

Propriedades morfológicas e funcionais e outras características da pasta do amido nativo e oxidado da amêndoa do caroço de manga (*Mangifera indica* L.), variedade Tommy Atkins

Morphological and functional characteristics and other properties of the native and oxidized starch paste produced from mango kernels of Tommy Atkins variety

RIALA6/1436

Marianne Louise Marinho MENDES*, Pushkar Singh BORA, Ana Paula Louira RIBEIRO

*Endereço para correspondência: Departamento de Tecnologia Química e de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Brasil. Campus Universitário I, João Pessoa, PB, Brasil, Cidade Universitária, CEP 58051-900. Tel: (83) 3216-7378. E-mail: marianne.marinho@gmail.com.

Recebido: 17.08.2011 - Aceito para publicação: 08.02.2012

RESUMO

Após o processamento industrial da manga, o caroço e a casca são normalmente descartados sem que haja um devido aproveitamento. Neste trabalho, foram investigadas as características morfológicas e funcionais e as propriedades da pasta dos amidos nativo e oxidado do caroço (amêndoa) de manga, da variedade Tommy Atkins, para pesquisar uma nova fonte de amido, as formas de melhoria e contribuir na utilização de resíduos da indústria alimentícia. Na composição centesimal, o extrato amiláceo apresentou 71,56% de amido, 7,30% de lipídeos, 5,6% de proteínas e umidade de 10,3%. Os percentuais de carbonila e carboxilas foram, respectivamente, 0,05% e 0,09%. A oxidação não alterou visivelmente os grânulos de amido. O poder de intumescimento e a solubilidade mostraram-se dependentes da temperatura e do pH, e o maior valor foi verificado no amido oxidado a 95 °C (13,112 g/g). O amido oxidado apresentou maior capacidade de absorção de água (105,97%), e a maior capacidade de absorção de óleo foi encontrada no amido nativo (59,78%). Quanto às propriedades de pasta, verificou-se o aumento da temperatura de pasta, do pico de viscosidade, da viscosidade mínima, da quebra de viscosidade, da viscosidade final e da tendência para retrogradação do amido oxidado em relação ao nativo. Pelas propriedades avaliadas, ambos os amidos podem ter aplicação na indústria alimentícia.

Palavras-chaves. manga, caroço, amido, oxidação.

ABSTRACT

After mango industrial processing, the kernel and the peel are usually discarded without being suitably used. This study investigates the morphological and functional characteristics, and other properties of native and oxidized starch paste prepared from the seed (kernel) of Tommy Atkins variety mango, aiming at finding a potential source of starch, at ways to improving it and to supporting the use of residues from the food industry. The starchy extract showed 71.56% of starch, 7.30% of lipids, 5.6% of proteins and 10.30% of moisture. The percentage of carbonyl and carboxyl groups was of 0.05% and 0.09%, respectively. Oxidation did not notably change the granules of native and modified starch. Swelling capacity and solubility were shown to be dependent on temperature and pH for both starches, and the highest value was observed in oxidized starch at 95 °C (13.112 g/g). Oxidized starch showed the highest water absorption capacity (105.97%), and the highest oil absorption capacity (59.78%) was found in native starch. The following paste properties were observed: an increase in paste temperature, peak viscosity, hold, breakdown, final viscosity and setback of the oxidized starch when compared to native one. According to the properties evaluated, both starches might be applicable in food industry.

Keywords. mango, kernel, starch, oxidation.

INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.) é um dos frutos mais favorecidos, com valor comercial cada vez mais crescente nos trópicos, sendo usado em uma grande variedade de alimentos e produtos¹. No entanto, aproximadamente 40% a 60% desse fruto são perdidos durante seu processamento industrial, sendo que 12% a 15% constituem-se de pele (casca) e 15% a 20% de caroço².

Dependendo da variedade, as amêndoas dos caroços de manga contêm cerca de 6,0% de proteínas, 11% de lipídeos, 77% de carboidratos, 2% de fibras e 2% de cinzas, baseados em seu peso seco³. Atualmente, a manga variedade Tommy Atkins é a mais produzida e a que possui a maior participação no volume comercializado no mundo, devido principalmente a sua coloração intensa, produções elevadas e resistência ao transporte a longas distâncias⁴.

O amido é uma fonte energética de grande destaque na alimentação humana. Tal composto é o principal carboidrato de reserva produzido pelas plantas e consumido pelo homem. O fato de ser armazenado em grânulos insolúveis em água e de ser facilmente extraível torna-o único na natureza, com ampla possibilidade de utilização diretamente na dieta humana ou na indústria alimentícia⁵. Este constituinte contribui consideravelmente para as propriedades de textura de muitos alimentos e tem várias aplicações industriais, como espessante, estabilizante coloidal, geleificante, agente de volume, retentor de água e agente de viscosidade.

Entretanto, muitos amidos em sua forma nativa apresentam limitações que os tornam menos adequados para a diversidade de aplicações requeridas. Por essa razão, algumas vezes, o amido utilizado como alimento ou para outros fins industriais tem de ser modificado (química, física, enzimaticamente) antes de sua utilização, com o objetivo de melhorar e aperfeiçoar as propriedades físicas do polímero em consonância com sua aplicação específica⁶.

Os amidos oxidados são obtidos por tratamento de suspensões de grânulos de amido com um agente oxidante, como hipoclorito de sódio ou cálcio, peróxido de hidrogênio, persulfato de amônio, permanganato de potássio, cloridrato de sódio, perboratos e ácido hipocloroso⁷. Para que essa modificação ocorra, há necessidade de três elementos básicos: um reagente oxidante, controle de temperatura e controle de pH. Com essa alteração, ocorrem modificações estruturais, principalmente a formação de grupos carbonila e/ou carboxila.

