



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

MORGANA KREUZ

**AMIDOS MODIFICADOS:
CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES**

ARIQUEMES – RO
2012

Morgana Kreuz

**AMIDOS MODIFICADOS:
CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES**

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

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

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

615.42

K92a

KREUZ, Morgana

Amidos modificados: características e propriedades. / Morgana Kreuz – Ariquemes: [s.n], 2012.

32 f.il .; 30cm.

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

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

1. Amido 2. Amido modificado 3. Propriedades funcionais do amido I. KREUZ, Morgana. II. Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA. III. Amidos modificados: características e propriedades.

Morgana Kreuz

**AMIDOS MODIFICADOS:
CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES**

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

COMISSÃO EXAMINADORA

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

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

Prof^a. Ms. Filomena Maria Minetto Brondani
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

Ariquemes, 30 de Junho de 2012

*À minha família, em especial à minha
mãe, por ser meu maior exemplo...*

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente pelo dom da vida, por minha saúde e por sempre iluminar meus caminhos, me ajudando a superar os obstáculos, por maiores que sejam. Por me proporcionar tantas coisas maravilhosas, sabendo que muitas vezes não sou merecedora de tanto.

A minha família, pelo total apoio durante esta etapa de minha vida, e por serem minha maior fortaleza.

A minha mãe, que sempre esteve ao meu lado, independente do que acontecesse, me dando forças, e sempre acreditando em minha capacidade, mostrando o que é certo e errado, e muitas vezes deixando de lado suas vontades e seus sonhos, para realizar os meus. Amo incondicionalmente!

Aos meus irmãos Victor e Anna Julia, por tornarem meus dias mais alegres.

Aos meus avós, João e Ires, por terem me tornado quem sou, me ensinando que caráter não se muda e personalidade não se adquire.

A minha orientadora, Professora Fábria, por ter me ajudado, com toda dedicação possível, na elaboração deste trabalho.

As amizades feitas durante esta fase da vida, que independente do que aconteça, sempre levarei em meu coração.

Agradeço também aqueles que não acreditaram em mim, aqueles que me atrapalharam e me fizeram mal, pois certamente me ensinaram que na vida, muitos obstáculos surgirão e que devemos ser maiores do que eles para superar.

RESUMO

O amido é a principal fonte de reserva dos vegetais e apresenta várias aplicações na indústria. O objetivo deste trabalho foi discorrer sobre a utilização e características de amidos modificados de diversas origens botânicas na indústria, com ênfase na alimentícia, por meio de revisão de literatura. O amido é um carboidrato formado pelos polissacarídeos amilose e amilopectina, que se organizam em grânulos na célula vegetal. Apresenta diversos usos na indústria, com destaque para a indústria de alimentos. Na forma nativa tem aplicabilidade restrita o que pode ser sanado por meio de modificação da sua estrutura, seja química, física ou enzimática. As modificações melhoram as propriedades funcionais do amido para as diversas aplicações, entre elas são importantes: claridade de pasta, poder de inchamento, solubilidade, capacidade de absorção de água e óleo, gelatinização, viscosidade e retrogradação.

Palavras-chave: Amido, Amido Modificado, Propriedades funcionais do amido.

ABSTRACT

Starch is the main source reserve of the vegetables and has many applications in industry. The objective of this study was to descant about the utilization and characteristics of modified starches of various botanical origins in the industry, with emphasis on food stuffs, through literature review. Starch is a carbohydrate formed by polysaccharides amylose and amylopectin which is organized into granules in the cell of the vegetable. Presents several uses in industry, with highlighting in the food industry. In the native form has applicability constrained which may be remedied through the modification of its structure, either chemical, physical or enzymatic. Modifications to improve the functional properties of the starch in various applications, among which are important: clarity of pulp, swelling power, solubility, absorption capacity for water and oil, gelatinization, retrogradation, and viscosity.

Keywords: Starch, Modified Starch, Functional properties of starch.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- BVS - Biblioteca Virtual em Saúde
- FAEMA - Faculdade de Educação e Meio Ambiente
- pH - Potencial Hidrogeniônico
- SciELO - *Scientific Electronic Library Online*
- T₀ - Temperatura inicial
- T_c - Temperatura de conclusão
- T_p - Temperatura de pico
- TPS - Tripolifosfato de Sódio

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. METODOLOGIA	12
4. REVISÃO DE LITERATURA	13
4.1 ESTRUTURA DO AMIDO	13
4.2 AMIDO MODIFICADO	15
4.2.1 Modificação Química	18
4.2.1.1 Oxidação	18
4.2.1.2 Hidrólise ácida	19
4.2.1.3 Fosfatação	20
4.2.2 Modificação Física	21
4.3 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO AMIDO	21
4.4 USO DE AMIDOS MODIFICADOS NA INDUSTRIA DE ALIMENTOS .	24
CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS	27

INTRODUÇÃO

Nas plantas, o amido é a principal substância de reserva. É encontrado em várias sementes, como milho, trigo, arroz, também em tubérculos e raízes. Tanto natural como modificado, pode ser aplicado como agente adesivo, ligante e gelificante. (WEBER; COLLARES-QUEIROZ; CHANG, 2009). O amido é formado por dois polímeros, a amilose e a amilopectina, que somente podem ser evidenciados após solubilização dos grânulos e separação. (ASP, 1995).

O amido é muito usado pela indústria de alimentos nacional e internacional como melhorador das propriedades funcionais em sistemas alimentícios. Dependendo da fonte botânica e da natureza (nativo ou modificado) pode ser utilizado para fornecer textura, servir como espessante, proteger os alimentos durante o processamento, entre outras funções. (PERONI, 2003).

Diante do surgimento de novos produtos no mercado, a indústria procura amidos com propriedades bem definidas, para aplicações específicas, com o intuito de proporcionar as funções desejadas ao alimento. Porém, as aplicações do amido, em sua forma natural, são limitadas, sendo preciso modificá-lo para aumentar sua aplicabilidade na indústria. (SHIRAI et al., 2007).

