



Artigo Original

AVALIAÇÃO COLORIMÉTRICA E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA POR MICROSCOPIA ÓPTICA DE ALTA RESOLUÇÃO DAS FARINHAS DOS FRUTOS DO JATOBÁ, JAMBOLÃO E SIRIGUELA

Antônio Carlos Pereira de Menezes Filho^{1*}, Josemar Gonçalves de Oliveira Filho¹, Giovani Ozanski Deminski¹, Andressa Pereira Jesus¹, Matheus Silva Borba de Andrade¹, Carlos Frederico de Souza Castro¹

¹ Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde. Rodovia Sul Goiana, km 1, s/n, CEP 75.901-970, Rio Verde, GO, Brasil.

*Autor para correspondência. E-mail: astronomoamadorgoias@gmail.com

INFO ARTICLE

Histórico do artigo
Recebido: 29 de janeiro de 2018
Aceito: 17 de maio de 2018

Palavras-chaves:

Cor,
Amido,
Estrutura,
Farináceos

RESUMO

O Brasil encontra-se em posição privilegiada no planeta, apresentando características ambientais importantes na produção de frutos. Visto isso, este trabalho teve como objetivo avaliar cor e morfologia estrutural por microscopia óptica de alta resolução das farinhas a partir dos frutos, do jatobá, jambolão e siriguela. Realizou-se análise reológica por colorimetria e microscopia óptica de alta resolução para características morfológicas das farinhas produzidas. As farinhas dos frutos do jatobá, jambolão e siriguela são classificadas como farinhas do grupo seca, e subgrupo finas. As cores variaram significativamente, as farinhas da casca e arilo dos frutos do jatobá e casca e polpa dos frutos de siriguela apresentaram maior luminosidade, para croma (a^*) as farinhas da casca e arilo dos frutos do jatobá apresentaram maior tendência ao verde, mesmo apresentando reduzido croma ($+a^*$) e (b^*) as farinhas do arilo e casca dos frutos do jatobá e siriguela obtiveram melhor croma ($+b^*$) tendendo ao amarelo. As quatro farinhas apresentaram quantitativamente grandes quantidades de particulado fibroso, e para grânulos de amido, as farinhas da casca e arilo dos frutos do jatobá e casca e polpa dos frutos de siriguela apresentaram maior volume. Quanto ao diâmetro maior e menor dos grânulos de amido, as farinhas da casca e do arilo dos frutos do jatobá apresentaram respectivamente os melhores resultados. Todas as farinhas apresentaram boas características como, cor, fibras e quantitativos de grânulos de amido podendo serem utilizadas como matéria-prima em formulações mistas para a indústria alimentícia, agregando valor aos subprodutos a partir das farinhas dos frutos estudados.

1. Introdução

O Brasil possui posição privilegiada no planeta, devido ao seu clima tropical, altos índices pluviométricos e quantidade necessária de luminosidade solar, que são fatores desejáveis no cultivo de frutos típicos endêmicos ou exóticos, sendo o terceiro maior produtor mundial de frutos com produção anual entorno de 39 milhões de toneladas. O jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart. ex Hayne) é uma das espécies pertencentes a família Leguminosae nativa do Cerrado brasileiro. A siriguela (*Spondia purpurea* L.) da família Anacardiaceae, é uma das espécies nativas da América Central e Sul do México e o jambolão (*Syzygium cumini* (L.) Skeells) da família Mirtaceae nativa da Índia oriental, que foram introduzidas no Brasil e que se adaptaram bem ao clima do Cerrado, onde anualmente produzem grandes volumes de frutos que são desprezados naturalmente (MUÑOZ-LÓPEZ et

al., 2018; LAGO; GOMES; SILVA, 2006, LOGUERCIO *et al.*, 2005, MORTON, 1987).

O estudo de novos biocompostos tecnológicos desenvolvidos a partir de resíduos de frutos, vem ganhando destaque mundial devido as suas características químicas, tecnológicas, morfológicas e nutricionais. O campo da Ciência dos Alimentos está repleto de novos produtos que a cada ano vem conquistando cada vez mais consumidores exigentes pela aparência e paladar, dos mais variados gostos, que procuram por alimentos mais saudáveis e ricos em nutrientes para 287 suplementação da sua dieta e manutenção da saúde (OLIVEIRA; AGUIAR; SOUZA, 2016).

As farinhas a base das cascas e polpas de frutos, são produtos tecnológicos desenvolvidos para uso na panificação, confeitaria e como aditivos na produção de alimentos industrializados, devido as suas características funcionais

tecnológicas, reológicas e morfoestruturais que supram as necessidades da demanda alimentícia além de possuírem quantidades consideráveis de fibras, compostos fenólicos e flavonoides (KIM; GIRAUD; DRISKELL, 2007).

