

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

JULIA GLEICE MARCELINA TERREZÃO

**A UTILIZAÇÃO DO AMIDO FOSFATADO COMO
SUBSTITUTO DE GORDURA**

BAURU
2013

JULIA GLEICE MARCELINA TERREZÃO

**A UTILIZAÇÃO DO AMIDO FOSFATADO COMO
SUBSTITUTO DE GORDURA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Química, sob orientação da Profa. Dra. Ana Paula Cerino coutinho

BAURU
2013

T325u	<p data-bbox="540 1318 976 1354">Terrezão, Julia Gleice Marcelina</p> <p data-bbox="540 1388 1300 1491">A utilização do amido fosfatado como substituto de gordura. / Julia Gleice Marcelina Terrezão -- 2013. 40f. : il.</p> <p data-bbox="540 1524 1300 1591">Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Cerino Coutinho.</p> <p data-bbox="540 1625 1300 1728">Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade do Sagrado Coração – Bauru – SP.</p> <p data-bbox="540 1761 1300 1829">1. Amido. 2. Amido Modificado. I. Coutinho, Ana Paula Cerino. II. Título.</p>
-------	---

JULIA GLEICE MARCELINA TERREZÃO

**A UTILIZAÇÃO DO AMIDO FOSFATADO COMO SUBSTITUTO DE
GORDURA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Química, sob orientação da Profa Dra. Ana Paula Cerino Coutinho

Banca Examinadora:

Prof^a Dra Ana Paula Cerino Coutinho
UNIVERSIDADE SAGRADO CORAÇÃO

Prof^a Dra Marcia Ap. Zeferino Garcia
UNIVERSIDADE SAGRADO CORAÇÃO

Prof^aMa.Setsuko sato
UNIVERSIDADE SAGRADO CORAÇÃO

Bauru, de junho de 2013.

Dedico este trabalho primeiramente
meu pai e minha mãe.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por iluminar o meu caminho e estar sempre ao meu lado!

Agradeço a minha família, meu pai João e minha mãe Maria devida a tantas dificuldades sempre ficaram do meu lado. Principalmete ao meu pai que sempre me deu conselhos de nunca desistir mesmo que fosse difícil. Ao meu querido irmão que sempre me ajudou quando eu precisei e sempre me ajuda amo vocês infinitamente.

Ao meu grande amor Calil pelos dias que não pude estar com ele, por me ajudar em todos os momento, por me dar tanto carinho e me amar. Te amo mais que tudo nessa vida.

Agradeço especialmente à minha orientadora, Profa. Dra. Ana Paula Cerino Coutinho, por acreditar em mim, pelo seu caráter íntegro e admirável, pelas excelentes explicações que me foram dadas durante este trabalho e pela dedicação.

As Prof^a. Dra Marcia Ap. Zeferino Garcia, Prof^a. Ms. Set Suko Sato que aceitou o convite para compor minha banca e pela disposição sempre atenciosa.

Aos meus amigos Anderson, Keila, Alessandro e Jéferson que estiveram comigo todos esses anos.

A todos que me ajudaram, direta e indiretamente, tornando possível a conclusão deste trabalho.

O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do mercado de amidos que vem crescendo de forma gradual, se aperfeiçoando a procura de produtos com características que atendam às exigências da indústria. A produção de amido modificado é uma das opções mais eficientes. Observa-se uma intensa competição entre os setores de desenvolvimento de produtos nas indústrias, para oferecer aos consumidores alimentos com baixos teores de gordura. Os amidos podem sofrer várias modificações com a finalidade de serem utilizados como substitutos de gordura, os amidos modificados por via química têm-se mostrado os mais promissores como substitutos de gordura. A fosfatação é um método simples, de baixo custo e de eficientes resultados. As características do amido fosfatado estão diretamente relacionado com o grau de substituição do grupo fosfato adicionado a molécula de amido, sendo que o binômio tempo e temperatura é o fator decisivo para a modificação química apropriada. Os amidos fosfatado são derivados de ésteres de ácido fosfórico e pode ser agrupado em duas classes: a monoamido fosfatado e diamino fosfatado, com ligações cruzadas. O beneficiamento da fosfatação seria diminuição da retrogradação, a melhora da textura, não prejudica o sabor do alimento. Devido a importância dos amidos para o mercado de alimentos e o interesse em produtos alimentícios com menor teor de gordura, o presente trabalho teve como objetivo a pesquisa da utilização do amido fosfatado como substituto e gordura e sua a eficácia para este fim.

Palavras-chave: Amido. Amido modificado. Amido fosfatado.

ABSTRACT

This paper presents the development of the market for starches that is growing gradually, developing and perfecting the demand for products with features that meet industry requirements. The production of modified starch is one of the most efficient options. We observe an intense competition between the sectors of product development in industries, to provide consumers with foods low in fat. The starches can undergo various modifications in order to be used as fat substitutes, and starches modified by chemical have been shown the most promise as fat substitutes. Phosphorylation is a simple, cost effective and efficient results. The characteristics of starch phosphate are directly related to the degree of substitution of phosphate groups added to the starch molecule, with the binary time and temperature is the deciding factor for the appropriate chemical modification. The esterification of starch phosphate in the presence of moisture can occur in any phosphated starches are derived from phosphoric acid esters and can be grouped into two classes: monoamido diamine phosphate and phosphate, and cross-linked. The beneficiation of phosphate would dininuição retrogradation, improved texture, does not affect the taste of the food. Due to the importance of starch for the food market and interest in food products with lower fat content, the present work aimed to study the use of starch phosphate as a substitute and fat substituto suaa and effectiveness for this purpose.

Keywords; Starch, Modified Starch, Starch Phosphate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - MOLÉCULA DE GLICOSE	15
FIGURA 2 - REPRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DE FRAGMENTOS DA AMIOLOSE E AMILOPECTINA.....	16
FIGURA 3 - ESTRUTURA AMIDO	17
FIGURA 4 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO MODELO ESTRUTURA DA AMIOLOSE	18
FIGURA 5 - ESTRUTURA DO GRANULO DE AMIDO	18
FIGURA 6 - GELATINIZAÇÃO	21
FIGURA 7 - ESTRUTURA MONOESTER	28
FIGURA 8 - ESTRUTURA DIESTER	28
FIGURA 9 - AMIDO FOSFATADO POR VIA SECA.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVO ESPECIFICO	13
3 AMIDO	14
3.1 COMPOSIÇÃO.....	15
3.1.1 AMILOSE	17
3.1.2 AMILOPECTINA	18
3.2 PROPRIEDADES FUNCIONAIS.....	20
3.2.1 GELATINIZAÇÃO E RETROGRADAÇÃO	20
3.2.1.1 GELATINIZAÇÃO.....	20
3.2.1.2 RETROGRADAÇÃO.....	22
3.3 AMIDO NA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.....	23
3.4 AMIDO MODIFICADO.....	23
3.5 SUBSTITUTO DE GORDURA NOS ALIMENTOS A BASE DE CARBOIDRATO	26
3.6 AMIDO FOSFATADO.....	28
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
5 REFERENCIA	37

1 INTRODUÇÃO

A aplicação do amido na indústria alimentícia vem crescendo de forma gradual devido ao relativo baixo custo da matéria prima, por melhorar o aspecto do alimento, tanto visual como no sabor, sendo também utilizado como estabilizante, espessante, como substituto de gordura e na conservação do alimento. (AMIDOS, 2012).

