéticos na confecção de filmes flexíveis. (MUCCILLO, 2009)

O amido esta presente na maioria dos vegetais com a função inicial de armazenar energia coletada pela fotossíntese. A principal razão para a conversão fotossintética de açúcar em amido é que esta forma de armazenamento é vantajosa para a planta, pois a molécula de amido é insolúvel em soluções aquosas à temperatura ambiente e, dessa maneira, não provoca desbalanço osmótico, como o açúcar armazenado em grandes quantidades. Quando há produção amido, este é empacotado em pequenos grânulos que variam de tamanho em função da fonte (mandioca, milho, batata, etc.). O grânulo de amido consiste de dois carboidratos básicos: amilose e amilopectina.

Várias estruturas das plantas são capazes de sintetizar amido, como a folha, o caule, raízes e grãos. No entanto, somente algumas partes possuem a capacidade de sintetizar amido em quantidade suficiente para ser passível de extração comercial, são eles: tubérculos, raízes e grãos.

O amido é um dos carboidratos mais disponíveis em nível mundial, ficando apenas atrás da celulose. Seu baixo preço e múltiplas utilidades fazem dele “commodities” com alguns nichos de preços mais altos em razão de usos específicos. Os amidos recebem o nome do vegetal de origem. Por exemplo, amido de milho, de trigo, de mandioca, de batata, etc. (CEREDA, 2001).

O amido mais conhecido é o amido de milho, sendo o mais conhecido no mercado nacional, o da marca registrada maizena, um dos ingredientes mais tradicionais da nossa culinária, que tem uma história de mais de 130 anos. Na Inglaterra do século XIX, foi descoberto o amido de milho como alimento. Em 1854, Wright Duryea fundou a Fábrica de amido Rio Oswego. Dois anos depois, Duryea recrutou sua família para ampliar os negócios e criar a Companhia de Amido Duryea. Seu carro chefe era a Maizena, um amido para uso doméstico. A caixinha amarela fez sucesso entre as donas-de-casa, ganhou prêmios de qualidade e, em 1859, começou a ser exportada para a Europa.

1.1 ESTRUTURA MOLECULAR

Amido é um homopolissacarídeo neutro formado por duas frações: amilose e amilopectina. A primeira é composta de unidades de glucose com ligações glicosídicas α -1,4 formando assim unidades de maltose e, a segunda, por unidades de glucose unidas em α -1,4 com cadeias de glucose ligadas em α -1,6 de modo que, além de unidades de maltose, tem-se em menor proporção isomaltose nos pontos de ramificação. (BOBBIO; BOBBIO, 2001)

Há possibilidade de existirem ramificações em quantidades muito pequenas também na amilose. Na amilopectina, a proporção numérica de ligações 1,6 e 1,4 é de aproximadamente 1:20. Isto é, em cada 21 ligações glicosídicas teremos uma ligação 1-6. O tamanho das cadeias laterais da amilopectina é variável, mas normalmente a amilopectina possui alto peso molecular. (BOBBIO; BOBBIO, 2001)

O amido nativo ou natural apresenta estrutura granular semicristalina. Os grânulos são constituídos por macromoléculas de amilose e amilopectina. A amilose consiste em uma estrutura de cadeias lineares, com massa molar entre 10^1 - 10^2 kg/mol, enquanto que a amilose possui estrutura ramificada, com massa molar entre 10^4 - 10^6 kg/mol. Na figura 1 estão ilustradas as estruturas químicas da amilose e amilopectina. (CORRADINI et al, 2005)

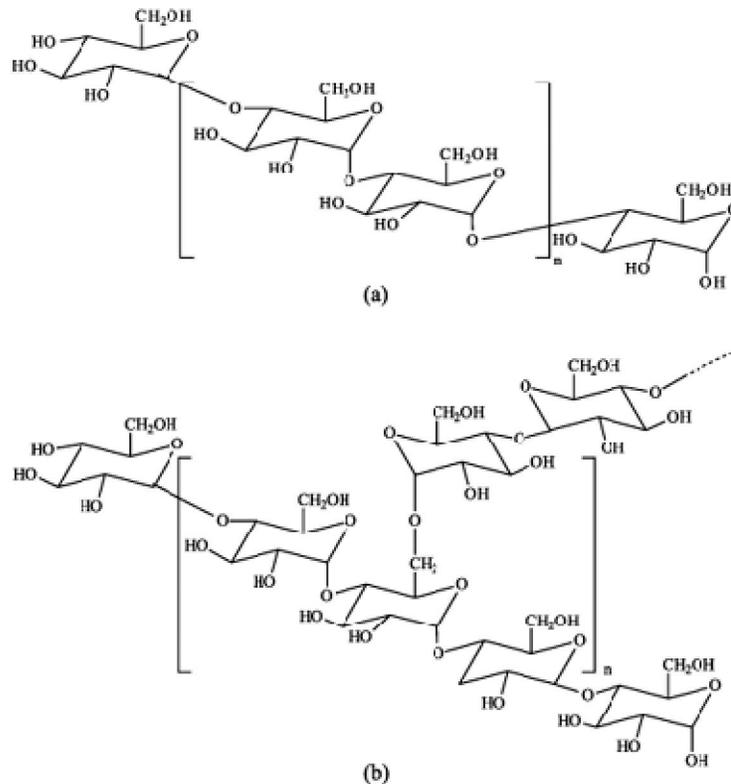


Figura 1. Estrutura química da amilose (a) e amilopectina (b).

Fonte: CORRADINI et al., 2005. Disponível em : <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282005000400011&script=sci_arttext>. Acesso em: 15 ago. 2010

De acordo com Buléon et al. (1998) e Biliaderis (1991) a amilose não é completamente linear. Existem nos grânulos de amido moléculas de amilose estritamente lineares e outras que apresentam ramificações. A amilose ramificada possui alguns pequenos clusters de cadeias menores. As ramificações são separadas por grandes distâncias, permitindo as moléculas agirem como se fossem essencialmente lineares, sem alterar significativamente o comportamento das cadeias da amilose em suspensão, permanecendo idênticas as cadeias estritamente lineares. Devido as ligações α -1,4, as

moléculas de amilose assumem uma estrutura enrolada em hélices duplas, onde os numerosos grupos hidroxila ficam voltadas para o exterior. Esta estrutura helicoidal explica sua complexação com outras moléculas, como o iodo.

Segundo os autores acima a amilopectina é um dos maiores biopolímeros conhecidos. Também é formado por unidades de (1,4)- α -D-glicose na forma piranosídica, mas difere da amilose por apresentar ramificações do tipo α -1,6. As ramificações da amilopectina que não são aleatórias contêm de 20 a 30 unidades de (1,6) - α -D-glicose. A amilopectina, ao contrário da amilose, não dá origem a filmes fortes e flexíveis e não forma complexo com o iodo.