As principais razões que levam a modificação do amido são: alterações das características de cozimento, diminuição da retrogradação e capacidade de formação de géis, aumento de resistência aos ciclos de congelamento e descongelamento, transparência das pastas ou géis e capacidade de formar filmes, adicionar grupos hidrofóbicos e adquirir poder emulsificante. (SILVA et al., 2006). Desta forma, é importante conhecer as características e propriedades deste componente imprescindível para a tecnologia de alimentos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Discorrer sobre a utilização e características de amidos modificados na indústria, com ênfase na alimentícia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a estrutura química do amido;
- Compreender os diversos processos de modificação da estrutura química do amido;
- Estudar as propriedades funcionais do amido com relevância na indústria de alimentos.
- Estudar os benefícios da modificação da estrutura química do amido para os produtos que o utilizam;

3. METODOLOGIA

Este estudo é do tipo de revisão de literatura, no qual foram estabelecidas três etapas:

3.1 ETAPA 1 – SELEÇÃO DA TEMÁTICA E LEVANTAMENTO DO MATERIAL BIBLIOGRAFICO

A seleção do tema foi fruto de leitura prévia, durante as disciplinas da área de alimentos na graduação em Farmácia. O desenho amostral foi realizado através de uma abordagem bibliográfica, desenvolvida com base em material previamente elaborado por outros autores, e a sua busca foi feita utilizando-se as plataformas Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), além de livros que abordam o assunto. A estratégia de busca inclui artigos, manuais normativos, dissertações, teses, publicações e documentos oficiais, como portarias e resoluções, e a pesquisa foi realizada no período de outubro de 2011 a maio de 2012.

3.2 ETAPA 2 – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS ENCONTRADOS NA LITERATURA

A análise dos dados encontrados em literatura foi realizada através da seleção do material pertinente, o que foi possível através do estabelecimento de palavras-chave para a procura do material. A saber: Amido; Amido modificado; Propriedades físico-químicas.

3.3 ETAPA 3 – MONTAGEM DA REVISÃO

Para a estruturação do trabalho selecionou-se material referente à estrutura química do amido nativo e modificado, propriedades físico-químicas do amido, utilização do amido na indústria de alimentos e atuação do profissional farmacêutico na área de alimentos.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 ESTRUTURA DO AMIDO

O amido é a principal fonte de armazenamento de energia das plantas, e pode ser ingerido pelo ser humano, sendo para este, uma importante fonte de energia alimentar. A maior parte do consumo de amido se dá juntamente com a planta, mas este pode também ser extraído. (GIACOMETO; WOSIACKI, 1985). Em células vegetais, o amido é depositado na forma de grânulos que não se dissolvem em água. Nas folhas, podem ser encontrados nos cloroplastos ou amiloplastos, estando este último presente no parênquima de raízes, caules ou tubérculos, endosperma ou cotilédones de sementes. Nos cloroplastos, o amido é sintetizado na fase da fotossíntese e metabolizado rapidamente à noite. (AMARAL et al, 2007).

A estrutura do amido nativo é semicristalina, sendo formado de macromoléculas de amilose e amilopectina, onde a amilose apresenta cadeias lineares e a amilopectina possui estrutura ramificada. (CORRADINI et al., 2005).

A quantidade de amilose nos grânulos tem variação conforme a fonte de origem, encontrando-se normalmente na faixa de 20 a 30% em amidos normais dos cereais. Alguns alimentos, como cevada e arroz, quando denominados cerosos, são formados apenas por amilopectina, já aqueles denominados *high-amilose* possuem quantidade acima de 50% de amilose. Essa diferença na quantidade de amilose proporciona a esses alimentos propriedades funcionais diferenciadas. Além disso, os amidos normais apresentam algumas limitações para aplicação na indústria, como por exemplo, a ocorrência do fenômeno da sinérese (devido à retrogradação), sendo preferível o uso do amido ceroso, por apresentar melhor estabilidade em relação a temperatura, devido ao fato de quase não possuir amilose. (WEBER; COLLARES-QUEIROZ; CHANG, 2009).