Esses amidos despertam bastante interesse pela sua ampla aplicação nas indústrias alimentícia, têxtil e papelreira, pois apresentam propriedades de superfície interessantes. Para produtos alimentícios, podem ser utilizados por apresentarem sabor neutro e baixa viscosidade em alimentos ácidos, como molhos para saladas e maioneses. Também atuam como agentes de cobertura e impermeabilizantes, como emulsificantes, podendo servir como substitutos de goma arábica e como agentes ligantes em sistemas líquidos que se aplicam na superfície de alimentos⁸.

Há na literatura diversos trabalhos sobre amidos oxidados provenientes de fontes de amido convencionais. Contudo, quando se trata do amido extraído de caroços (sementes) de manga, que é uma fonte não convencional em potencial, verifica-se inexistência de pesquisas sobre o tema. A descoberta de formas para aproveitar os resíduos da industrialização deste fruto e a viabilização de novas fontes de amido podem constituir uma relevante contribuição para a indústria alimentícia. Diante do exposto, realizou-se na presente pesquisa a investigação das características morfológicas e funcionais e das propriedades de pasta dos amidos nativo e oxidado extraído do caroço (semente) de manga, variedade Tommy Atkins, com o intuito de estudar uma nova fonte de amido, maneiras de otimizá-la, bem como contribuir ecologicamente para o aproveitamento de resíduos da indústria alimentícia.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

A matéria-prima alvo desta pesquisa foi o amido extraído de amêndoas retiradas dos caroços de manga (*Mangifera indicans* L.), variedade Tommy Atkins. As mangas foram adquiridas na Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (Empasa), na cidade de João Pessoa-PB. No entanto, conforme relato dos fornecedores, eram provenientes do Polo Irrigado Petrolina-PE/Juazeiro-BA (região do Submédio São Francisco). As análises, excetuando-se as de propriedades de pasta, foram realizadas nos Laboratórios do Departamento de Tecnologia Química e de Alimentos do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Extração do amido

As amêndoas dos caroços de manga foram retiradas manualmente e, a seguir, prosseguiu-se à

extração do amido, conforme a metodologia de Loos, Hood e Graham⁹. O material cortado em pequenos pedaços foi imerso durante 48 horas em solução de metabissulfito de sódio (0,2%). Seguidamente, as amêndoas foram trituradas em liquidificador doméstico e peneiradas em malha de 200 mesh, sendo submetidas a duas decantações e uma centrifugação, com descarte dos sobrenadantes e recuperação do amido. O extrato amiláceo foi seco em estufa com circulação de ar a 40 °C por 48 horas, peneirado em peneira de 200 mesh e acondicionado em recipientes hermeticamente fechados e sob refrigeração.

Composição centesimal

O amido nativo (bruto) foi avaliado quanto a umidade, cinzas, lipídios, proteínas e teor de amido de acordo com os métodos do Instituto Adolfo Lutz¹⁰.

Tratamento oxidativo

O amido foi modificado por tratamento oxidativo com hipoclorito de sódio, conforme metodologia de Forssel et al.¹¹. Inicialmente, uma solução de amido a 50% foi preparada, ajustando-se o pH para 9,5 com hidróxido de sódio a 2 M. A seguir, 10 g de hipoclorito de sódio foram adicionados lentamente à solução durante um período de 30 minutos. Manteve-se o pH entre 9,0 e 9,5, à temperatura de 30±2 °C e sob agitação constante por 10 minutos. Após a reação, ajustou-se o pH para 7,0 com ácido sulfúrico a 1 M. Recuperou-se o amido por filtração (lavado quatro vezes com água destilada) e secou-se em estufa de circulação de ar a 45 °C por 24 horas. O amido modificado foi peneirado (200 mesh) e armazenado em recipiente fechado sob refrigeração.

Conteúdo de carboxilas

Para a determinação do conteúdo de carboxilas do amido oxidado, foi usado o método de Parovuori et al.¹². 5 gramas do amido oxidado foram suspensos em 25 mL de ácido clorídrico 0,1 M por 40 minutos em temperatura ambiente e mantidos sob agitação mecânica. Após a acidificação, a amostra foi recuperada e lavada exaustivamente com água destilada por meio de filtração, até que o pH da água de lavagem estivesse neutro. A amostra foi transferida para um balão de Erlenmeyer e foram adicionados 300 mL de água destilada. A seguir, a suspensão foi aquecida até ebulição, com agitação contínua, para promover a geleificação do amido. Após esse período, a pasta ainda quente foi titulada com

solução padrão de hidróxido de sódio 0,1 M utilizando-se fenolftaleína como indicador. Para quantificar principalmente os ácidos graxos complexados com a amilose, uma titulação em branco foi determinada. Utilizaram-se 5 gramas do amido nativo para fornecer um valor em branco.

$$\%COOH = (TO - TB) \times mb \times 0,045 \times 100 / PA$$

Onde:

%COOH = percentual de carboxila;

TO = volume gasto na titulação do amido oxidado;

TB = volume gasto na titulação do branco;

mb = molaridade do álcali;

PA = peso da amostra.