Comparando-se as moléculas de amilose e amilopectina totalmente hidratadas, e com o mesmo peso molecular, verifica-se que, ao se moverem, as duas moléculas cobrem área cuja superfície é muitas vezes maior para a amilose. Com isso, a viscosidade da solução da amilose é muito maior do que a da amilopectina. Por outro lado, a aproximação de duas ou mais moléculas de amilose é suficientemente livre para permitir a formação de agregados onde as ligações de hidrogênio entre as moléculas são numerosas, formando regiões micelares onde há estrutura cristalina. Na amilopectina a aproximação só poderá ser parcial e pelas extremidades das cadeias e, só aí, poderá haver formação de zonas cristalinas. (BOBBIO; BOBBIO, 2001)

1.2 ESTRUTURA DO GRÂNULO DE AMIDO E GELIFICAÇÃO

As propriedades do amido são resultados de características tais como tamanho dos grânulos, teores de amilose e amilopectina e tipo de cadeias desses polímeros. Dependem também de outros constituintes que estão presentes no amido como o fósforo ou de resíduos da extração. (CEREDA, 2001)

A estrutura do grânulo de amido da figura 2 está intimamente ligada ao seu desenvolvimento na célula viva. O amido armazenado nas células das sementes, raízes e tubérculos, encontram-se depositados como grânulos insolúveis, apresentando forma e dimensões diversas. (FRANCO et al., 2001).

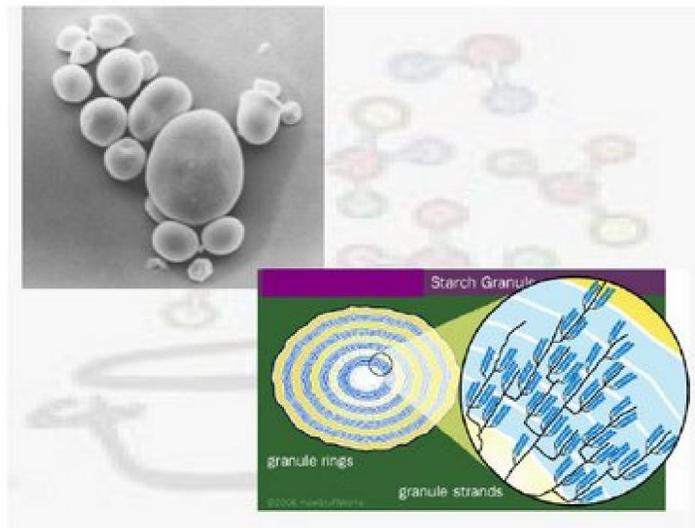


Figura 2 - Grânulos de Amido

Fonte: GELATINIZAÇÃO do amido. C-ao-cubo.blogspot, 2009 .Disponível em:
<<http://c-ao-cubo.blogspot.com/search?q=amido>>. Acesso em: 25 set. 2010.

Quando os grânulos de amidos são submetidos a temperaturas superiores a 150 °C, as ligações glicosídicas começam a se romper e, acima de 250°C, o grão de amido entra em colapso endotérmico. A estrutura dos grânulos é cristalina, com as moléculas de amido arrumadas de maneira a formar cristais radialmente orientados. É este arranjo que causa o fenômeno da birrefringência. Quando os grânulos de amido são observados em microscópio óptico, sob um feixe de luz plano-polarizada, observa-se que o grânulo é dividido por linhas escuras em quatro seções em forma de uma cruz de malta. (SCHLEMMER, 2007).

As moléculas de amilose e amilopectina estão agrupadas formando grânulos cuja forma, tamanho e zonas cristalinas (visíveis sob luz polarizada) são suficientemente diferenciadas, para permitir a identificação da origem do amido. A exata situação das moléculas no grânulo tem ainda certo grau de incerteza. Existem no grânulo zonas de maior resistência à penetração de água e a hidrólise, indicando regiões em que há maior número de ligações entre as moléculas, formando as zonas cristalinas. (BOBBIO, BOBBIO, 2001)

A cristalinidade do grânulo de amido, que gira em torno de 15 a 45%, se deve basicamente a amilopectina, e pode ser caracterizada por difração de raios-X em três padrões principais A, B e C, como consequência do

empacotamento em dupla hélice das cadeias ramificadas desse polímero. O padrão A é característico do amido de cereais, apresentando um arranjo monoclinico. O padrão B é encontrado em amido de tubérculos e de frutas. Possui ramificações longas e é a estrutura mais altamente hidratada, consistindo de dupla hélice empacotada em arranjo hexagonal. O padrão C, uma mistura de A e B, é característicos do amido de vagens. (SCHLEMMER, 2007).

Os amidos podem ser subdivididos em amidos de cereal e amidos derivados de raízes e tubérculos, sendo que os grânulos de diferentes fontes botânicas variam na composição, forma e tamanho. Como exemplo, os amidos de cereais são em geral menores e contêm mais resíduos de proteínas e lipídios que os amidos de raízes e tubérculos. (HERMANSSON; SVEGMARK, 1996).

Os grânulos de amidos de tubérculos e raízes diferem bastante dos de cereais. Enquanto que, em raízes e tubérculos o teor de proteína é mais baixo, nos cereais ocorre uma forte matriz protéica que cimenta os grânulos e torna difícil sua extração. O fato de raízes e tubérculos terem o numero de grânulos por plastídeos menor, os deixa livre para desenvolver um formato arredondado. Por outro lado, os grânulos de amidos de cereais são mais numerosos e acabam por tomar o formato ondulado com arestas. Dentre os amidos de raízes e tubérculos, os de batata são os maiores, o que facilita a decantação. Entretanto, a batata tem mais proteína que a mandioca, o que dificulta a extração, mas proporciona co-produtos de valor mais agregado (CEREDA, 2001).

Os amidos de cereais, de um modo geral, contêm fósforo principalmente na forma de fosfolipídios, enquanto que em amidos de raízes e tubérculos o fósforo se encontra principalmente na forma de monoéster. Amido de alguns cereais como milho, milho ceroso, arroz e arroz ceroso também apresentam quantidades menores de monoéster fosfato (6-15 ppm), que estão localizados principalmente no C-6 de suas unidades glicosídicas. (CEREDA, 2001)

O amido é praticamente insolúvel em água fria, podendo absorver até 30% do seu peso, com pequeno aumento do volume de grãos. Quando aquecido, aumenta enormemente a quantidade de água absorvida. Com isso, o volume dos grânulos aumenta, passando a ocupar todo o espaço possível.

Durante esse processo, parte da amilose de menor peso molecular poderá ter passado à solução. Chega-se então a um sistema em que toda a água estará ligada as cadeias de amilose e amilopectina, ou presa nos espaços entre os grãos formando uma solução com amilose. A viscosidade do sistema aumenta até o máximo e a transparência também. Temos agora um sol viscoso de amido. Se o aquecimento for prolongado à temperatura acima de 100°C, a viscosidade do sol pode diminuir pela destruição dos grânulos, ou seja, as estruturas naturais desaparecem e sobram somente as moléculas livres hidratadas. (BOBBIO, BOBBIO, 2001)

Segundo o autor, ao abaixarmos sua temperatura o sol passa gradualmente a gel, e este será mais ou menos duro, conforme a proporção e o tipo de amido.