Os amidos nativos são usados há muito tempo como ingredientes no preparo de diferentes produtos. Entretanto, a sua utilização é limitada em função das condições de processamento, como temperatura e pH, que restringem sua aplicação em escala industrial. O emprego industrial do amido se deve à sua característica única de poder ser usado diretamente na forma de grânulos. (RECHSTEINE, 2009)

A modificação do amido tem sido uma alternativa para ampliar a sua utilização em diferentes produtos alimentícios, que podem ser divididas em física, química e enzimáticas. Nestas podem ocorrer reações degradativas e não degradativas que modificam a estrutura física e química do amido, de forma que suas propriedades não são mais reconhecidas. Nas reações não degradativas a aparência e algumas características da estrutura física e química do amido são mantidas, de forma que pode ser difícil de reconhecer se o amido foi ou não modificado. (CEREDA et al., 2003).

As modificações químicas são freqüentemente realizadas nos amidos para alterar suas propriedades naturais a fim de que eles possam ser utilizados em aplicações alimentícias ou industriais. Amidos quimicamente modificados têm suas propriedades físico-químicas alteradas quando comparadas com seus amidos naturais e apresentam modificações na estrutura química de algumas das unidades glucopiranosídicas do polímero. Essas modificações usualmente envolvem oxidação, esterificação, esterificação, cloração, piro conversão e a introdução de ligações cruzadas, fosfatação. (RECHSTEINE, 2009)

Na fosfatação ocorre a repulsão entre cadeias de amido adjacentes causadas pela introdução de grupos fosfato carregados negativamente reduzindo as associações entre cadeias e facilitando a hidratação do amido. A presença de fósforo nas moléculas é um importante fator na variação das propriedades funcionais dos amidos, incluindo a gelatinização e retrogradação (KARIM et al., 2007).

Teixeira (2002) pesquisou a utilização do amido fosfatado e concluiu que a presença de radicais fosfatado na molécula proporciona poder emulsificante e estabilizante devido as propriedades polares obtidas. Devido a estas características, os amidos fosfatados são considerados ótimos substituto de gordura.

A relação do consumo de gordura e doenças cardiovasculares provocou o interesse em produtos alimentícios com menor teor de gordura (ou mesmo gordura zero) pela indústria de alimento e o público em geral. Há uma crescente valorização dos produtos com quantidades reduzidas desse componente. Atualmente, se observa uma intensa competição entre os setores de desenvolvimento de produtos nas indústrias, para oferecer aos consumidores alimentos com baixo teor de gordura (GIESE, 1996 citado por RECHSTEINE, 2009).

Segundo Franco (2002) produzir variantes de produtos com baixo teor de gordura (*low-fat*) com características sensoriais que se assemelham aos produtos padrão (*full-fat*), com os quais os consumidores já estão habituados, é um desafio. A indústria de alimento durante os últimos anos investe recursos e esforços consideráveis nessa tarefa. Portanto, para o desenvolvimento com sucesso de produtos de baixo teor de gordura, é essencial compreender a multiplicidade das funções da gordura nos alimentos, e, neste contexto, examinar a matriz particular do alimento em que a gordura deve ser substituída.

O substituto de gordura ideal deve ser um composto de reconhecida segurança para a saúde e que apresente todas as propriedades funcionais e organolépticas das gorduras com significativamente menos calorias. Sendo que, as propriedades mais importantes das gorduras são: estabilidade térmica, emulsificação e aeração, lubricidade, além de contribuírem com sabor, cor e a capacidade de espalhar (CANDIDO; CAMPOS, 1996).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a estrutura e a utilização do amido fosfatado como substituto de gordura.

- Compreender a estrutura química do amido;
- Avaliar o processo de fosfatação do amido;
- Descrever as características físico-químico do amido fosfatado;
- Analisar a aplicação do amido fosfatado como substituto de gordura.

3 AMIDO

De acordo com a Resolução RDC nº 263 do ano de 2005, o amido é definido como “o produto amiláceo extraído de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes ou rizoma” (BRASIL, 2005).

O amido é encontrado na natureza como fonte mais importante nos vegetais. Para a alimentação humana, fornece de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem. Por ser uma das matérias primas mais baratas e abundantes, é muito utilizada na indústria de alimento com diferentes propósitos, tais como: nutricional, tecnológico, funcional, sensorial e estético. (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

De acordo com Whistler (1984), o amido é constituinte da maioria das plantas superiores, sendo acumulado transitoriamente nos cloroplastos durante o dia, quando a fotossíntese excede a demanda de assimilação pela planta, e trasladado durante a noite para outras partes da planta, na forma de açúcares. O amido é armazenado nas planta, tais como semente, raízes e frutos, mantém o amido armazenado para ser consumido na germinação e desenvolvimento de uma nova planta.

O amido é encontrado nos aminoplastos das células nas forma de grânulos. Os grânulos apresentam uma fissura denominada hilo que é o ponto de nucleação em torno do qual o granulo se desenvolve. (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

O grânulo de amido apresenta formas e tamanhos variados dependendo da sua fonte botânica, e é composto basicamente por dois tipos de macromoléculas: α amilose e α amilopectina. O amido deve muito de sua funcionalidade a estas duas macromoléculas, assim como à organização física das mesmas dentro da estrutura granular. (BILIADERIS, 1991). A amilopectina é a estrutura responsável pela cristalinidade dos grânulos de amido e ao contrário da amilose, possui uma estrutura altamente ramificada.

O amido é uma matéria-prima abundante que esta disponível em numero suficiente e os processos industriais permitem que o amido seja retirado com alta pureza. Trata-se de uma matéria-prima renovável, biodegradável e não tóxica. As fontes mais comuns de amido alimentício são o milho, a batata, o trigo, a mandioca e o arroz. A produção total mundial está estimada entre 25 e 45 milhões de toneladas por ano. (LILLFORD, 1997).

3.1 COMPOSIÇÃO

Quimicamente o amido é composto por unidade de α -D-glicose, como mostra a Figura 1, e por isso pode ser classificado como polissacarídeos. Além dos carboidratos, o amido pode conter baixos teores de substâncias acompanhantes que interferem em suas propriedades físico-químicas entre esses compostos de constituição citam-se os nitrogenados, lipídios e os minerais como o fósforo. (SWINKELS, 1985).

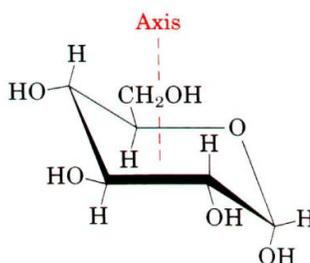


Figura 1 - Molécula de glicose
Fonte: Swinkels (1985).

Os grânulos de amido são misturas heterogêneas de duas macromoléculas, amilose e amilopectina e, que se diferencia entre si pelo tamanho molecular e grau de ramificação (MIZUKAMI et. al, 1999). A maioria dos amidos contém 20-30% de amilose e 70-80% de amilopectina (WURZBURG, 1986). A dimensão da amilose e amilopectina varia de acordo com a fonte botânica.

A amilose e a amilopectina consistem de resíduos de α -D-glicose unidas por ligações glicosídicas. A amilose possui cadeia essencialmente linear, com ligações glicosídicas α -D-(1 \rightarrow 4), e a amilopectina é um polímero ramificado com ligações glicosídicas α -D-(1 \rightarrow 4) e α -D-(1 \rightarrow 6), como mostra a Figura 2.

FIGURA 2 - Representação esquemática da estrutura de um fragmento da amilose e da amilopectina.