Conteúdo de carbonilas

A determinação do conteúdo de carbonilas nas amostras foi realizada conforme descrito por Smith¹³. 2 gramas do amido oxidado foram dissolvidos em 100 mL de água destilada. Essa suspensão foi geleificada em banho-maria e, em seguida, resfriada a 40 °C. Ajustou-se o pH para 3,2 com ácido clorídrico 0,1 M e adicionaram-se 15 mL da solução de hidroxilamina. O recipiente contendo a amostra foi envolvido com papel-alumínio e levado a banho-maria mantido a 40 °C durante 4 horas. Após esse período, a hidroxilamina adicionada foi determinada pela titulação rápida da mistura a pH 3,2 com ácido hidrocloreídrico 0,1 M.

$$\%CO = (TB - TO) \times ma \times 0,028 \times 100 / PA$$

Onde:

%CO = percentual de carbonila;

TB = volume gasto na titulação do branco;

TO = volume gasto na titulação do amido oxidado;

ma = molaridade do ácido;

PA = peso da amostra.

Morfologia do grão de amido

A avaliação da forma e do tamanho dos grãos de amido foi realizada por microscopia óptica em microscópio óptico Anxioscop II - Zeiss. Os parâmetros analisados foram: diâmetro menor e maior dos grânulos, expressos em micrômetros. A referida análise foi feita segundo Schoch, Maywald¹⁴. Em uma lâmina, colocou-se a dispersão de duas gotas de suspensão de 100 mg de amido em 5 mL de solução 1:1 de glicerina/água.

Esta dispersão foi recoberta por uma lamínula. Foram tomadas medidas de 500 grãos, sendo que a visualização ocorreu na objetiva de 40x.

Poder de intumescimento e solubilidade

Foram determinados o poder de intumescimento e a solubilidade em função da temperatura e do pH dos amidos nativo e oxidado. Em função da temperatura, essas variáveis foram determinadas conforme metodologia descrita por Leach, Mccowen e Schoch¹⁵. Já os efeitos do pH na solubilidade e o poder de intumescimento foram investigados usando a metodologia descrita por Lawal¹⁶.

Capacidade de absorção de água e óleo

O método de Beuchat¹⁷ foi usado para determinar a capacidade de absorção de água e óleo dos amidos. Foram adicionados 10 mL de água (destilada) ou do óleo (óleo de soja Soya, Bunge, Indústria Brasileira) a 1 g da amostra. A suspensão foi homogeneizada durante 30 segundos e, em seguida, deixada em repouso por 30 minutos. Posteriormente, os tubos foram fechados e centrifugados por 15 minutos a 3.400 rpm. As paredes externas dos tubos foram secas, e os tubos, pesados. A massa da água ou do óleo absorvidos foi expressa em g/100 g de amido em base seca.

Características das pastas de amido

A determinação das propriedades de pasta ocorreu em equipamento RVA – Rapid Visco Analyser (Newport Scientific) do Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA), localizado na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), em Campinas-SP.

As amostras, na concentração de 10%, foram submetidas à temperatura de 50 °C por 1 minuto e depois aquecidas até 95 °C em uma taxa de 6 °C/min, permanecendo nessa temperatura por 5 minutos. Em seguida, as amostras foram resfriadas até 50 °C à taxa de 6 °C/min. Nesta análise, foram obtidos os valores de temperatura de pasta, de viscosidade máxima, mínima e final, de quebra de viscosidade (diferença entre a viscosidade máxima e a mínima) e de tendência a retrogradação (diferença entre a viscosidade final e a mínima).

Análise estatística

Aos dados da composição centesimal e propriedades funcionais foi aplicada a estatística descritiva, com observação das médias e desvio-padrão

de três repetições. Às propriedades funcionais aplicaram-se a análise de variância (Anova) e o teste de Tukey ao nível de 5% de significância para comparação entre as médias obtidas. As análises foram realizadas pelo programa estatístico SigmaStat 3.5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição centesimal do amido

A Tabela 1 apresenta os resultados referentes à composição centesimal do amido extraído do caroço (semente) de manga, variedade Tommy Atkins.

Tabela 1. Composição centesimal do amido nativo extraído das amêndoas das sementes de manga

Constituintes	Quantidades (g/100 g) *
Amido	71,56 ± 1,030
Umidade	10,30 ± 0,005
Lipídeos	7,30 ± 0,201
Proteínas (N × 6,25)	5,60 ± 0,250
Cinzas	0,40 ± 0,170
Outros componentes (por diferença)	4,84

* Cada valor representa a média e o desvio-padrão de três determinações.

O valor encontrado de amido (71,56 g/100 g) foi inferior ao encontrado por Rengsutthi, Charoenrein¹⁸ (99,65 g/100 g), estudando amido de sementes de jaca. Batista, Silva e Liberato¹⁹ encontraram valores de 86,97 e 86,62 g/100 g para carboidratos em amidos convencionais de milho e trigo, respectivamente. Os primeiros autores encontraram ainda, para amido da semente de jaca, valores de proteínas (0,09 g/100 g), lipídeos (0,03 g/100 g) e cinzas (0,04 g/100 g) bem inferiores aos detectados no amido deste trabalho. No entanto, o valor de umidade por eles encontrado (9,59 g/100 g) foi próximo ao desta pesquisa. Já os segundos autores encontraram para o amido de milho valor de umidade de 11,70 g/100 g, proteína de 0,65 g/100 g, lipídeos de 1,19 g/100 g e minerais de 0,02 g/100 g; e, para o amido de trigo, umidade de 11,40 g/100 g, proteína de 0,58 g/100 g, lipídeos de 1,20 g/100 g e minerais de 0,19 g/100 g. Observa-se que, excetuando os valores encontrados para umidade por estes autores, os demais constituintes analisados tiveram valores superiores nesta pesquisa.

De acordo com Peroni²⁰, o amido bruto é constituído de carboidratos, bem como por substâncias como lipídeos, proteínas e cinzas. A quantidade destes constituintes dependerá da espécie vegetal e da parte do vegetal da qual o amido é extraído.