A geleificação do amido ocorre quando os grânulos são expostos a umidades e temperaturas elevadas, condições que determinam ruptura das ligações de hidrogênio mais fracas, que unem as cadeias de amilose e amilopectina, resultando em absorção de água e conseqüente intumescimento dos grânulos, causando exsudação de parte da amilose tornando os grânulos mais susceptíveis a digestão enzimática. (CEREDA, 2001)

Para cada amido, tem-se um intervalo de gelificação característico, correspondente ao ponto de máxima viscosidade do sol. Esse intervalo de temperatura é medido a partir do início do desaparecimento das zonas cristalinas do grão até seu fim, visível em microscópio com luz polarizada. (BOBBIO, BOBBIO, 2001)

1.3 RETROGRADAÇÃO E SINERESE

Ao se formar o gel, moléculas de amilose poderão se aproximar suficientemente para se unirem e formar zonas micelares cristalinas. A essa transformação denomina-se retrogração, isto é, no grão de amido formam-se novamente partes cristalinas como aquelas destruídas na formação do gel. Com isso há uma diminuição de volume e expulsão de água ligada as moléculas. É a sinérese, provocada pela retrogradação do amido. Deve ser assinalado que a retrogradação é irreversível e que há uma transformação

análoga para as partes periféricas da molécula da amilopectina. (BOBBIO, BOBBIO, 2001)

O nome retrogradação é dado porque o amido volta à sua condição de insolubilização em água fria, fenômeno frequentemente encontrado em pastas de amido envelhecidas e/ou refrigeradas e/ou congeladas. De acordo com Muccillo (2009), a análise de resistência a ciclos de congelamento e descongelamento é importante para caracterizar um tipo de amido em termos de sua aplicabilidade em alimentos que devem ser refrigerados e/ou congelados, visto que a liberação de água é geralmente prejudicial a qualidade do produto final.

As características de retrogradação da amilose e amilopectina são cineticamente diferentes. A amilose retrograda mais rapidamente, tendo forte tendência a reassociar-se por meio da formação de ligações de hidrogênio com outras moléculas de amilose adjacentes, formando estruturas cristalinas de duplas hélices quando a solução esfria e se mantém por longo período de tempo. A amilose apresenta endoterma de fusão de 140 °C a 180 °C, e a presença de ácidos graxos livres ou lipídios favorece a formação de complexos de inclusão. Por outro lado, a amilopectina retrograda numa taxa muito menor durante um longo período de tempo, e sua endoterma de fusão é menor, aproximadamente, 45 °C a 60 °C. (DENARDIM; SILVA, 2009)

A retrogradação é um fenômeno complexo e varia de acordo com diversos fatores, como: temperatura e tempo de armazenamento, pH, fonte de amido, presença de outros componentes (lipídios, eletrólitos e açúcares) e condições de processamento. Sabe-se, por exemplo, que a repetição de ciclos congelamento-descongelamento acelera drasticamente a retrogradação e a sinérese. Porém, a principal influência da retrogradação é observada na textura, na aceitabilidade e na digestibilidade dos alimentos que contém amido. Com isso, pode-se destacar a influência do processo de retrogradação no envelhecimento de pães e produtos de panificação, bem como na perda de água (sinérese) de algumas sobremesas que utilizam o amido como espessante. Quanto à digestibilidade, pode-se relacionar a retrogradação, principalmente da amilose, com menor disponibilidade de nutrientes às enzimas digestivas. Esse evento torna a digestão e a absorção, especialmente do amido, menor e/ou mais lenta, resultando em menor resposta glicêmica,

situação desejável em diversos indivíduos, como aqueles com sobrepeso ou problemas de glicemia. (DENARDIM; SILVA, 2009)

Considera-se que a retrogradação origina-se da tendência das moléculas ou de grupos de moléculas, de amido dissolvido, unirem-se umas às outras através de ligações de hidrogênio, dando formação a partículas de maior tamanho, numa tentativa de cristalização de moléculas grandes e pesadas que, por esta razão, precipitam. (MUCCILLO, 2009)

A retrogradação é mais rápida a temperaturas próximas de 0 °C. Em transformação semelhante, baseia-se a formação de filmes de amilose que podem ser usados para revestir alimentos. O amido, retrogradando, torna-se insolúvel em água. (BOBBIO; BOBBIO, 2001)

Segundo Muccillo (2009) entre os vários fatores que influenciam a retrogradação, os três mais importantes são:

- A concentração de amilose presente;
- O tamanho das moléculas de amilose;
- O estado de dispersão das cadeias lineares.

A formação de zonas cristalinas na amilose se dá com cadeias que tenham um mínimo de 9 unidades de glucose. Essa transformação é irreversível para a amilose, mas para a amilopectina é possível a reversão por aquecimento do gel. (BOBBIO; BOBBIO, 2001)

1.4 AMIDO GELATINIZADO

A solubilidade do amido pode ser modificada pela pré-gelatinização, ilustrada na figura 3. O amido após gelatinizado é seco e pulverizado. O produto resultante é dispersável em água fria e forma géis sem aquecimento. Pode ser usado em misturas para pudim. Forma géis de consistência menor, do que o amido natural. A secagem não elimina totalmente a água ligada e a que permanece é suficiente para permitir facilmente a entrada de mais água fria, pois as moléculas de amilose e amilopectina estão afastadas entre si pelas moléculas de água residual. (BOBBIO; BOBBIO, 2001)



Figura 3 - Gelatinização do amido

Fonte: GELATINIZAÇÃO do amido. C-ao-cubo.blogspot, 2009. Disponível em: <<http://c-ao-cubo.blogspot.com/search?q=amido>>. Acesso em: 25 set. 2010.