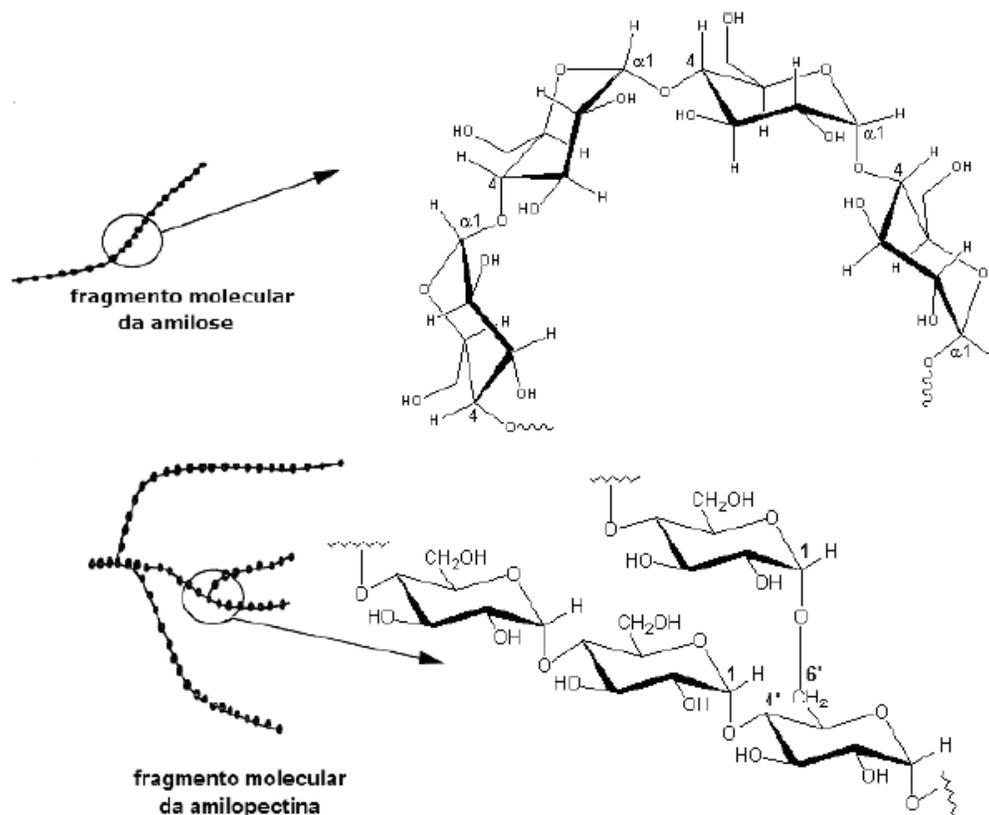


Figura 2 - Representação esquemática da estrutura de um fragmento da amilose e da amilopectina.
Fonte: Pereira (2008)

3.1.1 AMILOSE

A amilose possui facilidade para adquirir uma conformação helicoidal, pois as cadeias de α -D-glicose costumam enrolar-se em espiral, formando uma estrutura na qual a hélice é formada por pontes de hidrogênio entre os grupos hidroxilas das moléculas. O interior da α -hélice contém átomos de hidrogênio (lipofílico), enquanto os grupos hidroxila posicionam-se no lado externo da mesma. A hélice consiste em média de 6 resíduos de glicose por volta (0,8nm) e uma cavidade hidrofóbica com diâmetro de 0,5nm (HOOVER, 2000)

A Figura 3 mostra a estrutura da amilose.

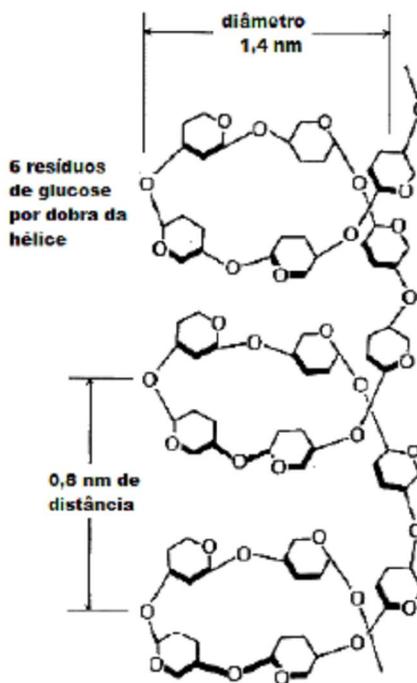


FIGURA 3 - Estrutura da amilose.
Fonte: Pereira (2008).

A massa molecular da amilose depende da fonte e das condições de processamento empregadas na retirada do amido, mas geralmente varia de $1,5 \times 10^5$ - 10^6 , com tamanho médio de 10^3 unidades de glicose (FRANCO et al., 2002).

A amilose forma um complexo com o iodo, adquirindo coloração azul e é instável em soluções aquosas diluídas, formando um retículo pela propriedade de retrogradação (BILIADERIS, 1991).

A amilose possui característica bem conhecida, como a sua tendência de formar gel depois do grânulo de amido ter sido cozido, isto é, gelatinizado.

3.1.2 AMILOPECTINA

A amilopectina é formada por cadeias curtas de amilose, ligadas entre si de modo a formar uma estrutura ramificada. Estas ramificações são formadas por ligações α 1- 6 com média de uma a cada 18 a 28 unidades de glicose da cadeia de

amilose, de forma que uma molécula de amilopectina contém entre 4-5% deste tipo de ligação (MANNERS & MATHESON, 1981).

A Figura 4 mostra o esquema da molécula de amilopectina.

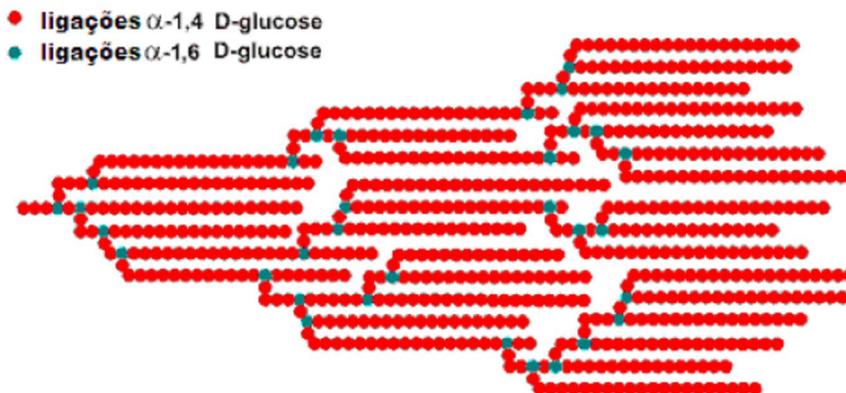


Figura 4- Representação esquemática do modelo estrutural da amilopectina.

Fonte: Pereira (2008).

A amilopectina tem massa molecular na ordem de $(50-500) \times 10^6$. Na presença de iodo, forma uma solução de coloração avermelhada (FRANCO et al., 2001).

A estrutura da amilopectina tem sido estudada pelo modelo de *clusters*, o qual tem sido o mais aceito, conforme mostra a Figura 5.

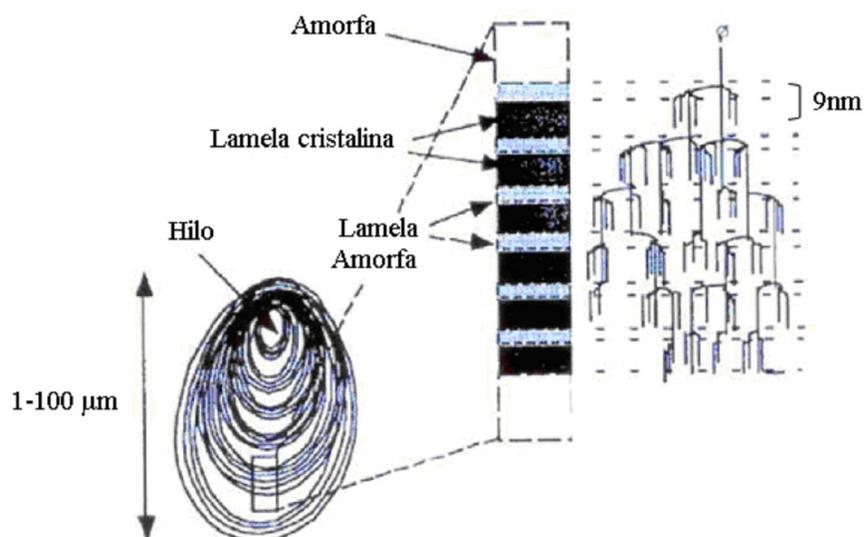


Figura 5- Estrutura do grânulo de amido.