Conteúdo de carbonila e carboxila

Os teores de carbonilas e carboxilas encontrados para o amido oxidado nesta pesquisa foram 0,05% ($\pm 0,002\%$) e 0,09% ($\pm 0,001\%$), respectivamente. Embora não existam dados na literatura com esses teores para este amido, encontram-se valores semelhantes (0,09%) para o teor de carboxila em amido de milho oxidado²¹ e valores acima aos encontrados neste estudo, de 0,29% a 0,34%, para mandioquinha-salsa²². O alto teor de carboxilas para amidos modificados pode estar relacionado diretamente com a fragmentação molecular, devido ao tratamento oxidativo. Sangseethong et al.²³ afirmam ainda que o tipo e a quantidade de grupos funcionais formados nas moléculas de amido durante a oxidação dependerão do tempo de reação, da temperatura e do pH empregado.

Em função da porcentagem de radicais carboxílicos formados, o amido obtido pode ser chamado de oxidado ou branqueado. Segundo Taggart²⁴, os amidos branqueados contêm menos de 0,1% de radicais carboxílicos adicionados, sendo essa modificação considerada uma oxidação leve. Os valores de radicais carboxílicos em amidos oxidados comerciais está na faixa de 0,01% a 0,04%, enquanto, para os radicais carbonílicos, os valores encontram-se entre 0,005% e 0,01%.

Morfologia do grão de amido

A microscopia óptica do amido do caroço (semente) de manga pode ser observada na Figura 1. Não foram observadas diferenças entre os grãos de amido nativo e modificado. Constatou-se a presença de grãos de amido de vários tamanhos e formas, de ovais a elípticos. A amplitude de variação dos diâmetros maiores dos grãos do amido pesquisado foi de 5,52 a 29,38 μm , com média de 16,41 μm , enquanto os diâmetros menores oscilaram entre 4,17 e 22,55 μm , com média de 10,92 μm .

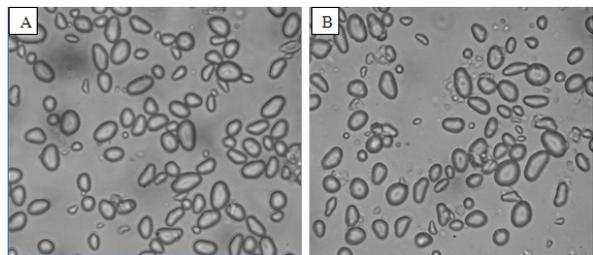


Figura 1. Microscopia óptica do amido nativo (A) e oxidado (B) da amêndoa do caroço de manga (400 X)

Kaur et al.², estudando amido do caroço de variedades de cinco mangas indianas, encontraram

grãos com diversos tamanhos e formas ovais e elípticas, conforme as encontradas neste estudo. Os mesmos autores encontraram diâmetro maior dos grãos variando entre 10,9 a 27,2 μm e diâmetro menor entre 6,5 a 16,3 μm , valores distintos, porém próximos aos encontrados neste estudo. Isso pode ser justificado pelo fato de as variedades da manga analisadas pelos referidos autores serem diferentes da manga Tommy Atkins.

Rengsutthi e Charoenrein¹⁸, comparando amido do caroço de jaca, milho e batata, observaram que os grãos de amido de jaca são semiovais ou com formato de sino, que os de milho são poligonais e irregulares e que os de batata são grandes e ovais. Encontraram o tamanho médio de 10 μm para o grão de amido de jaca, 13,7 μm para o do amido de milho e 30,5 μm para o de batata, sendo que este último tem forma semelhante à do amido de manga, mas de modo geral são maiores. Tongdang²⁵ afirma que o amido de manga assemelha-se aos amidos de leguminosas.

Propriedades funcionais

O poder de intumescimento e a solubilidade são determinados em temperaturas elevadas, promovendo a quebra de pontes de hidrogênio, ocorrendo o intumescimento dos grãos e o aumento da solubilidade do amido. Ambos contribuem para importantes características da maioria dos produtos ricos em amido, tais como as propriedades de pasta e o comportamento reológico durante o aquecimento em excesso de água²⁵. A Tabela 2 apresenta os resultados encontrados para o poder de intumescimento, conforme a temperatura e o pH dos amidos nativo e oxidado do caroço de manga.

O valor de intumescimento máximo obtido para o amido nativo ocorreu a 75 °C ($9,395 \pm 0,396$ g/g), e a partir daí observou-se declínio para os valores de PI. Isso pode demonstrar que os grãos desse amido têm baixa resistência a elevação de temperatura, ocorrendo provavelmente o rompimento dos grãos. Este fato contribui para o aumento da solubilidade. A oxidação aumentou o PI do amido, mantendo-o sempre crescente, sendo que seu maior valor no amido oxidado foi de $13,112 \pm 0,225$ g/g a 95 °C.