O desenvolvimento de novos compósitos farináceos como alternativa para minimizar as perdas de matéria-prima de origem vegetal bem como possuindo impacto positivo na economia com a geração de novas vagas de trabalho principalmente para comunidades locais e conciliando a preservação do meio ambiente com o processo de manejo agrícola sustentável (SILVEIRA *et al.*, 2016).

O estudo das características colorimétricas e morfoestruturais microscópicas, permitem que se avalie características qualitativas importantes ao se optar pela farinha no uso como substituto da farinha convencional de trigo e ou como farinha mista utilizada na indústria de panificação e confeitaria, por exemplo na elaboração de pães mistos a base de farinha de frutos, bolos, cookies e bolachas que possuem alto poder atrativo na escolha pelo consumidor de qualquer faixa etária, bem como, longa vida de prateleira permitindo que sejam produzidos em grande quantidade e larga distribuição (SANTOS *et al.*, 2011).

A colorimetria constitui um aspecto de importante qualidade na padronização de produtos farináceos visto que avalia o brilho ou luminosidade (L^*) podendo variar do 0 (totalmente preto) a 100 (totalmente branco), bem como o matiz (cromaticidade) (a^*) definido através da variação entre o verde (-60) e o vermelho (+60) e para (b^*) variando entre o azul (-60) ao amarelo (+60) (FERNANDES *et al.*, 2010).

Outro importante aspecto é a caracterização morfoestrutural como grãos de amido e fibras presentes na farinha, estes constituintes estão estreitamente ligados aos processos térmicos e mecânicos, visto que as interações destes fatores bem como os meios físico-químicos, estruturais e ambientais influenciam em suas propriedades de textura observados em muitos alimentos e na indústria como espessante, estabilizante, geleificante e agente retentor de água e viscosidade (MENDES; BORA; RIBEIRO, 2012). A caracterização morfológica da estrutura farinácea tem grande importância permitindo que se possa desenvolver também biocompósitos como coberturas comestíveis e filmes biodegradáveis a base de amido, possibilitando avaliar aspectos microestruturais como tamanho, forma e danos estruturais como, fraturas superficiais agregando má qualidade ao produto final (NAVIA; VILLADA; TORRES, 2010).

Este estudo teve como objetivo avaliar a cor instrumental (L^* , a^* , b^*) e caracterizar a morfologia estrutural por microscopia óptica de alta resolução em farinhas produzidas a partir dos resíduos de frutos do jatobá-do cerrado, jambolão e siriguela.

2. Material e métodos

2.1. Obtenção dos Frutos

Os frutos foram cedidos e colhidos em duas unidades rurais, fornecidos por produtores agrícolas, dos municípios de Rio Verde, GO e Montividiu, GO, no período compreendido entre outubro de 2017 a janeiro de 2018. Os frutos foram levados ao Laboratório de Química Tecnológica – QUITEC, no Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, GO, sendo dispostos em bandejas com solução de água clorada (1:1), por 15 minutos e logo após, lavados em água corrente e deixados para secagem sob folhas de papel absorvente em bancada plana.

2.2. Processo de obtenção das farinhas dos frutos do jatobá

Os frutos do jatobá, foram fraturados utilizado martelo após assepsia, com álcool 70% (v/v) para expor o arilo. As cascas após primeiro fraturamento foram novamente fraturadas em pequenos seixos de 1 cm, e as sementes foram retiradas dos arilos utilizando um ralador manual após

processo de assepsia. As sementes foram descartadas. Os fragmentos das cascas e a pré-farinha dos arilos, foram dispostas em bandejas de Polietileno de Alta Densidade – PEAD, onde foram levadas para estufa com circulação e renovação de ar à 45 °C por 12 horas, e moídas em moinho de facas tipo ciclone com peneira 32 mesh, produzindo as farinhas “finas” designadas por FCFJ e FAFJ, (Farinha Casca Fruto Jatobá e Farinha Arilo Fruto Jatobá). As farinhas foram armazenadas em embalagens plásticas de polietileno e armazenadas sob refrigeração a -8 °C até as análises.