Quando o amido entra em contato com a água fria, os grânulos incham ligeiramente (10 a 20%) devido à difusão e absorção de água nas regiões amorfas, mas esse processo é reversível pela secagem. No entanto, quando os grânulos são aquecidos em água, eles incham irreversivelmente num fenômeno denominado gelatinização, em que ocorre perda da organização estrutural (perda de birrefringência), com fusão dos cristais. Sabe-se que a gelatinização tem início no hilum e se expande rapidamente para a periferia, ocorrendo inicialmente nas regiões amorfas devido à fragilidade das ligações de hidrogênio nessas áreas, ao contrário do que ocorre nas regiões cristalinas (SINGH et al., 2003). À medida que os grânulos continuam se expandindo, ocorre a lixiviação da amilose na fase intergranular para a fase aquosa, resultando no aumento substancial das propriedades reológicas do sistema. O conjunto de mudanças que envolvem a ruptura da estrutura granular, o inchamento, a hidratação e a solubilização das moléculas de amido é definido como o fim da gelatinização. (DENARDIM; SILVA, 2009)

Fisicamente este inchamento é observado através do aumento da viscosidade, ficando a dispersão de amido transparente, devido à maior incorporação de água, após certo período de tempo. A temperatura na qual a viscosidade começa a aumentar é chamada “temperatura de pasta”, parâmetro que pode ser obtido através de amilogramas provenientes de análises de viscosidade obtidas por viscoamilógrafos. Esta temperatura de pasta não deve ser confundida com a chamada temperatura de gelatinização, que consiste na temperatura ou faixa de temperatura onde ocorre a perda de birrefringência e onde acima da mesma, o processo de expansão é irreversível, devido à perda da estrutura cristalina. (MUCCILLO, 2009)

Segundo Denardim e Silva (2009), quando as moléculas de amido são aquecidas em excesso de água, a estrutura cristalina é rompida, e as moléculas de água formam pontes de hidrogênio entre a amilose e amilopectina, expondo seus grupos hidroxil, o que causa um aumento no inchamento e na solubilidade do grânulo. Esse poder de inchamento e solubilidade varia de acordo com a fonte do amido, fornecendo evidências da interação entre as cadeias de amido dentro dos domínios amorfos e cristalinos. A extensão destas interações é influenciada pela proporção amilose, amilopectina e pelas características dessas moléculas (distribuição e peso molecular, grau e comprimento de ramificações e conformação).

A gelatinização geralmente ocorre numa ampla faixa de temperatura característica para cada fonte de amido. Existem muitos fatores que afetam essa temperatura de gelatinização, sendo o principal deles a presença de água. Isso ocorre porque a água atua como agente plastificante nos cristais de amido, além de exercer efeito na condução de energia. Com isso, sua presença diminuirá a temperatura de transição vítrea, diminuindo conseqüentemente, a temperatura de fusão (desorganização) dos cristais e aumentando a suscetibilidade do amido à digestão pelas amilases do trato gastrointestinal. (DENARDIM; SILVA, 2009)

É considerada temperatura de gelatinização a faixa de temperatura na qual a perda da birrefringência é primeiramente notada, até o ponto onde até menos de 10% de birrefringência permanece. Este gradiente de temperatura é influenciada pelas forças de ligação no grânulo, as quais variam de acordo com a espécie, isto é, composição do grânulo (razão amilose/amilopectina,

conteúdo de fósforo, lipídeos, enzimas e proteínas presentes), estrutura molecular da amilopectina (extensão da ramificação, massa molecular e arquitetura granular – razão entre regiões cristalinas e amorfas), morfologia do grânulo e distribuição de tamanhos dos grânulos do amido. (MUCCILLO, 2009)

Na realidade, nem todos os grânulos de amido começam a gelatinizar na mesma temperatura. A temperatura de gelatinização é mais apropriadamente definida como uma faixa de temperatura relativamente limitada em lugar de uma temperatura específica. As temperaturas de gelatinização também variam dependendo da fonte botânica do amido. Em geral, a temperatura de gelatinização de amidos de raízes e tubérculos como batata (58-65° C) e mandioca (52-65° C) é ligeiramente menor que a de amidos de cereais como milho (62-80° C) e trigo (59-85° C). (POLESI, 2009)

Neste aquecimento progressivo ocorre a fusão das regiões cristalinas do grânulo com o rompimento das ligações de hidrogênio, o que pode também ser alcançado através da utilização de produtos químicos adequados em temperatura ambiente. Isto ocorre, pois a temperatura de gelatinização também é função do pH quando a concentração do íon hidrogênio esta fora da faixa 5,9 a 7,0. Como exemplo típico, o cloreto de sódio é utilizado para aumentar a temperatura de gelatinização, enquanto que o hidróxido de sódio é usado para baixar esta temperatura. A esterificação também reduz a temperatura de gelatinização. (MUCCILLO, 2009)

A perda da estabilidade e a expansão da região amorfa durante o aquecimento de uma suspensão de amido facilitam a posterior perda de estabilidade da região cristalina por tirar moléculas da mesma, conforme a temperatura se eleva. Sob baixas temperaturas de aquecimento, próxima a temperatura de inicio de gelatinização, o processo ocorre primeiramente nas regiões amorfas do grânulo, enquanto que sob aquecimento continuado à mesma temperatura, eventualmente todas as regiões amorfas perdem a estabilidade e as regiões cristalinas começam a gelatinizar. Assim, as regiões amorfas podem ser interpretadas como “promotoras” de gelatinização das regiões cristalinas do grânulo (CEREDA et al., 2001).

O aumento da viscosidade que ocorre durante a gelatinização é resultado dos grânulos de amido que, absorvendo água, incham substancialmente. Com o aquecimento contínuo, o grânulo de amilose se

deforma e a água é liberada na solução. A lixiviação da amilose e a contínua captação de água pelos grânulos de amido restantes são responsáveis pelo aumento na viscosidade. (POLESI, 2009)

1.5 AMIDO MODIFICADO

Devido a seu baixo custo e alta disponibilidade, o amido tem sido bastante estudado no sentido modificado ou misturado com outras substâncias químicas para melhoramento de sua processabilidade, formando uma família bastante versátil de bioplásticos. (CEREDA, 2001)

As necessidades industriais de amidos com propriedades especiais levaram à produção de amidos modificados. Essas modificações visam obter produtos em que as cadeias sejam menores, ou tenham suas ramificações alteradas por transglicosidação, ou ainda, que elas sejam interligadas ou adquiram substituintes volumosos etc. (BOBBIO; BOBBIO, 2001)

O mercado de amidos vem crescendo e se aperfeiçoando nos últimos anos, levando à busca de produtos com características específicas que atendam às exigências da indústria. A produção de amidos modificados é uma alternativa que vem sendo desenvolvida há algum tempo com o objetivo de superar uma ou mais limitações dos amidos naturais, e assim, aumentar a utilidade deste polímero nas aplicações industriais. (SILVA et al., 2006)

Cada amido modificado pode adquirir diversas propriedades, em maior ou menor grau, prestando-se assim para usos específicos nas indústrias de alimentos. Seria inútil tentar especificar todos os possíveis usos que um determinado tipo de modificação pode permitir a um amido. Por isso, na tabela 1 a seguir estão indicadas apenas as propriedades gerais dos amidos modificados, deixando à experimentação a escolha do melhor tipo para cada produto alimentício. (Tabela 1) (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