Fonte: Gallant et. al. (1997).

Os grânulos de amido estão organizados em regiões cristalinas e amorfas. Estudos mostram que a amilopectina é a responsável pela cristalinidade do amido, não existe evidências de que a amilose participe dessas regiões. Em amidos de raízes e tubérculos, a região cristalina é constituída das frações lineares da amilopectina, enquanto que os pontos de ramificação e a amilose são os principais componentes das regiões amorfas (PARKER & RING, 2001).

Embora a amilopectina seja principalmente a única responsável pela cristalinidade do amido, observa-se a existência de pontos de ramificação da amilopectina que foram expulsos das zonas cristalinas para dentro das zonas amorfas (MORRISON et al., 1994).

3.2 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO AMIDO

3.2.1 Gelatinização e retrogradação

3.2.1.1 Gelatinização

A gelatinização e a retrogradação do amido são propriedades funcionais. Estas podem mudar devido à relação entre amilose e amilopectina, cristalinidade do amido, distribuição do tamanho granular e as quantidades de constituintes menores (fósforos, lipídios, proteínas e enzimas). (BAIK et al. 1994).

A gelatinização está associada à difusão da água no grânulo, ao inchaço pela entrada de água na região interior amorfa, à hidratação e inchaço radial do grânulo de amido, à perda da ordem cristalina, ao desenrolamento e dissociação das duplas hélices da região cristalina e, finalmente, à lixiviação da amilose. (HOOVER, 2001).

O gel de amido pode ser considerado um composto em que os grânulos gelatinizados, contendo principalmente amilopectina, estão embebidos por uma matriz de amilose. (ROSALINA; BHATTACHARYA, 2002). Géis de amido obtidos de uma dispersão total das macromoléculas de amido podem ser considerados como um caso particular de géis de 2 fases. (LELOUP et al., 1991).

Os géis de amilose são rígidos devido ao envolvimento das moléculas lineares de amilose em mais de um cristal. Numa concentração de 2%, por exemplo,

a amilose forma um gel razoavelmente rígido e auto-sustentável, que se organiza em poucos minutos. (ZOBEL, 1988)

Segundo Zobel (1988), uma vez formado, os géis de amilose, numa concentração de 2%, geralmente precisa de uma temperatura de autoclavagem (110 a 160°C) para reverter a associação e solubilizar.

Leloupet al., (1991) relatou que a concentração mínima de amilose pura necessária para ocorrer gelatinização foi de 1,06%, mas, uma menor concentração (0,5%) foi requerida para a formação de um gel quando a amilose é separada do grânulo de amido. Este resultado foi interpretado pelos autores pela formação de uma matriz contínua preenchida por uma fase dispersa.

Os géis de amilopectina são pouco consistentes devido a pouca interação molecular e à sua estrutura. Numa concentração de 1%, a amilopectina é uma solução que escoia livremente e permanece assim, ou seja, não forma uma estrutura de gel. (ZOBEL, 1988).

No caso da amilopectina, os pontos de ramificação das cadeias moleculares interferem com uma associação regular e extensa entre os segmentos moleculares. Consequentemente, a temperatura requerida para reverter a associação e solubilizar o gel de amilopectina pode variar de temperatura ambiente até 95°C, dependendo do grau de associação molecular ou cristalização que foi desenvolvido. (ZOBEL, 1988).

Os grânulos de amidos não têm exatamente a mesma temperatura de gelatinização. Em uma população de grânulos naturais, a transição ocorre num intervalo de 5 a 15°C. As diferentes temperaturas de gelatinização dos amidos podem ser devido à diferença de cristalinidade dos grânulos de espécies diferentes (RICKARD et al. 1999).

Tester (1997) postulou que a perfeição da cristalinidade do grânulo se reflete na temperatura de gelatinização. As altas temperaturas de gelatinização resultam de um alto grau de cristalinidade, proveniente de uma maior estabilidade estrutural, tornando o grânulo mais resistente à gelatinização.

Figura 6: mostra a gelatinização do amido.



Figura 6- Gelatinização do amido.

Fonte:Pereira (2008).

3.2.1.2 Retrogradação

Os géis de amido formados durante a gelatinização não são estáveis. Por esfriamento e/ou por armazenamento produzem-se diferentes transformações estruturais que, em seu conjunto, se definem como retrogradação. (ATWELL et al., 1988, HOOVER, 2001).

A retrogradação do amido é o processo que ocorre quando as moléculas se reassociam e formam uma estrutura ordenada durante o armazenamento. Num primeiro passo, duas cadeias podem se associar sob condições favoráveis, uma ordem cristalina aparece e ocorre separação de fases. Durante essa reassociação, há liberação de água, processo que recebe o nome de sinerese (ATWELL et al., 1988, HOOVER, 2001 citado por DIAS, 2007).

O efeito negativo da retrogradação mais comum que ocorre em produtos processados é o decréscimo de sua estabilidade, que diminui o tempo de armazenamento do mesmo (HERMANSSON; SVEGMARK, 1996 citado por DIAS, 2007).

Hoover (2001) cita vários autores que atribuem a firmeza inicial do gel, durante a retrogradação, à formação de uma matriz de amilose. O subsequente e lento aumento na firmeza do gel é atribuído à recristalização da amilopectina.

Kaur et al. (2005) relataram que o conteúdo de amilose é um dos fatores que influenciam a retrogradação do amido, mas a amilopectina e o material intermediário apresentam importante papel na retrogradação.

3.3 AMIDO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

O amido tem sido muito utilizado pela indústria alimentícia como ingrediente calórico e como melhorador de propriedades físico-químicas. Também é utilizado para alterar ou controlar diversas características, como textura, aparência, umidade, consistência e estabilidade no armazenamento, ligar ou desintegrar; expandir ou adensar; clarear ou tornar opaco; reter a umidade ou inibi-la; produzir textura lisa ou polposa, além de proporcionar coberturas leves ou crocantes nos alimentos. Também serve tanto para estabilizar emulsões quanto para formar filmes resistentes ao óleo. (AMIDOS..., [2012?])

O mercado de amido vem crescendo e se aperfeiçoando nos últimos anos, levando à busca de produtos com características específicas que atendam as exigências industriais.

3.4 AMIDO MODIFICADO

A modificação dos amidos é importante para proporcionar propriedades funcionais de espessamento, gelificação, adesão e para a formação de filmes.

Lim; Seib (1993) citam também que a modificação de amidos pode melhorar a retenção de água, aumentar a estabilidade, melhorar a sensação ao paladar e brilho, gelificar, dispersar ou conferir opacidade.

Os amidos modificados têm grande aplicação em diversos setores da indústria, tais como: têxtil, papelreira e alimentícia. As modificações do amido nativo visam assegurar produtos amiláceos com propriedades específicas para sua

utilização em muitos processos, podendo aumentar sua valorização e seu uso. (SANTOS, 2012).

A modificação do amido pode ser dividida em física, química e enzimáticas. Nestas podem ocorrer reações degradativas e não degradativas que modificam a estrutura física e química do amido, de forma que suas propriedades não são mais reconhecidas. Nas reações não degradativas a aparência e algumas características da estrutura física e química são mantidas, de forma que pode ser difícil de reconhecer se o amido foi ou não modificado. (CEREDA et al., 2003).