Verifica-se que o amido nativo apresentou valor de PI menor do que a maioria dos amidos nativos de outras origens relatados na literatura. Kaur et al.², estudando amido do caroço de cinco variedades de manga indianas, observaram valores de PI variando entre 18,0 a 19,7 g/g, superiores, portanto, ao desta

Tabela 2. Poder de intumescimento (PI) e solubilidade (S), conforme a temperatura e o pH, do amido nativo e oxidado da amêndoa do caroço de manga

T (°C)	PI (g/g)		S(%)	
	Amido nativo	Amido oxidado	Amido nativo	Amido oxidado
55	1,286 ± 0,080 ^{Aa}	1,566 ± 0,078 ^{Ba}	1,43 ± 0,006 ^{Aa}	4,20 ± 0,084 ^{Ba}
65	1,480 ± 0,034 ^{Ab}	1,708 ± 0,061 ^{Ab}	2,40 ± 0,020 ^{Ab}	4,40 ± 0,045 ^{Aa}
75	9,395 ± 0,396 ^{Ac}	8,493 ± 0,788 ^{Bc}	3,87 ± 0,012 ^{Ac}	5,62 ± 0,044 ^{Bb}
85	7,853 ± 0,541 ^{Ad}	11,939 ± 1,036 ^{Bd}	5,47 ± 0,057 ^{Ad}	6,70 ± 0,043 ^{Ac}
95	4,955 ± 0,494 ^{Ae}	13,112 ± 0,225 ^{Bc}	33,90 ± 0,555 ^{Ae}	10,80 ± 0,088 ^{Bd}
pH	Amido nativo	Amido oxidado	Amido nativo	Amido oxidado
4,0	7,476 ± 0,682 ^{Aa}	11,071 ± 0,318 ^{Ba}	0,055 ± 0,005 ^{Aa}	0,070 ± 0,010 ^{Ba}
6,0	5,267 ± 0,296 ^{Ab}	9,014 ± 0,649 ^{Bb}	0,263 ± 0,055 ^{Ab}	0,250 ± 0,026 ^{Ab}
8,0	5,585 ± 0,323 ^{Ac}	9,585 ± 0,473 ^{Bb}	0,233 ± 0,055 ^{Ab}	0,477 ± 0,030 ^{Bc}
10,0	5,855 ± 0,184 ^{Ad}	11,751 ± 0,158 ^{Bc}	0,750 ± 0,010 ^{Ac}	0,383 ± 0,035 ^{Bc}
12,0	10,404 ± 0,766 ^{Ae}	13,306 ± 0,090 ^{Bd}	1,473 ± 0,146 ^{Ad}	0,957 ± 0,032 ^{Bd}

* Cada valor representa a média e o desvio-padrão de três determinações.

Diferença significativa entre linhas para uma mesma propriedade – letras maiúsculas diferentes.

Diferença significativa entre colunas para uma mesma propriedade – letras minúsculas diferentes.

pesquisa. Os mesmos autores destacam ainda que baixo PI pode ser atribuído à presença de lipídeos no amido, que formam um complexo com a amilose. Osundahunsi e Mueller²⁶, pesquisando propriedades de amido de duas variedades de mandioca, encontraram amidos nativos com PI de 21,3 e 29,6 g/g. No entanto, Adebawale et al.²⁷ encontraram para o amido de fruta-pão PI de 6,40 g/g a 80 °C. O PI depende da capacidade de retenção de água das moléculas de amido por pontes de hidrogênio. As pontes de hidrogênio estabilizam as duplas hélices das estruturas cristalinas dos grânulos de amido. Estas são quebradas durante a gelatinização e passam a ter ligações de hidrogênio com a água, sendo o PI regulado pela cristalinidade do amido. Além disso, o grau de ramificação da cadeia amilácea também pode influenciar o grau de inchamento e solubilidade deste amido²⁸.

O tratamento oxidativo no amido do caroço de manga mostrou valores de PI maiores que o nativo em todas as temperaturas, exceto 75 °C. Spier²¹, analisando diversos tratamentos oxidativos em amido de milho, observou que, com valores de carbonila (0,086) e carboxilas (0,075), próximos ao desta pesquisa, sua amostra mostrou PI sempre maior do que o amido nativo. Wang e Wang²⁹ observaram que a oxidação de amido de milho aumentou o poder de inchamento em temperaturas de 85 °C com relação ao nativo. Esses autores relatam que, quando a amilose é preferencialmente hidrolisada, em baixas concentrações de hipoclorito de sódio, o aumento do poder de inchamento nas temperaturas deve-se à despolimerização da amilose, que auxilia no inchamento do amido. No entanto, em maiores concentrações de

oxidante em que a amilopectina é também hidrolisada, o amido perde a habilidade de absorver água, reduzindo o poder de inchamento principalmente em temperaturas extremas, como 95 °C.

A maior solubilidade dos amidos nativo e oxidado foi registrada na temperatura máxima utilizada, mostrando que, à medida que se aumentou a temperatura, elevou-se também esta propriedade dos amidos. Kaur et al.² encontraram valores de solubilidade variando menores a 95 °C em amido extraído de amêndoas de manga.

Quando se realizou a variação do pH, verificou-se que o maior valor de PI foi detectado no pH 12,0 para ambos os amidos. Lawal¹⁶ observou no amido nativo de “new cocoyam” comportamento sempre ascendente de PI, à medida que há aumento de pH, diferente, portanto, do que foi encontrado neste trabalho. A diferença pode ser decorrente de características inerentes ao amido do caroço de manga, visto que o mesmo apresenta um teor mais elevado de lipídeos e proteínas do que as tradicionais fontes amiláceas. Já a solubilidade do amido nativo aumentou com o incremento do pH, resultado que corrobora Olayinka, Adebawale e Olu-Owolab³⁰, que observaram que o amido nativo de sorgo apresentou o mesmo comportamento para essas duas propriedades.

Os valores para capacidade de absorção de água (CAA) e óleo (CAO) estão expostos na Figura 2. Com relação a esses resultados, o amido oxidado apresentou maior CAA (105,97 g ± 4,733 g/100 g), enquanto o amido nativo demonstrou maior capacidade de absorção de óleo (59,78 ± 1,812 g/100 g).