Tipo	Alteração	Usos e propriedades
Dextrinização	<ol style="list-style-type: none"> 1) HCL – hidrólise, baixa temperatura. Diminui o tamanho da cadeia e n. 2) HCL – hidrólise, temperatura alta. Diminui o tamanho da cadeia normal e aumenta por transglicosidação a substituição. N diminui. 3) Sem HCL, mas aquecimento a alta temperatura com tampões de PO_4^{-3}. Predomina a transglicosidação. N não varia muito. 	<p>Balas moles de goma. Viscosidade menor. Gel duro. Em molhos tipo maionese</p>
Oxidação	<ol style="list-style-type: none"> 1) NaOCL – predomina a formação de grupos – COOH 	Retarda retrogradação. Géis mais moles.
Ligações intermoleculares	<ol style="list-style-type: none"> 1) AC_2O, POCl_3, $\text{H}_2\text{C} - \underset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}} - \text{CH} - \text{CH}_2\text{CL}$ 	Diminui o efeito do pH. Mais resistente ao calor. Diminui o tamanho ou inchação dos grãos. Mais difícil de formar gel.
Substituição	<ol style="list-style-type: none"> 1) Fosfatação 2) Acetilação 3) Esterificação 	<p>Diminui as ligações entre moléculas no amido. Temperatura de gelatinização mais baixa. Usados em alimentos armazenados a baixa temperatura. Mais resistente à retrogradação.</p>
Pré-gelatinização	Amido é seco após gelatinização. A água que fica ligada às moléculas as mantém separadas e facilmente hidratáveis sem aquecimento.	Pudins instantâneos, sopas, maioneses. Solúvel a frio, solução viscosa.

Quadro 1 – Amidos modificados, tipos e funções.

Fonte: BOBBIO; BOBBIO, 2006, p. 69.

De amido até glicose, todos os produtos podem passar por reações de modificação e conversão, conduzindo a produção de moléculas com grau de complexidade variada. Por processos físicos e químicos pode-se alterar o amido nativo, originando um produto com novas propriedades ou corrigindo características indesejáveis em relação a tecnologias já estabelecidas. Muitos desses amidos são modificados junto à própria unidade extratora. (MUCCILLO, 2009)

As razões que levam à modificação são: modificar as características de cozimento (gomificação); diminuir a retrogradação e a tendência das pastas em formarem géis; aumentar a estabilidade das pastas ao resfriamento e descongelamento, a transparência das pastas ou géis e a adesividade; melhorar a textura das pastas ou géis e a formação de filmes; e adicionar grupamentos hidrofóbicos e introduzir poder emulsificante. (SILVA et al., 2006)

A estrutura química do amido pode ser alterada por métodos químicos, físicos, enzimáticos ou pela combinação de todos, com a formação de produtos com propriedades diferentes do amido nativo. Dependendo da intensidade deste processo vários produtos podem ser obtidos, estabelecendo-se amplo campo de desenvolvimento de pesquisa e de aplicação de conhecimento tecnológico. Entre estes, os acetilados são bastante utilizados na confecção e acabamento de tecidos e na cobertura de papel, graças a sua propriedade de formar filmes. (HENRIQUE; CEREDA; SARMENTO, 2008)

Para obter amido com viscosidade reduzida de pasta e mudança nas suas propriedades, pode ser utilizada a oxidação com agentes como hipoclorito e peróxido de hidrogênio. Esse tipo de modificação leva à formação de compostos nos quais algumas hidroxilas são oxidadas a carbonilas ou carboxilas. Devido aos grupos carbonílicos e carboxílicos serem mais volumosos do que os hidroxílicos, esses grupos tendem a manter as cadeias de amilose separadas, evitando assim a retrogradação do amido. Essa separação é auxiliada pela ionização dos grupos carboxílicos que têm efeito estérico. A oxidação do amido não promove a ruptura do grânulo, mantendo a estrutura original. O amido modificado é ainda imiscível em água fria, mas apresenta pasta clara ou baixa tendência a espessamento ou retrogradação. Depois de secos, os filmes formados por amidos oxidados são claros e firmes.

Esse tipo de amido pode ser usado em indústria de papel, têxtil e de componentes de adesivos. (HENRIQUE; CEREDA; SARMENTO, 2008)

O emprego industrial de amido se deve à sua característica única de poder ser usado diretamente na forma de grânulos, de grânulos intumescidos, na forma dispersa, como filme obtido da secagem de uma dispersão ou após extrusão, depois da conversão a uma mistura de oligossacarídeos ou a glucose, que pode ser isomerizada enzimaticamente para frutose. Dependendo do tipo, o amido pode, entre outras funções, facilitar o processamento, servir como espessante em sopas, caldos e molhos de carne, fornecer sólidos em suspensão e textura, ser ligante em embutidos de carne, estabilizante em molhos de salada, ou ainda proteger os alimentos durante o processamento. (SILVA et al., 2006)

1.6 AMIDO TERMOPLÁSTICO

Na procura por novos materiais que combinem reciclabilidade e/ou biodegradabilidade, o amido vem recebendo destaque especial, como ilustrado na figura 4. Porém, seu uso em aplicações não alimentícias remonta desde o Egito antigo, onde papiros datados de 3500-4000aC eram tratados com um adesivo de amido (JACOB, 2006).

Os artefatos plásticos convencionais produzidos a partir de polímeros sintéticos são inertes ao ataque imediato de microorganismos. Embora esta propriedade faça com que esses materiais apresentem um tempo longo de vida útil, por outro lado, ocasionam sérios problemas ambientais após o seu descarte, devido ao grande tempo necessário para a sua degradação. A adição de um substrato biodegradável a uma matriz polimérica sintética induz a digestão de tal aditivo por microorganismos, o que favorece o esfarelamento da matriz polimérica sintética. A introdução de amido a matrizes poliméricas sintéticas, realizada inicialmente em meados dos anos 70, tem-se mostrado uma alternativa viável para a obtenção de plásticos mais facilmente biodegradáveis. (SOUZA, ANDRADE, 2000).

No início da década de 1990 foram feitas as primeiras referências ao amido termoplástico ou amido desestruturado, que se diferencia das

tecnologias anteriores por empregar o amido praticamente puro, como material termoplástico e não como carga, sem modificações químicas (JACOB, 2006).

Nos últimos anos, vários países em todo o mundo têm reconhecido a necessidade de se reduzir a quantidade de materiais plásticos desperdiçados e descartados, além de incentivarem a reciclagem, que apesar de depender, em grande parte da coleta e seleção do produto, e apesar de grande parte dos municípios brasileiros possuírem algum tipo de coleta seletiva, não atingem a totalidade de recicláveis. Neste contexto, o interesse na utilização de produtos que tenham origem vegetal e a produção de materiais, principalmente plásticos com caráter biodegradável tem se intensificado como política em diversos setores da sociedade. (RÓZ, 2003).



Figura 4 - Amido termoplástico

Fonte: Tipos de Bioplásticos. Bioplastic News, 2009. Disponível em: http://bioplasticnews.blogspot.com/2009_05_01_archive.html. Acesso em 30 out. 2010.