Os processos físicos de modificação incluem o uso do calor, radiações e cisalhamento. Estes processos são considerados importantes, pois atacam o amido de diferentes formas dependendo da umidade. As modificações físicas mais utilizadas são a pré-gelatinização e o *annealing*. (SANTOS, 2012).

Os amidos pré-gelatinizados são utilizados como espessantes em sopas instantâneas e em caldo de carne desidratado e outros molhos prontos. As indústrias alimentares também utilizam amidos pré-gelatinizados na produção de massas e condimentos. (AMIDOS..., [2012?])

De acordo com Santos (2012), as modificações enzimáticas transformam os amidos em dextrinas, maltose e glicose, e esses produtos são muito usados nas indústrias de alimentos, principalmente em bebidas que são fermentáveis ou não fermentáveis e as dextrinas na produção de cola.

Os amidos quimicamente modificados apresentam a características de aumentar a consistência da pasta. (HERMANSSON; SVEGMARK, 1996).

As modificações químicas envolvem a aplicação de grupos funcionais na molécula do amido, resultando na alteração das propriedades físico-químicas. Tais modificações do grânulo do amido nativo alteram profundamente o seu comportamento de gelatinização, pasta e retrogradação. (HERMANSSON; SVEGMARK, 1996).

As modificações por reações químicas envolvem diversos métodos, como, acidificação, oxidação e adição de agentes químicos, como por exemplo os amidos fosfatados, que podem ser utilizados como substitutos de gordura.

A fosfatação pode ser realizada através da reação com vários sais inorgânicos de fosfato, bem como com reagentes orgânicos desenvolvidos especialmente para este fim. (SANTOS, 2012).

A modificação química do amido por fosfatação caracteriza-se por aumentar o poder de inchamento e a solubilização dos grânulos, além de reduzir a temperatura de gelatinização, aumentar a claridade da pasta e a viscosidade do gel. (SIVAK; PREISS, 1998). Além disso, as pastas de amido fosfatado possuem maior estabilidade durante a armazenagem e frente aos ciclos de congelamento/descongelamento possibilitando seu uso em produtos congelados ou enlatados. (LIM; SEIB, 1993).

Freqüentemente a estrutura do amido é reforçada com a aplicação de ligações cruzadas que melhoram a resistência ao cisalhamento durante o processo e a textura do produto. Segundo Sivak; Preiss, (1998), amidos com ligações cruzadas são mais resistentes a baixos pH e ao cisalhamento, perdendo porém, a claridade e a capacidade de retenção de água (aumento da sinerese) durante o envelhecimento. Através da acetilação de amidos inter cruzados com um conteúdo de acetil entre 0,5 a 2,5%, a resistência ao cisalhamento é mantida e a estabilidade ao envelhecimento à frio é aumentada. Além da resistência ao cisalhamento, as ligações cruzadas conferem também melhoria da textura do produto

As modificações de amidos também podem ocorrer por via ácida para diminuir a viscosidade. Esta reação ocorre com quantidade específica de reagentes e controle de pH e temperatura. A oxidação pode gerar diferentes produtos dependendo dos agentes modificadores utilizados. (CEREDA et al., 2003; MOORTHY, 1994). Os amidos podem ser oxidados por diversos agentes, tais como o hipoclorito de sódio e de cálcio, o persulfato de amônio, o permanganato de potássio, o peróxido de hidrogênio, o ácido peracético, o cloridrato de sódio e os perboratos e ácidos hipoclorídicos. (CEREDA et al., 2003; SWINKELS, 1996). Dependendo do agente oxidante e das condições de reação, podem preferencialmente ser introduzidos grupos carboxil, aldeído ou cetona na macromoléculas constituintes do amido. (DIAS, 2001).

O mercado de amidos modificados para uso em alimentos é ainda pouco desenvolvido no Brasil, por falta de conhecimentos dos consumidores e baixo interesse das empresas produtoras. A indústria de alimento consome menos de 10% dos amidos modificados produzidos no Brasil, excluindo o polvilho azedo e os amidos hidrolisados (maltodextrinas, maltose e glicose), num total de aproximadamente 20.000 toneladas. Os amidos modificados mais consumidos em

alimentos são os pré-gelatinizados, os de ligações cruzadas, ácidos-modificados e dextrinas. (BALAGOPALAN, 2002).

3.6 SUBSTITUTOS DE GORDURAS NOS ALIMENTOS A BASE DE CARBOIDRATO

Até a pouco tempo atrás a preocupação com a alimentação e a saúde se concentrava na desnutrição calórica e na deficiência de algumas vitaminas, proteína e sais minerais. Mas, atualmente a principal preocupação é com a obesidade, o que afeta diretamente a mudança de hábitos alimentares, principalmente o consumo de alimentos com alto teor de gordura. (BRASIL, 2003).

Com o aumento do nível de obesidade em vários países, observou-se a necessidade de formular alimentos com baixos teores de gordura, açúcares e calorias. (BRASIL, 2003).

Os carboidratos podem oferecer até 4Kcal/g por não ter valor energético, já que muitas vezes não são metabolizado; porém, por serem misturados com água eles fornecem entre 1 Kcal/g a 2 Kcal/g, além de possuírem poucas restrições ao efeito toxicológico. (LIMA; NASSU.1996).

Os substitutos de gorduras utilizados em diversos alimentos podem ser classificados, segundo a American Dietetic Association (ADA, 2005), como ingredientes que se assemelham às gorduras e óleos convencionais e podem ser substituídos completamente.

Os substitutos de gorduras baseados nos carboidratos são chamados de *fat mimetics*, que necessita de alto conteúdo de água, mas resiste à hidrólise por enzimas digestivas, possuem a capacidade de ser igual a gordura em algumas característica que a mesma proporciona ao alimento. Neste grupo encontra-se a celulose, dextrinas, gomas, fibras e o amido (LIMA; NASSU, 1996).

Segundo Cândido e Campos (1996), os substitutos de gorduras a base de carboidratos atuam na estabilização de grandes quantidades de água em uma estrutura de gel, resultando em propriedades lubrificantes e de fluxo parecidas com as dos lipídios.

Muitos substitutos de gordura a base de carboidratos são compostos macromoleculares que originam géis poliméricos que, além de reter água, atuam

conferindo corpo ao alimento. A forma de ligação com a água determinará a textura e a aparência do alimento. (CÂNDIDO; CAMPOS 1996).

O amido para atuar como substituto de gordura deve ser modificado visando apresentar comportamento de lipídios. Essas modificações podem ser feitas por métodos químicos e físicos ou enzimáticos. Estas melhoram a estabilidade, cremosidade e retenção da umidade dos amidos. As principais aplicações dos amidos modificados incluem as carnes, molhos para saladas, condimentos, recheios, sobremesa geladas e produtos lácteos. (BOURSEIR, 1994)

Yackel e Cox (1992) esclarecem que os substituintes de gordura a partir de carboidratos costumam ser produtos modificados por hidrólise, embora diversos produtos sejam modificados por substituição. Postulou-se que as propriedades que imitam a gordura resultam de uma associação da água com a estrutura da partícula do carboidrato, que confere a sensação reológica da gordura na boca. A pesquisa sobre a estrutura dos carboidratos, da sua associação com a água e outras possibilidades de modificações do amido, assim como o relacionamento da estrutura e da função, permitirá a indústria de alimento desenvolver diversos produtos.

Teixeira (2002) pesquisou a utilização do amido fosfatado e concluiu que a presença de radicais fosfatado na molécula proporciona poder emulsificante devido as propriedades polares obtidas.

O processo de fosfatação melhora as propriedades do amido nativo, pois aumenta o poder de inchamento e a solubilização do grânulo (SCHIRMER et al., 1986; SIVAK; PREISS, 1998), reduz a temperatura de gelatinização, aumenta a claridade da pasta e a viscosidade do gel.