2.3. Processo de obtenção das farinhas dos frutos do jambolão e siriguela

Para os frutos do jambolão e siriguela foi utilizado despoldadeira semi-industrial, onde foram separadas a casca, polpa e a semente, esta última sendo desprezada. Logo após, (casca e polpa) foram processadas juntas em processador de alimentos doméstico por 3 minutos, formando uma massa homogênea. As massas produzidas foram dispostas em formas de Polietileno de Alta Densidade – PEAD, formando uma fina camada, onde foram levadas para estufa com circulação e renovação de ar forçada à 50 °C por 26 horas. Após esse tempo, as massas foram moídas em moinho de facas tipo ciclone com peneira 32 mesh, produzindo farinhas de granulometria “finas” que foram chamadas de FCPJ e FCPS, (Farinha Casca Polpa Jambolão e Farinha Casca Polpa Siriguela) e armazenadas em embalagens plásticas de polietileno sob refrigeração a -8 °C até análises.

2.4. Análises reológica e morfoestrutural

A cor para cada farinha foi determinada através de um colorímetro de bancada HunterLab, modelo ColorFlex EZ, obtendo-se os valores de L^* , a^* e b^* . Onde (L) representa a luminosidade ou brilho (branco/preto) (L^*); (a) define a cromaticidade de transição da cor verde (- a^*) para a cor vermelha (+ a^*) e (b) representa a cromaticidade da cor azul (- b^*) e para cor amarela (+ b^*). As medidas foram realizadas em quintuplicata, obtendo-se os valores médios para L^* , a^* , b^* através do sistema CIELAB (L^* , a^* , b^*) proposto por Silva; Abe; Santos (2013).

A caracterização morfoestrutural dos grânulos de amido nativo, oxidado e fibras foram analisadas por microscopia óptica de alta resolução em campo claro utilizando microscópio Olympus, modelo BX61 (Japan), câmera Olympus DP73, U-RFL-T e BX – UCB Olympus CCD. Inicialmente as lâminas e lamínulas (novas) foram desengorduradas em uma solução de álcool etílico 95% por 10 minutos e lavadas com água destilada e deixadas para secagem sob folhas de papel absorvente em bancada plana. Logo após, foram pesadas 100 mg de cada farinha em béqueres, e acrescentados 5 mL de solução de albumina de ovo e água destilada (1:1), as amostras foram homogeneizadas em tubos de ensaio utilizando um agitador mecânico tipo Vortex por 1 minuto. Para cada farinha/corante, foram montadas 3 lâminas.

Cada lâmina recebeu 1 mL de solução, onde foi feito um estendido (esfregação) com outra lâmina (extensora) sob um ângulo de 45°, em um único sentido onde foram deixadas para secagem em suportes horizontais à temperatura ambiente de 25 °C \pm 2 °C, 1 mL dos respectivos corantes (Lugol/Azul de Toluidina) foram aplicados e o material foi coberto com lamínula, tomando o cuidado para que não houvesse formação de bolhas de ar.

A solução de lugol 5% foi utilizada para evidenciar a presença de amido e empregada para avaliação dos parâmetros de menor e maior diâmetro, sendo avaliados para cada lâmina, 200 grânulos de amido conforme metodologia descrita por Mendes; Bora; Ribeiro (2012), Schoch e Maywald (1956) modificado, em aumentos de 10, 20 e 40x. Os resultados foram expressos em micrômetros (μ m).

Para diferenciação de amido e fibra foi utilizado solução de Azul de Toluidina 0,1% conforme proposto por Navia; Villada; Torres (2010), Yonemoto; Calori-Domingues; Franco (2007) com modificações, e observadas sobre aumentos de 10, 20 e 40x.

Para coloração diferencial dos amidos nativos e amidos oxidados naturalmente, seguiu-se metodologia proposta por Silva *et al.* (2008), Snyder, (1984), Christianson *et al.* (1969) com modificações. Foi empregado para contraste diferencial solução do corante azul de metileno 0,1 %, onde cerca de 0,15 g de cada farinha foi suspensa em 10 mL desta solução, mantidas sob agitação por 10 minutos em mesa agitadora orbital à 170 rpm. Logo após as amostras foram lavadas exaustivamente com água destilada e recuperadas sob centrifugação a 2850 rpm por 5 minutos. A massa (corpo de fundo) foi estendida sob placas de Petri e secas em estufa com circulação e renovação de ar forçada à 45 °C por 24 horas. Para cada farinha, foram confeccionadas 3 lâminas contendo 0,05 g, onde foram homogeneizadas em 2 mL de solução de glicerina e água (1:1) e cobertas com lamínula, foram utilizados aumentos de 10, 20 e 40x.

Todas as micrografias foram selecionadas pelo Software CellSens Standard e processadas em Software ImageJ - Platform for Scientific Image Analysis, para os parâmetros qualitativos e quantitativos morfoestruturais microscópicos.

2.5. Tratamento dos dados

Os resultados obtidos para colorimetria em quintuplicata foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA) e as médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando Software Assisat (Versão 7.7 2018).