Em face ao contexto atual, uma nova tecnologia vem revolucionando o mercado de descartáveis: é o amido termoplástico, que é produzido a partir do amido. O amido reserva de alimentos de plantas como o milho, arroz, mandioca, entre outras, é encontrado abundantemente na natureza graças ao cultivo extensivo e intensivo de cereais, é renovável, possui custo relativamente

baixo, é um importante segmento da economia e pode ser convertido química, física e biologicamente em compostos úteis à indústria. O amido, sob pressão e temperatura, e na presença de um agente plastificante, pode ser gelatinizado, e sob efeito de cisalhamento se transformar em um fundido. Este material é denominado amido termoplástico. (RÓZ, 2003).

Para obtenção de um termoplástico a base de amido, sua estrutura granular precisa ser destruída para dar origem a uma matriz polimérica homogênea e essencialmente amorfa. (SOUZA; ANDRADE, 2000).

O amido é um dos biopolímeros mais utilizados para compor materiais biodegradáveis pelo seu custo e disponibilidade. Os tipos de amido utilizados para este fim podem ser os naturais, obtidos de diversas fontes vegetais, ou os modificados, alguns exemplos ilustrados na figura 5. (HENRIQUE; CEREDA; SARMENTO, 2008).



Figura 5: Biopolímeros utilizados atualmente

Fonte: Três principais tipos de biopolímeros produzidos atualmente. Bioplastic News, 2009. Disponível em: <http://bioplasticnews.blogspot.com/2009_10_01_archive.html>. Acesso em: 30 out. 2010.

O estudo para o emprego do amido termoplástico na substituição do plástico convencional (de origem petroquímica) destinado a algumas aplicações específicas vem ganhando força e recebendo considerável atenção no cenário dos recursos renováveis. Pode ser empregado como saco de lixo,

filmes para proteger alimentos, fraldas infantis, hastes flexíveis com pontas de algodão para uso na higiene pessoal; na agricultura vem sendo empregado como filme na cobertura do solo e recipientes para plantas. Também pode ser usado na preparação de cápsulas, na substituição do poliestireno expandido (ISOPOR[®]) na proteção de equipamentos durante o transporte; na produção de talheres, pratos e copos descartáveis, na fabricação de canetas, lapiseiras, brinquedos e outras aplicações onde o caráter biodegradável seja requerido. (RÓZ, 2003).

A utilização do amido diretamente como material plástico, embora muito promissora, é ainda limitada devido a sua baixa resistência mecânica, além da elevada susceptibilidade à água. Por esse motivo é de grande importância o aumento da resistência mecânica e resistência à umidade dos compostos de amido termoplástico (JACOB, 2006).

Além do amido nativo de qualquer fonte botânica também foram testados amidos modificados. Amido esterificado e eterificado de alto grau de substituição podem aumentar a resistência à umidade. Também podem ser acrescentados compostos diversos (CEREDA, 2001).

Outra solução foi tornar o amido mais plástico, produto que recebe a sigla TPS em inglês, e que significa amido termo-plástico. O TPS é hoje uma das principais pistas de pesquisa para produção de materiais biodegradáveis. O amido não é um verdadeiro termoplástico, mas, na presença de um plastificante (água, glicerina, sorbitol, etc.), a altas temperaturas (90 - 180°C), e cisalhamento, como ocorre no extrusor, ele derrete e flui, permitindo seu uso em equipamentos de injeção, extrusão e sopro, como para os plásticos sintéticos (CEREDA, 2001).

1.7 USO DO AMIDO NAS INDÚSTRIAS

Cerca de mil produtos acabados são originados da industrialização de amidos, destinados a diversas utilizações industriais nas áreas agro-alimentar, papelaria, química, de medicamentos, têxtil, metalúrgica, petrolífera, de construção civil, entre outras. A indústria de alimentos é a maior consumidora de fécula e amidos modificados de mandioca. O setor alimentício absorve cerca de 70% da produção nacional de fécula de mandioca. A indústria de

alimentos usa os amidos como ingredientes básicos dos produtos ou aditivos para melhorar a fabricação, a apresentação e conservação dos produtos (CEREDA, 2001).

1.8 O USO DE AMIDO NAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS

De acordo com Cereda (2001) nas indústrias agroalimentares, os amidos e derivados são utilizados como ingredientes, componentes básicos dos produtos ou aditivos adicionados em baixas quantidades para melhorar a fabricação, apresentação ou conservação. Os produtos de hidrólise (xarope de glicose ou de maltose, maltodextrinas) e de isomerização (iso-glicose ou frutose) são utilizados nas indústrias de balas, doces, chocolates, bolos, pastelarias, assim como nas indústrias de geléias e sobremesas, por seus poderes anti-cristalizante, adoçante ou de higroscopicidade (faculdade de reter a água). No Brasil, dois terços da fécula de mandioca produzida são utilizados pelo setor alimentício na forma nativa.

- **Indústria frigorífica:** a fécula de mandioca é o principal amido usado neste setor. Ela apresenta maior absorção de água, deixa os produtos mais macios proporcionando maiores rendimentos e custos menores.

- **Indústrias de biscoitos:** O amido pode ser colocado na matéria-prima, para padronizar o teor de glúten da farinha, em proporção de 15% a 20% do peso da farinha de trigo. Esse procedimento não traz problemas de ordem técnica, de alteração de aparência ou de outras características fundamentais dos mesmos. Em geral os biscoitos feitos com farinhas mistas (amido e trigo) são mais bem aceitos por se tornarem mais agradáveis ao paladar e serem mais leves que os convencionais.

- **Indústria de massas (macarrões):** a utilização de fécula de mandioca na confecção de macarrões tem se mostrado, através de experimentos, muito vantajosa no que diz respeito ao aspecto do produto, diminuição do tempo de cocção e outros. Além dessas vantagens, não exige grandes alterações nos esquemas de produção. Em geral, a substituição da farinha de trigo pela fécula se dá na faixa de 25% a 50%, resultando em maiores rendimentos industriais, em razão da fécula reter mais água, e, por isso, manter seu peso, depois de seco, melhor que o produto tradicional. A massa feita com fécula apresenta

coloração mais clara, com aspecto mais próximo ao dos macarrões caseiros. O macarrão com 50% de fécula é mais adequado para sopas, pois apresenta certa pegajosidade quando cozido, enquanto que com 25% não apresenta grandes diferenças em relação ao padrão. (CEREDA, 2001).

Outra vantagem que pode ser ressaltada, e que a fécula apresenta a característica de digestão muito fácil em relação ao macarrão tradicional. As massas com fécula são indicadas para pessoas idosas e crianças. A adição de fécula permite também diminuir o tempo de cozimento, propriedade apreciada na produção de macarrões instantâneos.

- **Indústrias de sobremesas:** O amido nativo é colocado como espessante em mistura com leite, na base de 1% a 2%, dependendo das características do produto e com um máximo possível de 2,5%.