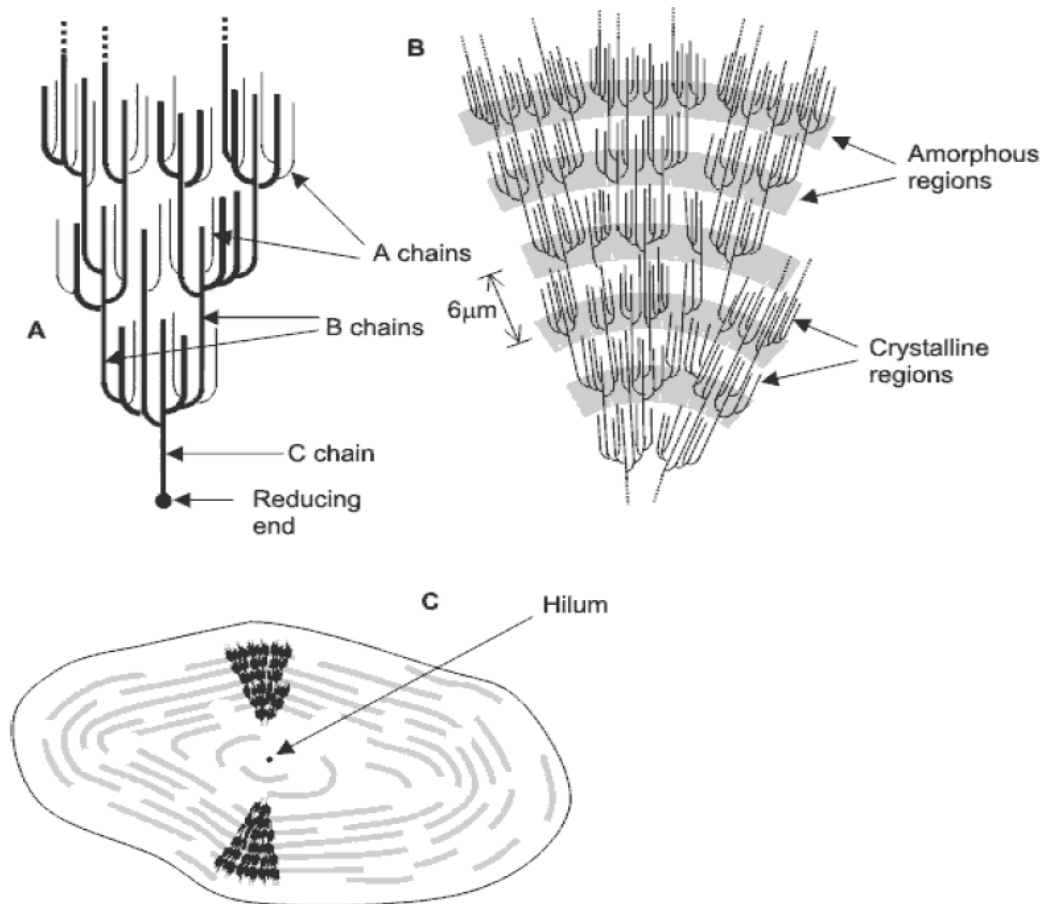


Figura 1 – A) Classificação das cadeias de amilopectina em tipo A, B e C. B) Estrutura da amilopectina formando as regiões amorfas e cristalinas no grânulo do amido. C) Modelo da estrutura interna do grânulo de amido com a visualização dos anéis de crescimento e centro ou hilum.

Fonte: Denardin; Silva (2008)

A amilose, juntamente com a amilopectina, arranja-se no grânulo e formam camadas superpostas, ao redor do hilo, podendo estar localizada no centro do grânulo ou lateralmente. Esta estrutura é estabilizada através da formação de ligações de hidrogênio, com as macromoléculas adquirindo conformação paralela, resultando no surgimento de micelas (regiões cristalinas), que são responsáveis por manter a estrutura do grânulo e controlar o comportamento com a água. Além das micelas, existem as regiões amorfas (não cristalinas), sendo esta a porção menos densa, capaz de absorver maior quantidade de água. (RIBEIRO, 2011).

A amilose é composta por unidades de D-glicose ligadas por ligações α -(1→4), enquanto a amilopectina é muito ramificada, com unidades de D-glicose ligadas através de ligações α -(1→4) e ramificações em α -(1→6). (MALI;

GROSSMANN; YAMASHITA, 2010). Podem apresentar pesos moleculares diferentes, conforme a fonte botânica, com variação de $1,1 - 1,9 \times 10^6$ Daltons para a amilose e $1 - 20 \times 10^7$ Daltons para a amilopectina, sendo que a amilose de tubérculos e também de raízes apresenta peso molecular maior do que nos cereais. (GIACOMETO; WOSIACKI, 1985).

Para determinação da quantidade de amilose, pode-se realizar um teste utilizando iodo. Na estrutura helicoidal da amilose podem se acomodar átomos de iodo, formando um composto de coloração azul intensa. Esta propriedade pode ser utilizada como teste indicativo da presença de amido. (PERONI, 2003).

Para a determinação das características dos grânulos é empregada a técnica de difração de Raio-X, sendo possível a identificação de três tipos de modelos: Tipo "A" – duplas hélices empacotadas dentro de uma conformação monocíclica; se encaixam nessa classificação os amidos de cereais, como o milho. Tipo "B" – forma cristalina do amido, duplas hélices empacotadas numa conformação hexagonal; pertencem a essa classificação os amidos de cereais ricos em amilose. Tipo "C" – caracterizado como uma sobreposição dos tipos "A e B". (GUERREIRO, 2007).

4.2 AMIDO MODIFICADO

O amido, que se extrai de uma planta e não sofreu nenhuma modificação em sua estrutura, é chamado amido nativo ou natural, com aplicação nas indústrias têxteis, farmacêuticas, plásticas, entre outras. Para otimizar a utilização do amido, principalmente em aplicações industriais, produz-se o amido modificado, com o intuito de superar certas limitações existentes no amido nativo. (APLEVICZ; DEMIATE, 2007). O objetivo de modificar o amido é alterar algumas de suas propriedades, como: gomificação, retrogradação, capacidade de formação de géis, através das pastas, produção de poder emulsificante através da adição de grupamentos hidrofóbicos, etc. (SILVA et al., 2006).

Segundo Silva et al. (2008), o amido pode ser modificado de forma química, física ou enzimática, em condições de pH e temperatura controlados. O Quadro 1 resume as modificações do amido e suas técnicas de preparação.

Modificação	Tipo	Técnica de Preparação
Física	Aquecimento/ Umidificação	1) Aquecimento do amido a temperaturas maiores do que a temperatura de gelatinização, com umidade insuficiente para causar o processo de gelatinização. 2) Anelamento: aquecimento do amido a temperaturas menores do que a temperatura de gelatinização por grandes períodos de tempo.
	Pré-Gelatinização	Processo que utiliza cilindros aquecidos com vapor (<i>Drum-dryer</i>) ou sistema <i>spray-dryer</i> .
Conversão	Hidrólise parcial ácida	Tratamento com ácido clorídrico, orto-fosfórico ou sulfúrico
	Hidrólise enzimática parcial	Tratamento de uma solução aquosa de amido sob temperaturas menores do que a gelatinização com a utilização de uma ou mais enzimas amilolíticas.
	Tratamento com álcali	Tratamento com hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio
	Oxidação/Bleaching	O tratamento pode ser feito com ácido peracético e/ou peróxido de hidrogênio, hipoclorito de sódio, cloreto de sódio, permanganato de potássio, persulfato de amônia e dióxido de enxofre.
	Piroconversão (dextrinização)	Tratamento com pirodextrinas, preparado por tostagem do amido acidificado.
Derivatização	Eterificação	Esterificação com óxido propílico.
	Esterificação	1) Esterificação com anidrido acético ou acetato vanílico. 2) Esterificação com anidrido acético e anidrido adípico 3) Esterificação com anidrido octenilsuccínico
	Ligação Cruzada	1) A eterificação pode ser feita com: ácido orto-fosfórico, ortofosfato de sódio ou potássio e tripolifosfato de sódio. 2) Esterificação com trimetafosfato de sódio ou oxiclreto de fósforo. 3) Combinação dos tratamentos 1 e 2.

Fonte: Muccillo (2009)

Quadro 1 – Tipos de modificação da molécula de amido e técnicas de preparação

No Brasil existem muitas fontes de amido que podem ser modificados, necessitando apenas de maior evolução tecnológica. (SHIRAI et al., 2007). Pequena parte dos amidos modificados é utilizada pela indústria de alimentos (menos de 10%) sendo a maior parte direcionada à confecção de papéis e papelões, por

produzirem suspensões usadas como dispersantes, podendo formar filmes uniformes e selar os poros, garantindo melhor impressão. (SILVA et al., 2008; PEREIRA, 2011).