Segundo Sitohy et al (2000), amidos monoéster fosfatado produz géis claros de alta consistência, maior solubilidade e poder de inchamento, ou seja, aumenta a resistência a retrogradação, possibilitando seu uso em produtos congelados.

Geralmente a aplicação do grupo fosfato pode interromper por impedimento espacial a linearidade das moléculas, diminuindo a retrogradação e ainda pode proporcionar uma maior dissolução dos grânulos de amido. (LIM; SEIB, 1993; CEREDA, 1996; KIM et al., 1999; STAHL, 2003).

Um dos maiores obstáculos ao desenvolvimento de produtos com baixos teores de gordura é obter importantes características físico-químicas, sensoriais e funcionais, tais como: sabor, corpo e textura. A melhoria de apenas uma única

característica pode não ser adequado sob o ponto de vista de aceitação do consumidor. (AMIDO..., [2012].)

A segurança e o uso efetivo de produtos contendo substitutos de gordura pode ser facilitado através de esforços para melhorar o entendimento das informações de rotulagem dos produtos, da importância das práticas de preparação dos alimentos, do tamanho das porções e frequência de consumo. (DIAS, 2001).

3.5 AMIDO FOSFATADO

A fosfatação é um método simples, de baixo custo e de eficientes resultados. As características do amido fosfatado estão diretamente relacionado com o grau de substituição do grupo fosfato adicionado a molécula de amido, sendo que o binômio tempo e temperatura é o fator decisivo para a modificação química apropriada. (DIAS 2009)

A esterificação do amido na presença de fosfato pode ocorrer em qualquer hidratação (CRUZ; EL DASH, 1984.).

Os amidos fosfatado são derivados de ésteres de ácido fosfórico e pode ser agrupado em duas classes: a monoamido fosfatado e diamino fosfatado, e a com ligações cruzadas.

Se somente for envolvido o hidroxí amido na ligação amido-fosfato, o produto será um monoéster, como mostra a Figura 7. (RECHSTEINER, 2009).

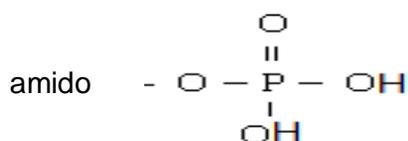


Figura 7; Estrutura monoéster.
Fonte: Rechsteiner(2009).

E também pode-se obter um diéster. como mostra na Figura 8.

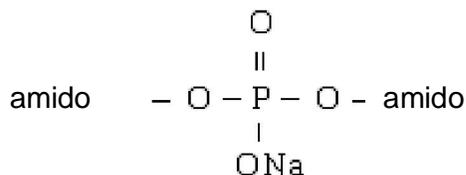


Figura 8: Estrutura diéster.
Fonte: Rechsteiner(2009).

Pode-se obter amido mono-éster-fosfatado ou poli-éster fosfatado, para uso em gelatinas e gomas. Na preparação de amido monoésteres fosfato, grupos de fosfato são introduzidos no amido através de reações a seco e alta temperatura, com orto, piro, meta ou trimetafosfatos. (RECHSTEINER, 2009).

Os amidos fosfatados são agrupados em duas classes: monoamido fosfato e diamido fosfato. Geralmente, o monoamido fosfato (monoéster) pode ter um maior grau de substituição e o diamido fosfato mesmo com poucas ligações cruzadas (diéster) pode alterar a pasta e as propriedades do gel do amido. A dupla modificação é uma combinação de substituição com ligação cruzada e é realizada para fornecer estabilidade diante da degradação ácida, térmica e mecânica do amido e para atrasar a retrogradação durante a armazenagem. As duplas modificações nos amidos são muito utilizadas em molhos de saladas, alimentos enlatados, alimentos congelados e pudins. (WURZBURG,1986).

No geral, os monoésteres são aplicados em nível muito alto de substituição, nos amidos diésteres as propriedades de pasta e gel são alteradas drasticamente, por ter poucos pares de ligações cruzadas. Formulações de diamidos fosfatados são considerados as reações mais importantes utilizadas para preparar amidos modificados para alimentos.(RECHSTEINER, 2009).

A fosfatação do amido afeta diretamente sua capacidade coloidal. O fósforo na molécula é um importante fator na variação das propriedades funcionais dos amidos incluindo a gelatinização e retrogradação. (KARENS et al.,2007). Um tipo de reagente utilizado é o tripolifosfato de sódio por ser um sal relativamente barato, pela facilidade de execução do processo pela produção de pasta. (LIM et. al., 1999.).

A modificação química do amido por fosfatação também aumenta o poder de inchamento e a solubilização dos grânulos, além de reduzir a temperatura de gelatinização, e também aumentar a claridade da pasta e viscosidade do gel (SIVAK; PREISS, 1998).

Segundo Sitohy et al. (2000), a introdução do grupo fosfato nos grânulos de amido pode reduzir as forças intermoleculares de ligação, devido a repulsão dos grupos fosfatos negativamente carregados nas moléculas de amido aumentando o poder de inchamento e a solubilidade.

A Tabela 1 mostra a capacidade de inchamento a solubilidade da quirera de arroz nativa e fosfatada.

TABELA 1 - Capacidade de inchamento e solubilidade quirera de arroz nativa e modificada.

Tipo de amostra	Poder de inchamento	Solubilidade
Nativa	9,44 + 0,58	18,17 + 0,83
Fosfatada	20,19 + 0,56	47,06 + 0,63

Fonte: Limberger (2006).

De acordo com a Tabela 1 observou-se que o poder inchamento e solubilidade do granulo de amido é muito maior no amido fosfatado do que no amido nativo.

O amido modificado por fosfatação é considerado um aditivo químico em alimentos, portanto, a legislação preconiza níveis de fósforo não superiores a 0,4%.

As propriedades de gelatinização do amido estão relacionadas a vários fatores, incluindo a proporção de amilose e amilopectina, tipo de cristalinidade, tamanho e estrutura do grânulo de amido (LINDEBOOM; CHANG; TYLER, 2004).

A retrogradação do amido ocorre por efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina, decorrente do agrupamento das partes lineares das moléculas de amido por meio da formação de novas ligações de hidrogênio, resultando na formação de precipitados e/ou géis (CRUZ, R. EL-DASH, 1999). O processo é acompanhado pela saída de água do gel, uma vez que as ligações de água do amido gelatinizado foram substituídas por ligações de hidrogênio no amido retrogradado. À saída de água do gel, neste processo, denomina-se sinérese (COLLISON, 1968; ROSALINA; BHATTACHARYA, 2002). Na fosfatação do amido ocorre dupla modificação, uma combinação de substituição com ligação cruzada que dificulta a retrogradação (WURZBURG, 1986).

Na fosfatação descrita por Paschall (1964) foi usado três lotes de quirera de arroz e as modificações foram feitas por via úmida e seca e usou-se quatro tempos de reações e quatro concentrações de tripolifosfato de sódio. Selecionou-se a modificação por via úmida, tempo de 40 minutos e 7,54% de tripolifosfato de sódio. Após a modificação, notou-se que o teor de fósforo ultrapassou o limite estabelecido pela legislação.

Na Tabela 2 observa-se as quantidades de fósforo nos amidos e as propriedades da pasta após a fosfatação por via seca e via úmida, com pH 9,5 e porcentagem de 5 % de tripolifosfato de sódio e 1% de trimetafosfato de sódio.

TABELA 2 - Propriedades da pasta dos amidos de mandioca modificado a via úmida e seca com tripolifosfato de sódio e trimetafosfato de sódio em relação a fosfatação do amido.