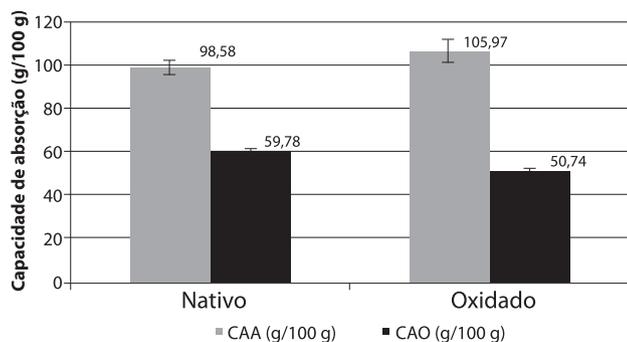


Figura 2. Capacidade de absorção de água (CAA) e óleo (CAO) dos amidos nativo e oxidado da amêndoa do caroço de manga

Kaur et al.² obtiveram valores de CAA de seus amidos nativos bem próximos aos resultados ora encontrados. Torruco-Uco e Betancur-Ancona³¹ encontraram em amido nativo de makal uma CAA de 19,2 g/100 g, resultado inferior ao do amido do caroço de manga. Lawal e Adebowale³² expuseram valores de CAA e CAO do amido nativo de jack bean bem menores do que os encontrados para o amido nativo desta pesquisa, não chegando nenhum dos dois valores a 3 g/100 g. Lawal et al.³³ encontraram maior CAA no amido de milho oxidado do que no nativo (a tendência hidrofílica do amido aumentou), pois, segundo eles, as ligações hemiacetálicas dos grupos carboxílicos nos amidos oxidados permitem maior extensão do inchamento da cadeia amilácea. Adebowale et al.²⁷ afirmam o mesmo com relação ao amido oxidado de fruta-pão. Ambos os resultados concordam com o encontrado nesta pesquisa.

Características das pastas de amido

Na Tabela 3, apresentam-se os gráficos de RVA para os amidos nativo e oxidado desta pesquisa.

Tabela 3. Propriedades de pasta do amido nativo (A) e oxidado (B) da amêndoa do caroço de manga

Parâmetro	Amido nativo	Amido oxidado
Temperatura de pasta (°C)	76,72 ± 0,03 ^A	79,70 ± 0,42 ^B
Pico de viscosidade (cP)	1939 ± 152,74 ^A	3071,50 ± 95,46 ^B
Viscosidade mínima (cP)	809,00 ± 161,22 ^A	1088,50 ± 10,61 ^A
Quebra de viscosidade (cP)	1130,00 ± 8,48 ^A	1983,00 ± 106,06 ^B
Viscosidade final (cP)	1545,00 ± 200,82 ^A	4853,50 ± 48,79 ^B
Tendência para retrogradação (cP)	736,00 ± 39,59 ^A	3765,00 ± 59,39 ^B

* Cada valor representa a média e o desvio-padrão de três determinações.

Valores com letras maiúsculas diferentes em uma mesma linha apresentam diferença significativa.

Pode-se verificar que houve alterações nos perfis viscoamilográficos e nos valores de temperatura de pasta dos amidos nativo e modificado. O amido oxidado demonstrou maiores valores para todos os parâmetros avaliados do que o amido nativo.

Inicialmente, verificou-se que a temperatura de pasta aumentou após a oxidação. Isso indica que o amido passou a apresentar maior resistência à dissociação das pontes de hidrogênio intramoleculares e menor facilidade de expansão do que o amido nativo. O pico de viscosidade é obtido durante o empastamento, quando os grânulos, em sua maioria, estão totalmente inchados, havendo também a presença de alguns grânulos intactos³⁴. A viscosidade máxima (pico de viscosidade) do amido nativo foi de 1939 cP (167,15 RVU) e do oxidado foi de 3.071,46 cP (264,78 RVU).

Espinosa-Solis, Jane e Bello-Perez³⁵ encontraram para o amido nativo da polpa de manga, variedade Tommy Atkins, e de banana valores de pico de viscosidade maiores que o amido nativo desta pesquisa, sendo estes respectivamente 194,1 RVU e 215,8 RVU. Rengsutthi e Charoenrein¹⁸ verificaram para o amido nativo do caroço de jaca pico de viscosidade de 255,58 RVU. El-Saied et al.³⁶ afirmam que a proteína pode atuar como uma barreira física para o intumescimento do amido, uma vez que os grânulos de amido são encaixados na matriz de proteína. Logo, o alto teor de proteína do amido nativo do caroço de manga (5,60 g/100 g) pode justificar a baixa viscosidade de pico comparada a outras fontes amiláceas.

O amido nativo mostrou viscosidade mínima de 809,00 cP (69,74 RVU) e quebra de viscosidade de 1.130 cP (97,41 RVU). Espinosa-Solis, Jane e Bello-Perez³⁵ expuseram tanto para o amido de polpa de manga como para o de banana valores de quebra de viscosidade menores do que os encontrados para o amido nativo deste trabalho, sendo estes 50,2 RVU e 33,5 RVU, respectivamente. Rengsutthi e Charoenrein¹⁸ verificaram para o amido nativo do caroço de jaca viscosidade mínima de 215,92 RVU e quebra de 39,67 RVU, sendo o primeiro valor maior e o segundo menor do que os observados nesta pesquisa. No entanto, Song et al.³⁷, estudando propriedades viscoamilográficas de amido de milho por RVA, obtiveram viscosidade mínima de 1.201 cP e quebra de viscosidade de 3.246 cP, ou seja, apesar da viscosidade mínima do amido analisado pelos autores ter sido um pouco superior à deste estudo, sua quebra de viscosidade foi bem superior à do amido nativo do caroço de manga, demonstrando maior fragilidade deste

amido quando cozido em água em relação ao amido nativo desta pesquisa. Por outro lado, o amido oxidado deste estudo demonstrou uma quebra de viscosidade maior do que o nativo.