Pereira (2011), de acordo com a legislação, diferencia amidos nativos e modificados:

Considerando a necessidade de estabelecer as características que devem cumprir os amidos a serem utilizados na indústria de alimentos, no que concerne o intercâmbio comercial a Portaria Nº 42/98 revolveu:

Art 1 – Os amidos modificados quimicamente são considerados como ingredientes e serão mencionados na lista ingredientes como amidos modificados.

Art 2 – Os amidos nativos e os amidos modificados por via física ou enzimática serão mencionados na lista de ingredientes como amidos.

Art 3 – Os amidos modificados quimicamente, se utilizados pela indústria alimentar, deverão obedecer a especificações pelo *Food and Drug Administration*(2007).

A Portaria Nº 42/98 tem finalidade fixar as características de identidade e qualidade a serem atendidas pelos amidos modificados. Os amidos modificados alimentícios são amidos nos quais uma ou mais de suas características originais tenham sido modificadas mediante processo tecnológico adequado, através de tratamento físico ou químico.

O amido modificado é também utilizado na produção de polímeros sintéticos, desde os anos 70. Os plásticos comuns, fabricados com estes tipos de polímeros, não sofrem ação imediata dos microrganismos, o que lhes confere longa duração. Entretanto, este fator pode ser uma desvantagem no que se diz respeito à preservação do meio ambiente, pela demora na degradação, por isso ao se adicionar qualquer substrato biodegradável, induz-se a ação dos microrganismos, fazendo com que ocorra a destruição do polímero sintético. (SOUZA; ANDRADE, 2000).

A oxidação do amido, caracterizada pela introdução de grupos carboxila, atrasa o processo de retrogradação e faz com que ocorra formação de géis tenros. Com as ligações intermoleculares, ocorre redução no tamanho dos grânulos e aumenta a resistência ao calor, impedindo a formação de géis. Já nas reações de fosfatação, hidroxialquilação e esterificação, por exemplo, que são reações de substituição, ocorre diminuição da temperatura de gelatinização, fazendo com que este fique mais resistente ao processo de retrogradação. (LIMBERGER, 2006).

4.2.1 Modificação química

As modificações químicas dos amidos são utilizadas para alterar as propriedades físico-químicas destes compostos para aplicações industriais. Neste caso, promove-se alterações em algumas unidades glucopiranosídicas do polímero. (BATISTA; SILVA; LIBERATO, 2010).

4.2.1.1 Oxidação

A obtenção de amidos modificados por oxidação se dá pelo tratamento dos grânulos de amido com algum agente oxidante, como hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio e ácido periódico. É necessária a ocorrência de três elementos básicos para este tipo de modificação: reagente oxidante, controlar a temperatura e controlar o pH. (MENDES, 2011).

A oxidação pode produzir diferentes produtos, dependendo do agente modificador, e este processo se baseia no aquecimento da solução aquosa de amido em solução oxidante, resultando em uma pasta de coloração branca, que não forma gel rígido quando resfriada, conservando sua fluidez e propriedade adesiva. O processo de oxidação converte alguns grupos hidroxila (presentes na molécula de amido) em grupo carbonila e depois grupo carboxila e a quantidade desses grupos vai indicar o grau de oxidação do amido. (SILVA et al., 2008).

O grau de oxidação varia conforme as condições do meio em que ocorre a reação e se relaciona com a brancura do amido. Para se obter amidos oxidados por hipoclorito de sódio, são fatores determinantes: o pH, sendo este variante durante o processo, concentração, tanto do agente oxidante como do amido, presença ou não de sais inorgânicos e o tempo empregado na reação. (CONTO, 2009).

O amido quando submetido a tratamento por oxidação, adquire propriedades como resistência à retrogradação, transparência elevada e capacidade de geração de pastas fluidas. O amido modificado, através da oxidação pelo peróxido de hidrogênio, pode ser utilizado em alimentos, já que a baixa ingestão desta substância não causa intoxicação, além de ser estável quando entra em contato com alguns alimentos e também após o cozimento destes. (APLEVICZ; DEMIATE, 2007).

A utilização de amidos oxidados pela indústria de alimentos vem crescendo devido a propriedades como: baixa viscosidade, elevada estabilidade, claridade, formação de filme e retenção de água e estes podem ser empregados em vários alimentos, como balas de goma, sorvetes, sopas, etc. (SHIRAI et al., 2007).

4.2.1.2 Hidrólise ácida

O processo de hidrólise ácida corresponde ao tratamento do amido, abaixo do seu ponto de gelatinização, com solução ácida, podendo ser utilizados diferentes tipos de ácidos e diversas fontes de amido, como batata, mandioca, milho, entre outros. O processo se dá pelo ataque dos íons hidroxônios aos átomos de oxigênio das ligações glicosídicas, hidrolisando-as. (RIBEIRO, 2011).

A reação tem início com a interação do ácido primeiramente com a região amorfa do grânulo, sendo este um processo rápido, posteriormente tem-se a interação do ácido com a região cristalina, neste caso, o processo é mais lento. Este amido não tem mudanças importantes em sua forma granular, apresenta birrefringência similar e solubilidade em água fria igual ao amido nativo. Conforme o tempo de reação é aumentado, reduz-se o conteúdo de amilose e a zona cristalina é aumentada. (MUCCILLO, 2009).

O amido ácido apresenta vantagens em relação ao oxidado, como por exemplo, diminuição da força do gel, o que pode ser explicado pelo fato de que os grupos carbonílicos e carboxílicos são mais volumosos que os hidroxílicos, tendendo assim, à reassociação das cadeias mais curtas. (BENINCA, 2008).

Através da hidrólise do amido, tanto ácida como enzimática, há o surgimento das maltodextrinas, que elevam o teor de sólidos solúveis, controlam o congelamento e impedem a cristalização, com utilização em alimentos para garantir viscosidade, corpo e textura estável e suave. (CONSOLE, 1998). A Figura 2 mostra um esquema geral da modificação do amido por hidrólise ácida e oxidação.