- **Indústrias de iogurtes:** com o objetivo de substituir a gelatina, outro ingrediente utilizado, para obtenção de um produto final cremoso.

- **Os snacks:** apenas alguns *snacks* utilizam amido nativo nas suas composições, principalmente aqueles elaborados com amendoim (amendoim “japonês”, ovinhos” de amendoim). Para esses produtos se usa apenas a fécula de mandioca, em proporção de 20% a 35% como base para fritura.

- **Indústria de panificação:** É possível substituir parte da farinha de trigo por outras farinhas ou féculas, obtendo-se produtos de ótima qualidade e aceitação, como já foi comprovado em diversos experimentos, sendo que, em alguns casos, o produto confeccionado com farinhas mistas foi mais bem aceito que os demais. No caso da fécula de mandioca, a substituição recomendada tecnicamente para pães varia de 10% a 15%, calculado sobre o peso da farinha. O uso de farinhas mistas não exige mudanças substanciais nos esquemas de produção, mantendo as características normais do produto. As principais vantagens dessas misturas são:

- Obtenção de uma cor mais clara do produto;
- Retardamento no envelhecimento do pão;
- Maior absorção de água pela massa;
- Miolo com maior umidade, etc.

- **Indústrias de chocolates e bombons:** O amido entra na produção dos *wafers* para diminuir a força do glúten, com taxas de incorporação de 0,5% do peso total do produto final. (CEREDA, 2001).

- **Indústria de balas e caramelos:** amidos nativos em pó são usados nos moldes para produção de balas e caramelos. O amido, com 5% a 10% de umidade é usado para absorver a umidade dos moldes.

- **As sopas:** fécula de mandioca e amido de milho *waxy*, muitas vezes, são usados como base para produção de amidos esterilizáveis, que entram na produção de sopas em conservas ou de outros tipos de conservas.

- **Os molhos:** as pastas de amido servem também de estabilizador de emulsão em molhos de salada. Como esses molhos são de pH baixo, o amido deve ser capaz de resistir em elevada acidez. Deve também resistir a ações mecânicas durante a homogeneização do molho.

- **Produtos a base de carne:** o amido é usado como ligante em emulsões de carne tais como salsichas e lingüiças, para unir a carne com a água e a matéria graxa.

1.9 O MERCADO DE AMIDO NO MUNDO

Segundo Vilpoux (2005) o mercado mundial de amido está dividido em cinco matérias-primas (figura 6), quatro delas de origem tropical (milho, batata, batata-doce e mandioca). Dessas, o milho é a mais significativa, com 75% da produção mundial de amido. É a principal fonte de amido nos Estados Unidos (99% da produção), na Europa (46%), na Ásia e no Brasil. Apenas a Tailândia e alguns poucos países da Ásia possuem outras matérias-primas como principal fonte de matéria-prima para amido.

A produção de amido, a partir de trigo, encontra-se em forte crescimento na Europa, onde a produtividade alta e o elevado valor agregado dos co-produtos permitem a produção com preços muito competitivos.

A produção de fécula de batata-doce concentra-se em 95% na China, sendo o restante localizado, principalmente, no Japão. Alguns dados chineses indicam uma produção da ordem de quatro milhões de toneladas de fécula de batata-doce, informações essas difíceis de verificar.

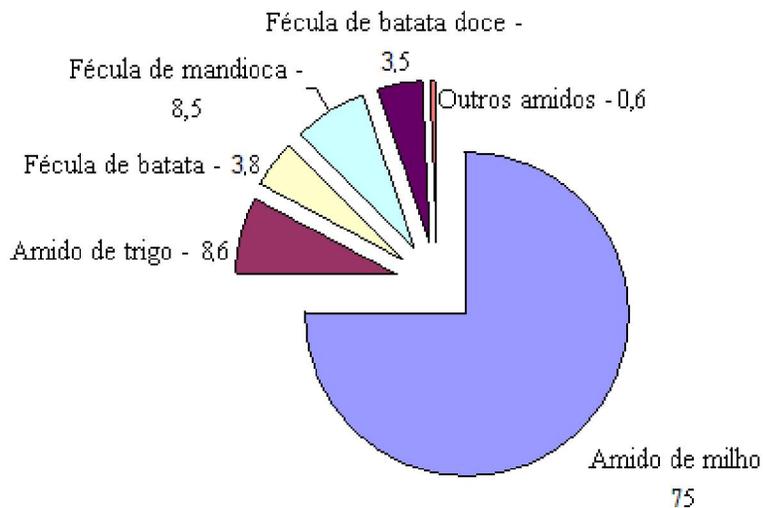


Figura 6: Estimativa de produção de amido em 2003, por tipo de matéria-prima.
Fonte: VILPOUX, 2005, p. 51.

As previsões de evolução de consumo mundial são de forte crescimento nos próximos anos, com a passagem da produção atual de 60 milhões de toneladas para 70 milhões em 2010, apresentados no gráfico 7.

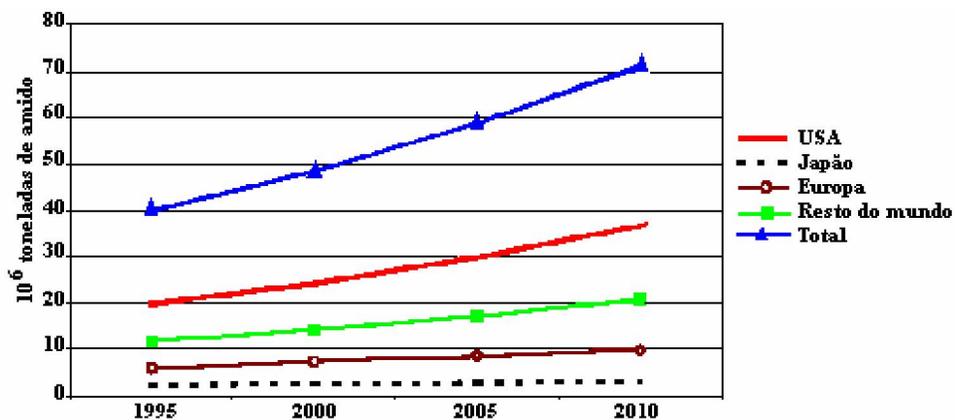


Figura 7: Estimativas da evolução de produção de amido, por grande região.
Fonte: Vilpoux, 2005, p. 51.

2 OBJETIVOS

Os biopolímeros vêm sendo utilizados em várias áreas de estudo, principalmente aqueles que advêm de substâncias extraídas diretamente da natureza e que podem ser repostas. O objetivo desse trabalho é fazer um levantamento bibliográfico das propriedades químicas e físicas de biopolímero feito através do amido. Fazer um levantamento das possibilidades de aplicações deste material em diferentes processos industriais para que se possa entender melhor o seu desenvolvimento nas várias áreas de atuação. Para isso se fez necessário identificar os processos de obtenção do biopolímero; verificar sua composição química, bem como suas propriedades físico-químicas e encontrar as várias utilizações para esse material.