Espinosa-Solis, Jane e Bello-Perez³⁵ encontraram ainda para o amido nativo da polpa de manga e de banana valores de viscosidade final maiores que o amido nativo deste estudo. Rengsutthi e Charoenrein¹⁸ verificaram para o amido do caroço de jaca viscosidade final de 364,13 RVU. Logo, um produto elaborado com o amido nativo desta pesquisa será um produto menos viscoso do que os elaborados com os demais.

Espinosa-Solis, Jane e Bello-Perez³⁵ encontraram em seus amidos valores de retrogradação de 95,2 RVU e de 141,7 RVU. Rengsutthi e Charoenrein¹⁸ observaram para o amido do caroço de jaca retrogradação de 148,21 RVU. Esses trabalhos expõem valores maiores do que o obtido para o amido nativo desta pesquisa, o que indica uma boa estabilidade do amido nativo de manga à retrogradação. Segundo Yuan et al.³⁸, maiores valores de setback (tendência a retrogradação) são encontrados para amidos cujos grânulos possuem maior diâmetro (acima de 30 µm), devido à maior fragilidade encontrada em grânulos maiores, o que concorda com os diâmetros dos grânulos observados nesta pesquisa.

Martínez-Bustos et al.³⁹, estudando as propriedades de amidos nativos e oxidados de mandioca, batata e jicama, observaram que os amidos oxidados de mandioca e jicama mostraram maior valor de viscosidade do que seus respectivos amidos nativos, como no caso deste estudo. No entanto, o valor foi menor para o amido de batata. Os referidos autores explicam o aumento de viscosidade afirmando que o incremento do pico de viscosidade sugere que os grânulos de amido oxidado foram mais propensos a inchamento e intumescerem em maior extensão porque as forças de associação entre as moléculas do amido nativo foram enfraquecidas pela repulsão elétrica dos grupos carboxílicos, permitindo, assim, que mais água penetrasse nos grânulos.

CONCLUSÃO

O extrato amiláceo nativo apresentou percentual significativo de amido, mas também apresentou quantidades relevantes de lipídeos e proteínas em sua composição, que foram componentes decisivos para as propriedades funcionais estudadas nesta pesquisa. No entanto, o estudo microscópico dos grãos de amido

nativo, após sua modificação, não mostraram alterações aparentes na forma e tamanho.

O amido nativo revelou baixa resistência a elevação de temperatura, demonstrando um intumescimento máximo a 75 °C, com relevante solubilização a esta temperatura. Quando submetido a um pH 12,0, apresentou maior valor de PI. Este amido caracterizou-se ainda por exibir consideráveis valores de capacidade de absorção de água e óleo, maior transparência de pasta, baixo pico de viscosidade quando comparado a outras fontes amiláceas, interessante resistência a agitação mecânica (quebra) e baixa tendência a retrogradar. Sugere-se sua indicação para compor sopas desidratadas, por apresentar baixa temperatura de formação de gel, e em produtos cárneos, por possuir boa capacidade de reter água.

O amido oxidado demonstrou boa resistência a elevação da temperatura, porém baixa solubilidade em função dessa variável. Quando submetido a pH 12, revelou PI e solubilidades próximos aos encontrados a 95 °C. Apresentou o maior valor para capacidade de absorção de água e o menor de capacidade de absorção de óleo, sendo indicado para produtos de panificação e de fritura (mais crocância). Apresentou ainda o maior valor de pico de viscosidade, resistência a agitação mecânica e temperatura de pasta, porém obteve a maior tendência a retrogradar, não sendo apropriado para fórmulas infantis ou sopas desidratadas. A indústria de conservas poderá utilizar este amido, devido a sua resistência ao aumento da temperatura.

REFERÊNCIAS

1. Puravankara D, Bohgra V, Sharma RS. Effect of antioxidant principles isolated from mango (*Mangifera indica* L.) seed kernels on oxidative stability of buffalo ghee (butter-fat). *J Sci Food Agr*. 2000;80:522-6.
2. Kaur M, Singh N, Sandhu KS, Guraya HS. Physicochemical, morphological, thermal and rheological properties of starches separated from kernels of some Indian mango cultivars (*Mangifera indica* L.). *Food Chem*. 2004;85:131-40.
3. Zein, RE, El-Bagoury AA, Kassab HE. Chemical and nutritional studies on mango seed kernels. *J Agr Sci*. 2005;30:3285-99.
4. Costa JG, Santos CAF. Cultivares. In: *Cultivo da Mangueira. Sistema de Produção II: EMBRAPA Semi-Árido. Versão eletrônica*; 2004. [Acesso 29 nov 2010]. Disponível em: [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/cultivares.htm].
5. Cordenunsi BR. Utilização de novas técnicas de microscopia na caracterização do amido. In: Lajolo, FM; Menezes, EW. *Carboidratos em alimentos regionais ibero-americanos*. São Paulo: Edusp; 2006.