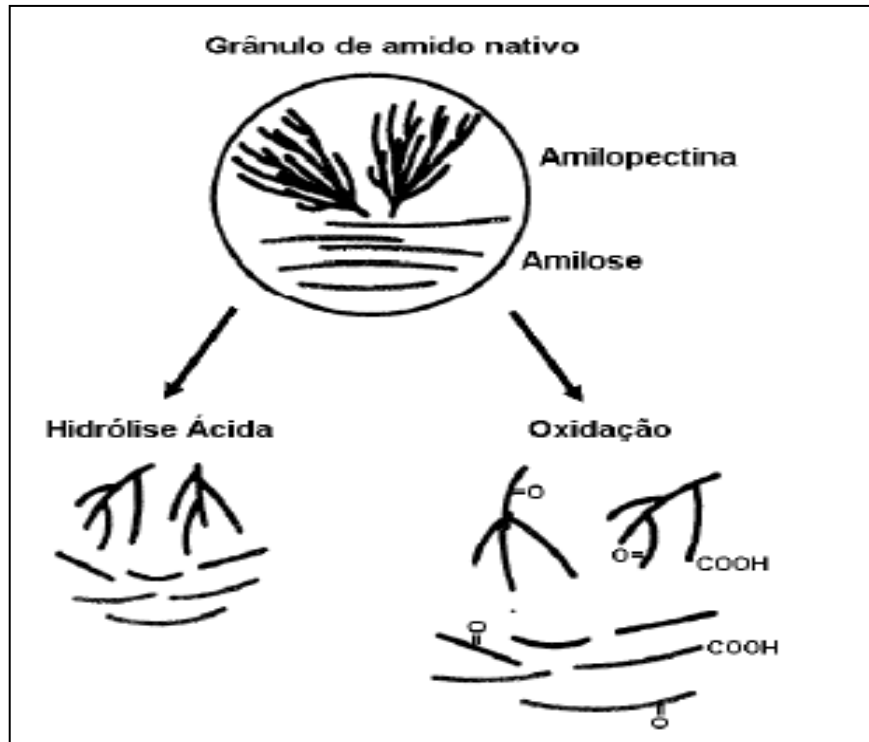


Figura 2: Esquema ilustrativo do grânulo de amido nativo e das modificações químicas por tratamentos ácido e oxidativo

Fonte: Beninca (2008)

4.2.1.3 Fosfatação

Amidos nativos possuem pequenas quantidades de fósforo, nos tubérculos e raízes esse fósforo está ligado covalentemente ao amido e nos cereais ocorre apenas como contaminante dos fosfolipídios. Para aumentar o grau de fosfatação, os amidos podem ser fosfatados. Estes amidos são considerados derivados do ácido fosfórico, podendo originar produtos monoésteres quando somente há uma hidroxila na ligação fosfato-amido. (CLERICI, 1997).

Um dos principais tipos de fosfatação do amido é aquele na qual a modificação foi realizada com tripolifosfato de sódio (TPS), por ser um reagente barato. Além disso, o procedimento é de fácil execução e há formação de pastas com boa claridade. (PEREIRA, 2011).

A introdução de grupos fosfato nas cadeias do amido provoca repulsão entre as cadeias, aumentando a hidratação. Assim, ocorre aumento da solubilização e poder de inchamento dos grânulos, as pastas de amido possuem maior estabilidade

durante o período de estocagem, e durante os ciclos de congelamento e descongelamento. (DANIEL et al., 2006).

4.2.2 Modificação física

Entre as modificações físicas, a principal é a pré-gelatinização do amido, o que modifica algumas propriedades do alimento, como elasticidade e maciez das pastas, textura, volume e estabilidade ao descongelamento de pães e bolos, entre outras. Na área de indústrias, é utilizado para obter retenção de água sem que seja necessária a aplicação de calor, uso em misturas prontas panificáveis, aglutinante na indústria de carnes, etc. Tem aplicação também em indústrias farmacêuticas, de papéis, têxteis, etc. Esse tipo de amido pode ser obtido através de extrusão ou secagem em rolos e utilização de atomizadores. (CLERICI, 1997).

Não importando o tipo de modificação, a estrutura do amido será alterada, com o objetivo de melhorar suas características funcionais, podendo ser amplamente utilizado em aplicações industriais. (PEREIRA, 2011).

4.3 PRORIEDADES FUNCIONAIS DO AMIDO

A **claridade de pasta ou transparência** é uma característica de suma importância, principalmente quando se refere a sua aplicação em diversos alimentos, e pode sofrer variação conforme sua fonte de origem, o que depende da quantidade de amilose e do tamanho dos grânulos. (YAMANI, 2010). Amidos utilizados como espessantes de recheios de tortas, por exemplo, devem ter alta transparência, enquanto os empregados em saladas devem ser opacos. É importante ressaltar que esta propriedade pode ser alterada por modificações na estrutura do amido. (MATSUGUMA, 2006; grifo meu).

As pastas de amido podem ser classificadas em três tipos, conforme a estrutura e o comportamento da luz: pasta transparente, pasta moderadamente transparente e pasta opaca. Além disso, esta propriedade está ligada à retrogradação do amido, sendo as pastas com maior tendência à retrogradação aquelas mais opacas. (CONTO, 2009).

A **solubilidade** é considerada como a porcentagem de amido que é dissolvida depois da suspensão aquecida, sendo esse poder de solubilidade influenciado fortemente pela fonte botânica de origem do amido. (PERONI, 2003; grifo meu).

A insolubilidade do amido se dá devido às fortes ligações de hidrogênio. Quando o aquecemos em temperatura superior a de empastamento, e em excesso de água, essas pontes de hidrogênio relaxam, e a estrutura cristalina é rompida, ocorrendo então a interação entre as moléculas de água e os grupos hidroxila da amilose e amilopectina, levando a solubilização do amido. (SPIER, 2010; HORIMOTO, 2006).

A **capacidade de absorção de água** é dada pela quantidade de água que se liga às moléculas constituintes do alimento, principalmente carboidratos e proteínas, após serem submetidas à pressão ou centrifugação. Esta capacidade depende da quantidade de grupos polares presentes na molécula, ou seja, quanto mais grupos, maior capacidade de absorver água. As proteínas também podem interagir com lipídios através da interação dos resíduos de aminoácidos lipofílicos das cadeias protéicas com as cadeias apolares dos lipídios. (BATISTA, 2010; grifo meu).