3. Resultados e discussão

A luminosidade ou brilho (L*) é o atributo de cores em uma superfície plana, que varia desde o preto (0) ao branco (100), a saturação é também chamada de Chroma (a* e b*), possuindo intensidades variadas do verde (-a*) ao vermelho (+a*), azul (-b*) ao amarelo (+b*), sendo estas particularidades para cada composto farináceo. A cor possui fator impactante na qualidade e apreciação pelo consumidor que muitas das vezes preferem produtos farináceos de coloração com maior intensidade de brilho, bem como a presença de cores do amarelo ao branco.





A tabela 1, representa os valores da escala CIELAB (L*, a*, b*) adotada para as farinhas de frutos, do jatobá, jambolão e siriguela.

Todas as farinhas apresentaram diferença significativa entre elas, para L* variando entre (33,85 a 83,83), a* (0,84 a 11,55) e b* (4,69 a 25,60).

Para FAFJ obteve maior intensidade de brilho (L*), croma (a*) maior tendência ao azul e croma (b*) com maior intensidade a cor amarela, comparada às outras farinhas, e para menor intensidade luminosa (L*) na FCPJ com consequente maior croma (a*) para vermelho e menor resultado para (b*). Pode-se observar nas quatro amostras que a redução de L* e b*, a cromaticidade de a* aumenta.

Clerici *et al.*, (2011), avaliando as características físicas, químicas e tecnológicas de frutos da lobeira “fruto-do-lobo” (*Solanum lycocarpum* A. St. - Hill) obteve para L* (66,61) e para a* e b* sendo avaliados por C* que é a somatória de a*² e b*² (19,58), apresentando uma farinha de coloração mais escura (amarelo-verde).

Jambolão (FCPJ) e Casca e Polpa Siriguela (FCPS).

Farinhas	Cor			Fotografias
	L*	a*	b*	
FCFJ	74,59± 0,05 ^d	4,47±0,0 1 ^c	16,95±0, 01 ^c	
FAFJ	83,83± 0,01 ^a	0,84±0,0 1 ^d	25,60±0, 01 ^a	
FCPJ	33,85± 0,01 ^b	11,55±0, 01 ^a	4,69±0,0 2 ^d	
FCPS	33,95± 0,01 ^c	9,72±0,0 2 ^b	18,54±0, 03 ^b	

L*- luminosidade ou brilho, a* cromaticidade (verde/vermelho), b* cromaticidade (azul/amarelo). Todos os resultados foram realizados em quintuplicata e expressos ± desvio padrão. Os valores médios por coluna seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Estudo desenvolvido por Aziz *et al.* (2012) avaliando processamento da produção de farinhas em dois estágios de maturação (verde e madura) de (*Mangifera indica* var. Chokana) encontraram para L* nos tratamentos WF e GPpF onde obtiveram índices superiores de luminosidade, (95,37 e 83,43) que nos demais tratamentos, para GPpF e GPuF manga verde, obtiveram cromaticidade (-a*) com tendência ao verde com valores entre (-10,76 e -3,32) respectivamente.

Quando comparadas as farinhas dos frutos maduros, dos seguintes tratamentos, RPuF e RPeF obtiveram croma (+a*) de (10,68 e 4,63) e apresentaram também coloração amarela mais intensa (+b*) (39,22 e 34,46) e quando comparadas as quatro amostras deste estudo, os resultados obtidos foram superiores, até mesmo para FAFJ que visivelmente possui forte coloração amarelada ao olho nu.

Um dos fatores de maior importância quando se avalia cor aparente, é a temperatura de secagem ou mesmo o processo de torrefação das farinhas que influencia consideravelmente nas condições de avaliação (L*, a*, b*) (DIAS & LEONEL, 2006). Gama *et al.* (2010), Sousa *et al.* (2003) complementam sobre os efeitos negativos da temperatura de secagem, que favorecem para o escurecimento, perda de características tecnológicas, compostos de cores como carotenoides e clorofilas, bem como escurecimento enzimático, reação de Maillard e a caramelização dos grânulos.

Estudos realizados por Carli (2017), verificando cor em 13 farinhas de frutos comerciais, obteve diferenças significativas para luminosidade em 10 amostras, bem como para croma (a*) apresentando resultados positivos em todas as amostras e em especial a farinha de açaí que obteve resultado de a* (18,50) relativamente próximo ao observado em FCPJ (11,55), possuindo maior intensidade de vermelho em suas composições. Ainda avaliando a cromaticidade b* a autora obteve maior tendência ao amarelo na farinha de laranja b* (36,29) e menor valor analisado para as farinhas de uva (5,3) e açaí (6,79), neste estudo a FAFJ obteve maior b* (25,60) e menor intensidade para FCPJ (4,69).