Tratamento	%Fósforo	V. max. (RVU)	Tendência de retrogradação
5%STPP – 1% STMP / Seco /6h	0,138	1027,6	152,75
5% STPP – 1% STMP / Úmido /6h	0,255	251,1	45,25

5% de tripolifosfato de sódio (STPP) e 1% de trimetafosfato de sódio (STMP)
Fonte: LIMBERGER 2006.

De acordo com a Tabela 2 observa-se que o tratamento a seco apresentou menor teor de fosfato, maior viscosidade máxima e maior tendência a retrogradação; já no processo por via úmida, houve uma maior incorporação do fosfato no amido, menor viscosidade máximo e menor tendência a retrogradação.

A Figura 9 apresenta a fosfatação por via seca a temperatura ambiente.

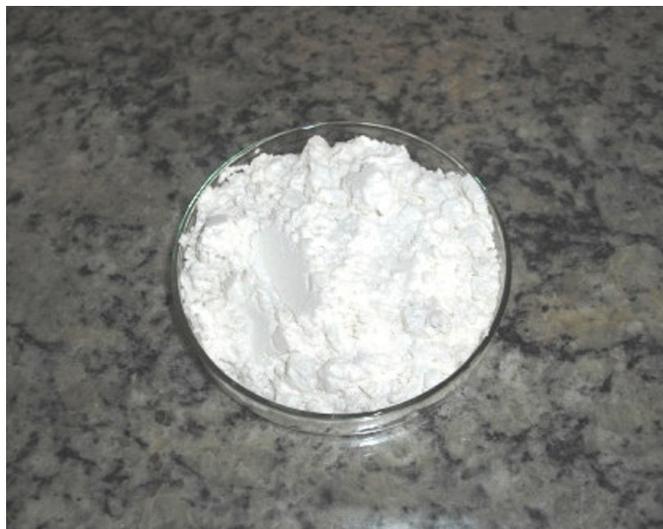


Figura 9- fosfatação via seca (temperatura ambiente).

Fonte: Rechsteiner(2009).

Na Tabela 3 observa-se o conteúdo de fósforo e grau de substituição da quirera de arroz nativa e modificada.

TABELA 3 - Conteúdo de fósforo e grau de substituição de quirera de arroz nativa e modificada.

Tipo de Quirera	Fósforo em amostra (%)	Grau de substituição
Nativa	0,1043 + 0,006	0,003 + 0,0003
Fosfatada	0,9151 + 0,015	0,024 + 0,0020

Fonte: Limberger (2006).

Tendo como base que o Codex Alimentarius preconiza níveis de fósforo residuais não superiores a 0,5% para amido de batata e trigo, e 0,4% para amidos provenientes de outras fontes, incluindo o arroz (FAO, 2006), notou-se que o teor de fósforo da quirera de arroz submetida a modificação foram significativamente muito maior do que na amostra nativa, e que a quantidade de fósforo encontrada foi superior ao estabelecido pelo Codex Alimentarius.

A Tabela 4 mostra a capacidade de ligação à água a frio da quirera de arroz nativa e modificada.

TABELA 4 - Capacidade de ligação à água a frio da quirera de arroz nativa e modificada.

Tipo de quirera	Capacidade de ligação à água a frio
Nativa	112 + 1,46
Fosfatada	191 + 2,54

Fonte: Limberger (2006).

Nota-se que o nível de Capacidade de ligação à água a frio é bem maior na quirera fosfatada devido a repulsão que há na ligação de fósforo ligado a molécula de amido.

A segurança e o uso efetivo de produtos contendo substitutos de gordura pode ser facilitado através de esforços para melhorar o entendimento das informações de rotulagem dos produtos, da importância das práticas de preparação dos alimentos, do tamanho das porções e frequência de consumo, e relação entre energia gasta e balanço energético total. Isto irá permitir a determinação do nível adequado de substituto de gordura para uma pessoa no contexto de sua dieta total. (LIMBERGER 2006).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as revisões bibliográficas pode-se concluir que:

- o amido é um polímero natural que consiste de resíduos de α -D-glicose formado por ligações glicosídicas composto pelos polissacarídeos amilose e amilopectina. A amilose é um polímero linear formado por unidade de glicose(α -1,4) e a amilopectina é um polímero de cadeia ramificada, com ligações (α -1,6) e (α -1,4).

- as propriedades de gelatinização do amido estão relacionadas a vários fatores, incluindo proporção de amilose e amilopectina, tipo de cristalinidade, tamanho e estrutura do grânulo de amido.

- pode-se obter amido mono-éster-fosfatado ou poli-éster fosfatado. No geral, monoéster são aplicados em nível muito alto de substituição; nos amidos diésteres as propriedades de pasta e gel são alteradas drasticamente, por ter poucos pares de ligações cruzadas. Formulações de diamidos fosfatados são considerados as reações mais importantes utilizadas para preparar amidos modificados para alimentos.

- os amidos fosfatados são indicados para alimentos refrigerados ou congelados, uso em gelatinas e gomas. Devido as suas propriedades iônicas, amidos fosfatados são bons agentes emulsificantes.

- o amido fosfatado apresenta as seguintes características: sabor, textura, baixo nível de retrogradação, também são bons agentes emulsificantes. São recomendados para alimentos refrigerados e congelado.

- O substituto de gordura ideal deve ser um composto de reconhecida segurança para a saúde e que apresente todas as propriedades funcionais e organolépticas das gorduras com significativamente menos calorias, sendo as propriedades mais importantes das gorduras: estabilidade térmica, emulsificação e aeração, lubricidade, além de contribuírem com sabor, cor e a capacidade de espalhar.

REFERENCIAS

AMIDOS: FONTES ESTRUTURAS E PROPRIEDADES FUNICIONAIS. Revista aditivos e ingredientes São Paulo. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/124.pdf> acesso em: 23 mar. 2013.

ADA. American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association: fat replacers. **Journal of American Dietetic Association**, n.105, p.266-275, 2005. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002822305003299>>. Acesso em: 13 mar.2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria nº 379, de 26 de abril de 1999.**ANVISA**,c2005-2009 Disponível em: <www.anvisa.gov.br>. Acesso em 13 mar. 2013.

ALEXANDER, R.J. Fat replacers based on starch. **American Association of cereal chemistry**, St. Paul, Minnesota, v.40, n.5, p.366-368, 1995. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0924224496813276>> . Acesso em: 13 mar. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE AMIDO DE MANDIOCA.O mercado de amido no mundo. **ABAM**, 2004. Disponível em: <www.abam.com.br/artigos/Ceteagro%20coluna%20MarneyCereda.doc>. Acesso em: 20 mar. 2013.

ATWALL, W. A.; et al. The Terminologi and methodology associated whith basic starch phenomena. *Cereal Food World*; v.33, n. 3, p. 306- 311, 1998.

BAIK, B., CZUCHAJOWSKA, Z., POMERANZ, Y. Role and contribution of starch and protein content and quality to texture profile analysis of oriental noodles. **Cereal Chemistry**, v.71, p.315-320, 1994. Disponível em:<<http://cerealchemistry.aaccnet.org/doi/abs/10.1094/CCHEM.2003.80.3.304>>. acesso em: 20 maio 2013.

BILLIARDERIS, C. G. etal.ThermalCharacterisation of rice starches a polymeric approach to phase transitions of granular starch. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**.Washington,v. 34,p. 6-14, 1986. Disponível em:<<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf00067a002>>. Acessoem: 13 mar. 2013.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P.A. **Introdução a Química de Alimentos**. 3. ed.São Paulo: Varela, 2003. v.1.

BRASIL (2005) Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 266, 22 set. 2005. **Regulamento Técnico para Gelados Comestíveis**

e Preparados para Gelados Comestíveis. Diário Oficial da União de 23 set. 2005, Seção 1. Disponível em:
<<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18825&word=>>. Acesso em: 23 maio 2013.