Os grânulos de amido, quando colocados em contato com água fria, sofrem intumescimento, com posterior reversão através de desidratação; já quando colocados em água e aquecidos, incham num processo irreversível chamado **gelatinização**, que ocorre devido à perda da organização estrutural, na qual os cristais se fundem. O fim da gelatinização é marcado pelo intumescimento, hidratação e solubilização das moléculas e ruptura da estrutura granular. (DENARDIN, 2008). Para cada fonte de amido há uma faixa de temperatura determinada para que ocorra a gelatinização, o qual corresponde ao ponto de maior viscosidade. (GONÇALVES, 2007; grifo meu).

Através de termogramas, pode-se determinar três etapas do processo de gelatinização: T_0 (Temperatura inicial) que corresponde ao início do inchamento dos grânulos do amido; T_p (Temperatura de pico) que é o maior nível de inchamento, corresponde à temperatura de gelatinização; T_c (Temperatura de conclusão) que é a quebra e esvaziamento dos grânulos. É importante ressaltar ainda que o processo acontece de forma decrescente, ou seja, os grânulos maiores são os primeiros a gelatinizar e que existem alguns fatores determinantes para identificação da

temperatura inicial de gelatinização e a faixa de temperatura onde todo o processo ocorrerá, no qual se destacam: tipo do grânulo; cristalinidade; proporção água/amido; taxa de aquecimento. (SANABRIA, 2010).

A transformação da suspensão do amido para pasta é caracterizada pelo aumento na **viscosidade**. O valor de viscosidade pode ser medido através de viscoamilógrafo, e este valor dependerá de fatores como grau de intumescimento dos grânulos e capacidade de resistir à dissolução pelo calor ou pela agitação mecânica. (BRASILEIRO, 2006; grifo meu).

O processo de **retrogradação** surge após a gelatinização, e pode ser considerado como seu processo inverso. É caracterizado pela reassociação das moléculas de amilose e amilopectina através de ligações de hidrogênio. (YAMANI, 2010).

O processo de retrogradação leva a formação de áreas cristalinas e muda o grau de refração, tornando o gel opaco no decorrer do processo. A amilose e a amilopectina sofrem esse processo de forma diferente, com a amilose retrogradando mais rapidamente. Para que a retrogradação ocorra, são necessários alguns fatores: fonte de amido, armazenamento (tempo e temperatura), pH, presença de açúcares, lipídeos e eletrólitos e as condições de processamento. (DENARDIN, 2008).

A retrogradação é o fenômeno mais importante no processo de envelhecimento de filmes de amido, levando-os a ficarem duros e quebradiços. O armazenamento pode influenciar na velocidade de retrogradação, bem como o fenômeno de transição vítrea. Esta transição vítrea é caracterizada como uma mudança de fase que ocorre em materiais amorfos em uma determinada temperatura. (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010).

A velocidade de retrogradação é influenciada pelo tipo de amido, peso molecular, linearidade, umidade, concentração, temperatura, composição do meio e pH. (GIACOMETTO; WOSIACKI, 1985). A presença de lipídeos dificulta a reassociação das cadeias poliméricas durante o resfriamento da pasta, através de impedimento estérico, fazendo com que o amido rico em lipídeos tenha baixa retrogradação. (GALDEANO et al., 2009).

4.4 USO DE AMIDOS MODIFICADOS NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

No Brasil, a produção de amido chega a pouco mais de um milhão de toneladas, e cerca de 69,0% se destina a indústria alimentícia. Os derivados de amido mais utilizados são os açúcares (47,2%). Logo em seguida os amidos nativos (42,8%) e os amidos modificados (9,4%). (RECHSTEINER, 2009).

O Quadro 2 resume algumas aplicações dos amidos modificados na indústria de alimentos.

Indústria	Função do amido	Tipo de Modificação	Características não desejadas do amido nativo
Sorvetes	Espessantes	Oxidação, Pré-gelatinização, fosfatação	Não resistem à baixas temperaturas, pois retrogradam mais facilmente, gerando sinérese.
Pudins e Sobremesas	Espessantes	Ligação Cruzada e Pré-gelatinização	Após cozido não apresenta a textura suave recomendada.
Extrusados		Ligação Cruzada Pré-gelatinização	Não resistem à T altas e corte. A quebra dos grânulos deixa a massa grudenta e favorecem a perda da Capacidade de Retenção de Água.
Balas e Caramelos	Agentes Ligantes	Ácidos modificados Pré-gelatinizados	Viscosidade à quente muito elevada quando utilizado com altos teores e sólidos.
Sopas e Conservas	Espessantes	Oxidação Ligação Cruzada	Não retém alta umidade após a esterilização
Molhos	Espessante	Ligação Cruzada	Resistência à alta acidez e à ação mecânica durante a homogeneização do molho.

Fonte: Muccillo (2009)

Quadro 2 – Aplicações dos amidos modificados na indústria de alimentos

Normalmente, os amidos naturais não têm boa aceitação na indústria de alimentos por intumescerem, romperem-se, formarem pastas espessas, elásticas e coesivas. No Brasil, o principal produto fruto da modificação do amido é a glicose,

que pode originar diferentes produtos, como balas, bombons, sobremesas, entre outros. O xarope de maltose também tem sua importância, sendo empregado na elaboração de leite em pó, na indústria de cerveja, doces, refrigerantes, vinhos, etc. As maltodextrinas são importantes na indústria de alimentos por serem solúveis em água e não adocicadas, sendo que o grau de hidrólise do amido influencia em suas características químicas, físicas e funcionais.(COUTINHO, 2007).

Nas indústrias agro-alimentares, os amidos e seus derivados podem ser usados como componentes básicos ou apenas adicionados para melhoramento da qualidade do produto. Conforme a fonte botânica e seu estado nativo ou modificado, o amido pode ajudar no processamento, garantir textura, ajudar como espessante ou ainda servir como proteção para o alimento durante o processamento, sendo assim, de grande serventia para um gama de alimentos processados. (SERRANO; FRANCO, 2005).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A molécula de amido é, na verdade, composta de dois polímeros, a amilose e amilopectina, que se organizam na célula vegetal na forma de grânulos.