3 JUSTIFICATIVA

A sociedade moderna tornou-se extremamente consumista e exigente, querendo sempre novos produtos que a satisfaçam, surge o amido, como um grande aliado para tentar suprir essas necessidades. Por ser de uma fonte renovável, e pela facilidade em alterar sua estrutura, gera uma ampla variedade de produtos e pode ser aplicado em diversas áreas das indústrias, tanto alimentar como agro – alimentar, tornando produtos cada vez mais atrativos para os consumidores mais exigentes.

4 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO AMIDO

Os principais componentes do amido são a amilose e a amilopectina, sendo a amilose um polímero de glicose em estrutura helicoidal não ramificada onde suas moléculas são unidas somente por ligações alfa 1-4. Já a amilopectina possui cadeias ramificadas e portanto apresenta ligações alfa 1-4 nas cadeias e alfa 1-6 nos pontos de ramificação (BOBBIO; BOBBIO, 2001). As propriedades nutricionalmente importantes dos componentes do amido seriam a taxa e extensão da digestão ao longo do trato digestório e o metabolismo dos monômeros absorvidos. Uma molécula de amilose é mais solúvel e digerida mais rapidamente que uma molécula de amilopectina, pois possui somente ligações alfa1-4, sendo digerida por alfa amilases apenas, e, por ser uma molécula de menor tamanho e maior superfície de contato entre enzima e substrato. Porém, as moléculas de amido presentes nos alimentos não estão separadas umas das outras, mas sim, reunidas em um arranjo granular. No grânulo de amilose, as moléculas se encontram em estrutura helicoidal que dificulta a entrada de água, ou até mesmo força a saída de água do interior do grânulo. Com a menor infiltração de água no interior do grânulo, o acesso das enzimas digestivas também se torna dificultado. Assim sendo, as amilases praticamente só têm acesso às extremidades do grânulo fazendo com que a glicose seja liberada de maneira mais lenta, porém com maior constância e durante um tempo maior, quando comparados aos grânulos de amilopectina. (CORRADINI et al, 2005)

5 CONCLUSÃO

Durante a realização deste trabalho, pode-se concluir que amido tornou-se um produto indispensável para o nosso cotidiano. Seu amplo uso pelas indústrias se deve as propriedades físicas e químicas. Logo toda essa diversidade e potencial utilização se deve a capacidade estrutural do amido.

Diante das pesquisas houve uma melhor compreensão da importância deste biopolímero tão necessário para a indústria, em específico o amido termoplástico, um plástico promissor, principalmente por ser biodegradável.

O presente trabalho explicou as inúmeras possibilidades de aplicação deste material em diversos processos industriais, e permitir entender o seu desenvolvimento nas varias áreas de atuação, atingindo assim todos os objetivos propostos.

REFERÊNCIAS

- BILIADERIS, C. G. **The struture and interations of starch with food.** Canadian journal of Physiology and Pharmacology, v. 69, p. 60-78, 1991.
- BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos.** Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola - Unicamp, 2001, p. 85.
- BULEON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, J. **Int. J. Biol. Macromol.** São Paulo, v. 2, n. 1, 1998, p. 23 - 85.
- CEREDA, M. P. Alternativas de uso industrial para amido de mandioca. **Rev. Bras. de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 8, n. 1, p. 63-71, 1989.
- CEREDA, M.P.; LANDI, C.M. et al. título do capítulo. In: Autor do livro. **Propriedades gerais do amido.** São Paulo: Fundação Cargill, 2001. v.1, cap. 6, p.101-133. (Serie Cultura de tuberosas amiláceas Latino Americanas).
- CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E.S.; CARVALHO, A.J.F.; CURVELO, A.A.S.; MATTOSO, L.H.C. Polímeros. **Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v. 2, n. 1, 2005, 15, 268.
- DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, local de publicação, v. 39,n.3, jan. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782009000300052&script=sci_arttext&tlng=es>
Acesso em: 30 ago. 2010.
- FRANCO, C.M.L. et al. **Propriedades gerais do amido.** Séries: Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. v. 1, cap. 2, p. 35 – 38.
- HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciência Tecnologia alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, jan./mar. 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612008000100033&script=sci_arttext&tlng=en%5
Acesso em: 25 set. de 2010.
- HERMANSSON, A., SVEGMARK, K. Developments in the inderstanding of starch functionality. **Trends is food science & Technology**, v. 7, p. 245-253, 1996.
- HODGE, J.E.; OSMAN, E.M. Hidratos de carbono. In: FENNEMA, O. R. **Introdución a la ciencia de los alimentos.** Barcelona: Reverte, 1985. v. 1, p. 48-160.

JACOB, R. F. **Estudos das propriedades das blendas de Amido termoplástico e Látex natural**. 2006. 106f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Química, Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75131/tde-26042007-090356/pt-br.php>>. Acesso em: 19 ago. 2010.

LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carboidratos em alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648p.

MUCCILLO, R. C. S. T. **Caracterização e avaliação de Amido nativo e modificado de pinhão mediante provas funcionais e térmicas**. 2009. 156f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/18598/000730841.pdf?sequence=1>. Acesso em 10 set. 2010.

POLESI, L. F. **Amido resistente obtido a partir de amido de leguminosas e de seus hidrolisados**. 2009. 115f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-09092009-150507/publico/Luis_Polesi.pdf. Acesso em: 07 ago. 2010.

RÓZ, A. L. O futuro dos plásticos: Biodegradáveis e Fotodegradáveis. **Polímeros, local de publicação**, v. 13, n. 4, out./dez. 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282003000400003&script=sci_arttext. Acesso em: 15 ago. 2010.

SINGH, N. et al. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, p. 219-231, 2003.

SILVA, G. O.; TAKIZAWA, F. F.; PEDROSO, A.; FRANCO, C. M. L.; LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; DEMIATE, I. M. **Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. Ciência Tecnologia alimentos**, local de publicação, v. 26, n. 1, jan. 2006, Campinas. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612006000100030&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 29 set. 2010.

SOUZA, R. C. R.; ANDRADE, C. Investigação dos processos de gelatinização e extrusão de amido de milho. **Polímeros**, v. 10, n. 1, jan./mar. 2000. São Carlos. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282000000100006&script=sci_arttext&tlng=in. Acesso em: 05 out. 2010.

SCHLEMMER, D. **Preparação, caracterização e degradação de blendas de poliestireno e amido termoplástico usando glicerol e óleo de buriti (Mauritia flexuosa) como plastificantes**. 2007. 78f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Instituto de Química, Brasília. Disponível em: http://vsites.unb.br/iq/pg/dissertacoes/trabalhos/daniela_schlemmer.pdf. Acesso em 15 ago. 2010.

VILPOUX, O. F. Produção e uso de amido. In: CEREDA, M. P. (Org.). **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2005. v. 1, p. 21-56.