CÂNDIDO, L.M. B.; CAMPOS, A.M. **Alimentos para fins especiais:** dietéticos – Legislação, Mercado, Adoçantes e edulcorantes, substitutos de gordura, sucedâneos do sal. São Paulo: Varela, 1996.

_____. Substitutos de gorduras. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 13, n.2, p. 125-164, jul./dez. 1995. Disponível em:
<<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/alimentos/article/view/14166/9539>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

CARVALHO, P. C. L. de. et. al. Avaliação agrônômica e tecnológica de cultivares de mandioca para consumo "in natura". **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz da Almas, v. 14, n. 1/2, p. 7-15, 1995. Disponível em:
<<http://catuaba.cpaufac.embrapa.br/pdf/bp36.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2013.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O, F. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas.** São Paulo: Fundação Cargill, 2003.

Codex Alimentarius – FAO/WHO Food Standards. Disponível em:
<<http://www.codexalimentarius.net/gsaonline/additives/search.html>> Acesso em 12 fev. 2013

CRUZ, R.; EL-DASH, A. A.M, Amido de chuchu (Secheum e duleswartz efeito da fosfatação e sua viscosidade- bol SBCTA 1984. Disponível em:
<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000047494> acesso em: 20 maio 2013

DIAS, A. A. **Substitute de Gordura Aplicados em Alimentos para Fins Especiais.** Universidade de Brasília. 2007. 52 f. Disponível em:
<http://bdm.bce.unb.br/bitstream/10483/171/1/2007_AndreaAlvesDias.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2013.

FAO Agriculture – **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION.** Disponível em:
<[http:// foostat.org/](http://foostat.org/)> . Acesso em: 25 maio 2013.

FRANCO, C. M. L.; CABRAL, A.F.R.; TAVARES, D.Q. **Structual and physicochemical characteristics of linnerized native and sour cassava starches.** Starch/Starke, v. 54, p. 469-475, 2002.

GALLANT, D.J.; BOUCHET, B.; BADWIN, P.M. Microscopy of starch: evidence of a new level of granule organization. **Carbohydrate Polymers**, v.32, p.177-191, 1997. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861797000088>>. Acesso em: 24 mar. 2013.

HERMANSSON, A. M.; SVEGMARK, K. Developments in the understanding of starch functionality. **Trends in Food Science & Technology**. v.7, nov., p. 345-353, 1996. Disponível em:

<<http://www.foodproductdesign.com/articles/1996/01/understanding-starch-functionality.aspx>>. Acesso em: 20 maio 2013.

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

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861700002605>>. Acesso em: 27 fev. 2013.

KAUR, L.; SINGH, J.; SINGH, N. Factors influencing the properties of hydroxypropylated potato starches. **Carbohydrate Polymers**. v. 55, p. 211-223, 2004. Disponível em: <<http://europemc.org/abstract/AGR/IND43628643>>. acesso em: 23 maio 2013.

LIM, S., SEIB, P. A., Preparation and pasting properties of wheat and corn starch phosphates. **Cereal Chemistry**, 70, p. 137-144, 1993. Disponível em: <http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1993/Documents/70_137.pdf>. Acesso em

LIMBERG, V.M.; **Modificação Física e Química do Amido de Quirera de Arroz para Aproveitamento na Indústria de Alimentos**. 2006, 77f. Santa Maria, RS, Brasil.

LILLFORD, P. et. al. (Ed.) **Starch: structure and functionality**. Cambridge: The Royal Society Chemistry, 1997.

LIM, S., SEIB, P. A., Preparation and pasting properties of wheat and corn starch phosphates. **Cereal Chemistry**, [S.l.],v. 70, p. 137-144, 1993. Disponível em: <http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1993/Documents/70_137.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2013.

LIMA, J. R.; NASSU, R. T. Substituto de Gordura em Alimentos: Características e Aplicações. **Química Nova**, Campinas, São Paulo, v. 19, n. 2, p.127-134, 1996. Disponível em: <http://quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/1996/vol19n2/v19_n2_07.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2013

MANNERS, D.J.; MATHERSON, N.K. The fine structure of amylopectin. **Carbohydrate research**, Amsterdam, v. 90, p. 99-109, 1981.

MIZUKAMI, H.; TAKEDA, Y.; HIZUKIRI, S. The structure of the hot – water soluble components in the starch granules of new Japanese rice cultivars. **Carbohydrate Polymers**, v. 38, n.4, p. 329 – 335, 1999. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861798001209>>. acesso em: 15 fev.2013.

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

PARKER, R.; RING, S.G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, v.34, p.1-17, 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521000904028>>. Acesso em: 23 maio 2013.

PEREIRA, L. H. G. **Obtenção e estudo das propriedades físico-químicas de amidos de mandioca oxidados e ácidos-modificados**. 2008. 108f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008. Disponível em: <http://www.bicen-tede.uepg.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=185>. Acesso em: 25 mar.2013.

RECHSTEINER, M. S. **Desenvolvimento de amidos fosfatados de batatadoce e mandioca e aplicação como substitutos de gordura em sorvetes**.2009. 151f. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista.2009. Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0802.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2013.

RIBEIRO, E.P., SEVALLI, E. A. G. **Química dos alimentos**. São Paulo: Edgar Blucher, 2004.v.5.

SANTOS, T. P.R. **Produção de amido modificado de mandioca com propriedade de expansão**.2012. 158 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Julio de Mesquita Filho, Botucatu, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0802.pdf>. Acesso em: 23 maio 2013.

SIVAK, M.N., PREISS, J. Industrial application of starch. In: SIVAK, M.N., PREISS, J. **Starch: basic science to biotechnology**, v. 41, p. 163-170, 1998. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=j7M9SJtVjCMC&oi=fnd&pg=PP2&dq=SIVAK,+M.N.,+PREISS,+J.+Industrial+application+of+starch+1998&ots=nuhkWWblr7&sig=VxdJoOV7nRALhE5FqNiPyd mRuV0#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 24 fev. 2013.

SITOHY, M.Z. et al., Physicochemical Properties of Different Types of Starch Phosphate Monoester. **Starch/ Starke**, v.52, n 4, p. 101 - 105 , 2000.

SWINKELS, J.J.M. Composition and properties of commercial native starches. **Starch/Starke**, v.37, n.1, p.1-5, 1985. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/star.19850370102/abstract> >. Acesso em: 27 fev. 2013.

_____. **Industrial starch chemistry: properties, modifications and applications of starches**. Veendam: AVEBE, 1996.

TESTER, R.F. Starch: The polysaccharide fraction. In: FRAZIER, P.J.; RICHMAND, P.; DONALD, A.M. **Starch: Structure and Functionality**. London: Royal Society of Chemistry, 1997. p.163-171. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014181309900121X>> . Acesso em: 28 mar. 2013.

TEIXEIRA, M.A.V.; et al. Ocorrência e caracterização do amido resistente em amidos de milho e de banana. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 246-246, 1998. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20611998000200019&script=sci_arttext>. Acesso em: 20 fev. 2013.

WHISTLER, R.L.; Carbohydrate Chemistry for Food scientists. Saint Poul: Eagan Press. 1999; 241p.

WURZBURG, O.B. Cross-linked starches. In: WURZBURG, O.B. (Ed.). **Modified starches: properties and uses**. Boca Raton, FL: CRC Press, 1986.p. 41-53.

ZOBEL, H.F. X-ray analysis of starch granules. In: WHISTLER, R.L. **Methods in carbohydrates chemistry**. London: Academic Press, 1964. v.4. p.109-143. Disponível em: <http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1988/Documents/65_443.pdf>. Acesso em: 24 fev.2013.