O amido é um carboidrato que, além de servir como fonte de energia para a alimentação, apresenta várias aplicações industriais, com destaque para a indústria de alimentos.

Na sua forma nativa tem aplicabilidade restrita, para aumentar seu uso, modificações em sua estrutura são realizadas, com intuito de melhorar suas propriedades funcionais para atenderem diversos requisitos.

As principais propriedades funcionais do amido que delimitam sua aplicação na indústria de alimentos são: claridade de pasta, poder de inchamento, solubilidade, gelatinização, capacidade de absorção de água e óleo, viscosidade e retrogradação.

REFERÊNCIAS

AMARAL, L. I. V. et al. Novo método enzimático rápido e sensível de extração e dosagem de amido em materiais vegetais. **Hoehnea**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 425-431, set., 2007. Disponível em: <[http://www.ibot.sp.gov.br/publicacoes/hoehnea/vol34/Hoehnea34\(4\)artigo01.pdf](http://www.ibot.sp.gov.br/publicacoes/hoehnea/vol34/Hoehnea34(4)artigo01.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2012.

APLEVICZ, K. S.; DEMIATE, I. M. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 478-484, jul./set., 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v27n3/a09v27n3.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

ASP, N. G. L. Classification and methodology of food carbohydrates as related to nutritional effects. **Am J Clin Nutr.** V. 61, suplemento, p. 930S-937S, 1995. Disponível em: <<http://www.ajcn.org/content/61/4/930S.full.pdf+html>> Acesso em 21 dez. 2011.

BATISTA, K. A. **Extrusão de farinha de feijão hard-to-cook: Características bioquímicas e propriedades funcionais.** 2010. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&o_obra=172478>. Acesso em: 11 maio 2012.

BATISTA, W. P.; SILVA, C. E. M.; LIBERATO, M. C. Propriedades químicas e de pasta dos amidos de trigo e milho fosforilados. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 30, n. 1, mai., 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v30n1/aop_3211.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2012.

BENINCA, C. **Emprego de técnicas termoanalíticas na análise de amidos nativos e quimicamente modificados de diferentes fontes botânicas.** 2008. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de pós-graduação Stricto sensu, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008. Disponível em: <http://www.bicen-tede.uepg.br/tde_arquivos/7/TDE-2008-09-22T140930Z-203/Publico/Cleoci%20Beninca.pdf>. Acesso em: 10 maio 2012.

BRASILEIRO, O. L. **Comparação das propriedades funcionais de amido de Inhame (*Dioscorea cayennensis*) nativo e modificado por acetilação e succinilação.** 2006, 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&o_obra=94054>. Acesso em: 10 mar. 2012.

CLERICI, T. P. S. **Efeito de modificações fosfatada, intercruzada e ácida durante a gelatinização por extrusão da farinha de arroz e sua influência na produção de pão sem glúten.** 1997, 253 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997. Disponível em: <http://www.fea.unicamp.br/alimentarium/ver_documento.php?did=1383>. Acesso em: 10 maio 2012.

CONSOLE, F. M. Z. S. **Otimização das condições de hidrólise ácida do amido de mandioca para obtenção de substituto de gordura: Caracterização de hidrolisados e aplicação em bolos.** 1998. 155 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998. Disponível em: <http://www.fea.unicamp.br/alimentarium/ver_documento.php?did=1672>. Acesso em: 13 maio 2012.

CONTO, L. C. **Extração, caracterização e modificação química por oxidação de amido de pinhão (*Araucaria angustifolia*).** 2009, 108 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009. Disponível em: <http://www.fea.unicamp.br/alimentarium/ver_documento.php?did=739&pid=4&p=31&order=ano>. Acesso em: 13 maio 2012.

CORRADINI, E. et al. Estudo Comparativo de Amidos Termoplásticos Derivados do Milho com Diferentes Teores de Amilose. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 15, n. 4, p. 268-273, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v15n4/a11v15n4.pdf>>. Acesso em: 9 dez. 2011.

COUTINHO, A. P. C.; **Produção e caracterização de maltodextrinas a partir de amidos de mandioca e batata-doce.** 2007. 137 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Câmpus de Botucatu. Botucatu, 2007. Disponível em: <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bla/33004064021P7/2007/coutinho_apc_dr_botfca.pdf> Acesso em: 22 fev. 2012.

DANIEL, A. P. et al. Fracionamento a seco da farinha de aveia e modificação química da fração rica em amido. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, v. 26, n. 4, dez., 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612006000400034&script=sci_arttext>. Acesso em: 20 fev. 2012.

DENARDIN, C. C. **Influência do teor de amilose e beneficiamento do arroz na resposta biológica de ratos.** 2008. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008. Disponível em: <http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tede_busca/arquivo.php?codArquivo=1860>. Acesso em: 20 abr. 2012.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**. Santa Maria, out., 2008
Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/2009nahead/a109cr517.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2012.

FRANCO, C. M. L.; CIACCO, C. F. Estrutura dos grânulos de amido de milho normal e ceroso. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, v.17, n.3, set./dez., 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20611997000300020&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 19 nov. 2011.

FREITAS, T.S.; LEONEL, M. Amido resistente em fécula de mandioca extrusada sob diferentes condições operacionais. **Alim. Nutr.** Araraquara, v. 19, n. 2, p.183-190, abr./jun., 2008. Disponível em: <<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/232/227>>. Acesso em: 10 abr. 2012.

GALDEANO, M. C. et al. Propriedades físico-químicas do amido de aveia da variedade brasileira IAC7. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, v. 29, n. 4, p. 905-910, out./dez., 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v29n4/31.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2012.

GIACOMETTO, A. P.; WOSIACKI, G. Grânulos e Pastas de amido: O estado da arte. **Semina**, Londrina, v. 6, n. 3, p. 155-159, 1985. Disponível em: <<http://ri.uepg.br:8080/riuepg/handle/123456789/592?show=full>>. Acesso em: 10 fev. 2012.