6. Bertolini AC. Starches: Characterization, Properties and Applications. Boca Raton: CRC Press; 2010.
7. Cereda MP, organizador. Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino-americanas. v 3. São Paulo: Fundação Cargill; 2003.
8. Sandhu KS, Kaur M, Singh N, Lim ST. A comparison of native and oxidized normal and waxy corn starches: Physicochemical, thermal, morphological and pasting properties. *J. Food Sci.* 2008;41(6):1000-10.
9. Loos PJ, Hood LF, Graham HD. Isolation and Characterization of Starch from Breadfruit. *Cereal Chem.* 1981;54:282-6.
10. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos: normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. São Paulo; 2008. (versão eletrônica).
11. Forssell P, Hamunen A, Autio K, Suortti T, Poutanen K. Hypochlorite oxidation of barley and potato starch. *Starch/Stärke.* 1995;47:371-7.
12. Parovuori P, Hamunen A, Forssell P, Autio K, Poutanen K. Oxidation of potato starch by hydrogen peroxide. *Starch/Stärke.* 1995;47(1):19-23.
13. Smith, RJ. Characterization and analysis of starches. In: Whistler RL, Paschall EF. *Starch: Chemistry and technology*. New York: Academic Press; 1967.
14. Schoch TJ, Maywald EC. Microscopic examination of modified starches. *Anal Chem.* 1956;28(3):382-7.
15. Leach HW, Mccowen LD, Schoch TJ. Structure of starch granule. I Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.* 1959;36(6):534-44.
16. Lawal OS. Composition, physicochemical properties and retrogradation characteristics of native, oxidized, acetylated and acid-thinned new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch. *Food Chem.* 2004;87:205-218.
17. Beuchat LR. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *J Agr Food Chem.* 1977;25:258-61.
18. Rengsutthi K, Charoenrein S. Physicochemical properties of jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) and its application as a thickener and stabilizer in chilli sauce. *Food Sci Technol.* 2011;44:1309-13.
19. Batista WP, Silva CEM, Liberato MC. Propriedades químicas e de pasta dos amidos de trigo e milho fosforilados. *Ciênc Tecnol Aliment.* 2010;30(1):88-93.
20. Peroni FHG. Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas. [dissertação de mestrado]. São José do Rio Preto (SP): Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; 2003.
21. Spier F. Efeito dos tratamentos alcalino, ácido e oxidativo nas propriedades de amido de milho. [dissertação de mestrado]. Pelotas (RS): Universidade Federal de Pelotas; 2010.
22. Matsuguma LS, Lacerda LG, Schnitzler E, Carvalho Filho MAS, Franco CML, Demiate IM. Characterization of native and oxidized starches of two varieties of Peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza* B) from two areas of Paraná State, Brazil. *Braz Arch Biol Technol.* 2009;52(3):701-13.
23. Sangseethong K, Lertphanichb S, Srirothb K. Physicochemical properties of oxidized cassava starch prepared under various alkalinity levels. *Starch/Stärke.* 2009;61:92-100.
24. Taggart, P. Starch as an ingredient: manufacture and applications. In: Eliasson, AC. *Starch in food: Structure, function and applications*. Boca Raton: CRC Press; 2004.
25. Tongdang, T. Some properties of starch extracted from three Thai aromatic fruit seeds. *Starch/Stärke.* 2008;60:199-207.
26. Osundahunsi OF, Mueller R. Functional and dynamic rheological properties of acetylated starches from two cultivars of cassava. *Starch/Stärke.* 2011;63:3-10.
27. Adebowale KO, Olu-owolabi BI, Olawumi EK, Lawal OS. Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus artilis*) starch. *Ind Crop Prod.* 2005;21:343-51.
28. Anggraini V, Sudarmonowat E, Hartati NS, Suurs L, Visser RGF. Characterization of cassava starch attributes of different genotypes. *Starch/Stärke.* 2009;61:472-81.
29. Wang YJ, Wang L. Physicochemical properties of common and waxy corn starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite. *Carbohydr Polym.* 2003;52(11):207-17.
30. Olayinka OO, Olu-owolabi BI, Adebowale KO. Effect of succinylation on the physicochemical, rheological, thermal and retrogradation properties of red and white sorghum starches. *Food Hydrocolloid.* 2011;25:515-20.
31. Torruco-Uco J, Betancur-Ancona D. Physicochemical and functional properties of makal (*Xanthosoma yucatanensis*) starch. *Food Chem.* 2007;101:1319-26.
32. Lawal OS, Adebowale KO. Physicochemical characteristics and thermal properties of chemically modified jack bean (*Canavalia ensiformes*) starch. *Carbohydr Polym.* 2005;60(3):331-41.
33. Lawal, OS, Adebowale KO, Ogunsanwo BM, Barba LL, Ilo NS. Oxidized and acid thinned starch derivatives of hybrid maize: functional characteristics, wide-angle X-ray diffractometry and thermal properties. *Int J Biol Macromol.* 2005;35:71-79.
34. Thomas DJ, Atwell W. *Practical guides the food industry in starch*. Minnesota: Eagan Press; 1999.
35. Espinosa-Solis V, Jane J, Bello-Perez AL. Physicochemical characteristics of starches from unripe fruits of mango and banana. *Starch/Stärke.* 2009;61:291-9.
36. El-Saied HM, Ahmed EA, Roushdi M, El-Attar W. Gelatinization, pasting characteristics and cooking behavior of Egyptian rice varieties in relation to amylose and protein contents. *Starch/Stärke.* 1979;31(8):270-4.
37. Song X, Zhu W, Li Z, Zhu J. Characteristics and application of octenyl succinic anhydride modified waxy corn starch in sausage. *Starch/Stärke.* 2010;62:629-36.
38. Yuan Y, Zhang L, Dai Y, Yu J. Physicochemical properties of starch obtained from *Dioscorea nipponica* Makino comparison with others tubers starch. *J Food Eng.* 2007;82:436-42.
39. Martínez-Bustos F, Amaya-Llano SL, Carbajal-Arteaga JA, Chang YK, Zazueta-Morales JJ. Physicochemical properties of cassava, potato and jicama starches oxidized with organic acids. *J Sci Food Agric.* 2007;87:1207-14.