GONÇALVES, M. F. V. **Tratamento térmico dos amidos de batata-doce (Ipomoea batatas L.) e de mandioquinha-salsa (Arracaccia xanthorrhiza.) sob baixa umidade em microondas.** 2007. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-21092007-093354/pt-br.php>>. Acesso em: 12 maio 2012.

GUERREIRO, L. M. R. **Avaliação de amidos nativos em condições de estresse adaptados ao processamento de alimentos.** 2002. 180 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2003. Disponível em: <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bla/33004064021P7/2002/guerreiro_lmr_me_botfca.pdf> Acesso: 15 nov. 2011.

GUERREIRO, L. M. R. **Estudo reológico dos amidos de amaranto, de mandioca e de suas misturas, sob condições de acidez e tratamento térmico.** 2007, 251 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007. Disponível em: <http://www.fea.unicamp.br/alimentarium/ver_documento.php?did=533>. Acesso em: 12 maio 2012.

LIMBERGER, V. M. Modificação física e química do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos. **Quim. Nova**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 84-88, jun./dez., 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422008000100018>. Acesso em: 20 dez. 2011.

MALI, S.;GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-156, jan./mar., 2010. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/4898>>. Acesso em: 15 mar. 2012.

MATSUGUMA, L. S. **Caracterização do amido de mandioca salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação**. 2006, 112 f. Dissertação (Mestrado e Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de pós-graduação Stricto sensu, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006. Disponível em: <http://www.uepg.br/mestrados/mescta/Arquivos/Dissertacoes/MATSUGUMA,_LS.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2012.

MENDES, M. L. M. **Caracterização para fins industriais dos amidos nativo e modificados extraídos de amêndoas de sementes de manga, variedade "Tommy Atkins"**. 115 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011. Disponível em: <http://bdtd.biblioteca.ufpb.br/tde_arquivos/15/TDE-2011-10-06T081547Z-1210/Publico/arquivototal.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2012.

MUCCILLO, R. C. S. T. **Caracterização e avaliação de amido nativo e modificado de pinhão mediante provas funcionais e térmicas**. 2009. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de pós-graduação em engenharia química, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/18598>>. Acesso em: 10 maio 2012.

PEREIRA, L. D. **Caracterização do amido nativo e modificação química do amido da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum*) com tripoplifosfato de sódio**. 2011, 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Moleculares) – Programa de Pós-graduação em ciências moleculares da Unidade Universitária de Ciências exatas e Tecnológicas, Anápolis, 2011. Disponível em: <http://www.unucet.ueg.br/biblioteca/arquivos/dissertacao_mestrado_luciane.doc_completo.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2012.

PERONI, F. H. G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**. 2003. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, SP. Disponível em: <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brp/33004153070P3/2003/peroni_hg_me_sjrp.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2011.

POLESI, L. F. Amido Resistente: Aplicações e Métodos de Produção. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 29, n. 2, p. 211-222, jul./dez., 2011. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/alimentos/article/viewFile/25486/17122>>. Acesso em: 12 fev. 2012.

RECHSTEINER, M. S. **Desenvolvimento de amidos fosfatados de batata-doce e mandioca e aplicação como substitutos de gordura em sorvete**. 2009. 152 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2009. Disponível em: <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bla/33004064021P7/2009/rechsteiner_ms_dr_botfca.pdf>. Acesso: 20 nov. 2011.

RIBEIRO, A. P. L. **Estudo dos amidos de mandioca nativo, modificados e modificados combinados por via química para utilização na indústria alimentícia**. 2011. 109 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011. Disponível em: <http://btdt.biblioteca.ufpb.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1906>. Acesso em: 15 mar. 2012.

SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; ANDRADE, S. A. C.; LIVERA, A. V. S. Caracterização Físico-Química do Grânulo do Amido Do Feijão Caupi. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 525-530, jul./set. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n3/27022.pdf>>. Acesso em: 3 jan. 2012.

SANABRIA, G. G. R. **Propriedades físico-químicas do amido isolado, estudo de parâmetros enzimáticos durante o armazenamento e caracterização de enzimas amilolíticas em raízes de maca (*Lepidium meyenii* Walp)**. 2010. 115f. Tese (Doutorado em Bromatologia) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9131/tde-05082011-165059/fr.php>>. Acesso em: 30 jan. 2012.

SERRANO, P. O.; FRANCO, C. M. L. Modificação hidrotérmica annealing e hidrólise enzimática do amido de mandioca. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 3, p. 220-232, jul./set., 2005. Disponível em: <http://www.ital.sp.gov.br/bj/artigos/bjft/2005/BJFT_57_04.pdf> Acesso em: 19 fev. 2012.

SHIRAI, M. A. et. al. Características físico-químicas e utilização em alimentos de amidos modificados por tratamento oxidativo. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 239-247, abr./jun., 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612007000200005>. Acesso em: 20 dez. 2011.

SILVA, G. O. et al. Características físico-Químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, v. 26, n. 1, p. 188-197, jan./mar., 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612006000100030>. Acesso em: 20 jan. 2012.

SILVA, R. M.; et al. Características físico-químicas de amidos modificados com permanganato de potássio/ácido láctico e hipoclorito de sódio/ácido láctico. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 28, n. 1, p. 66-77, jan./mar., 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612008000100011>. Acesso em: 12 jan. 2012.

SOUZA, R. C. R.; ANDRADE, C. T. Investigação dos Processos de Gelatinização e Extrusão de Amido de Milho. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 10, n. 1, p. 24-30, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0104-14282000000100006&script=sci_arttext>. Acesso em: 19 jan. 2012.

SPIER, F. **Efeito dos tratamentos alcalino, ácido e oxidativo nas propriedades de amido de milho**. 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010. Disponível em: <http://www.dcta.create.inf.br/manager/uploads/documentos/dissertacoes/MEST_FR_ANCIELA_SPIER.pdf> Acesso em: 15 maio 2012.

WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 29, n. 4, p.748-753, out./dez., 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612009000400008&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 5 mar. 2012.

YAMANI, B. V. **Caracterização físico-química e funcional de amido de tuberosas originárias da América do Sul: oca (*Oxalis tuberosa* Molina), olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) e mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz e Pavón)**. 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado em Bromatologia) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Área de Bromatologia, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9131/tde-31012011-163155/pt-br.php>>. Acesso em: 10 abr. 2012.