Lunardi; Pereira; Rosa (2016) avaliando farinha processada e comercial de amora-preta encontrou maior intensidade luminosa L* para farinha comercial (17,1) e menor brilho para farinha processada (9,8), onde também obteve croma a* (36,1) para cor vermelha intensa e croma b* (16,0) para cor amarela próximo ao obtido neste estudo para FCFJ.

Ao se avaliar diferentes temperaturas de secagem em farinhas de tubérculos de yacon, Souza (2013) obteve resultados de intensidade luminosa entre 52,27 a 66,12 valores inferiores aos obtidos em FAFJ e FCFJ (84,83 e 74,59), inferiores aos obtidos em FCPJ e FCPS (33,85 e 33,95) respectivamente, avaliando-se ainda, o croma a* foi possível verificar valores entre 8,03 a 9,56 superiores aos observados em FAFJ e FCFJ e inferior para FCPS e FCPJ, e para b* 25,85 a

Tabela 1. Colorimetria, CIELAB (L*, a*, b*), em farinhas dos frutos, Casca Fruto Jatobá (FCFJ), Arilo Fruto Jatobá (FAFJ), Casca e Polpa

33,13, superiores aos encontrados neste estudo. Muñoz-López *et al.* (2018) avaliou farinhas de siriguela mexicana em várias temperaturas, e quando comparadas a este estudo utilizando mesma faixa de temperatura 50 °C, obteve para L* (13,26), a* (10,13) e b* (4,42) sendo uma farinha mais escura quando comparada a FCPS deste estudo.

Estudo desenvolvido por Abdel-Aal e Hucl (1999) avaliando farinhas em três variedades de trigo, obtiveram médias para intensidade luminosa L* entre 87,7 a 89,6, a* -1,1 a 0,3 e para b* 4,9 a 10,4, quando comparados, podemos verificar que as três farinhas de trigo possuem maior luminosidade aos obtidos para as quatro farinhas neste estudo. Isto se deve a coloração branca não observada em nenhuma das amostras deste estudo, onde o mesmo é observado também para (a*) sendo farinhas com alta tendência a cor verde e para (b*), podemos afirmar que dentre as quatro farinhas, três possuem maior tonalidade ao amarelo FAFJ, FCPS e FCFJ (25,60, 18,54 e 16,95) respectivamente.

Na figura 1, estão apresentadas as micrografias de campo claro de alta resolução das farinhas sem tratamento (corantes). Onde pode-se observar a despigmentação natural da FCFJ e discreta em FAFJ, e já intensa coloração em FCPJ e FCPS, possivelmente devido aos pigmentos clorofilados e carotenoides das polpas e cascas. Na FCFJ e FAFJ as fibras estão pouco coradas devido o processo de secagem artificial que de acordo com Celestino (2010) gera mudanças químicas devido ao aquecimento, afetando a qualidade do produto bem como teores nutricionais, vitaminas, cor, flavor e textura. Em FCPJ e FCPS a presença de altos teores de pigmentos naturais, não foram afetadas a nível visual devido a coloração intensa que as cascas e polpas possuem de coloração roxo-violácea, laranja e vermelho, Ascheri; Ascheri; Carvalho (2006) avaliando o bagaço fresco e fermentado de jabuticaba apresentou alterações de coloração do roxo-escuro ao vermelho, possivelmente devido aos compostos naturais como carotenoides (betacaroteno e licopeno), antocianinas, clorofilas (a e b).

Na figura 2, pode-se observar através de coloração por lugol 5%, azul de toluidina e azul de metileno, grânulos de amido por diferenciação das fibras. Os grânulos de amido são homopolissacarídeos sendo produzidos pelas plantas como forma de armazenamento dos produtos do metabolismo fotossintético, sendo constituído por dois polissacarídeos de cadeias estruturais diferentes, a amilose e a amilopectina. A amilose não possui ramificações na cadeia carbônica, assumindo conformação helicoidal com ligações do tipo α -1-4 entre carbonos da unidade glicosídica. Já a amilopectina apresenta estrutura ramificada com ligações α -1-4 com união entre duas cadeias com ligações do tipo α -1-6. A intensificação da coloração azul pelo iodo ocorre internamente nas cadeias lineares da amilose (DENARDIN & SILVA, 2009; ELIASSON, 2004).

Grânulos de amido oxidados (por processos naturais ou induzidos) possuem carga aniônica, sendo observado pela intensa absorção do azul de metileno, nas quatro amostras de farinhas não foi observado este processo, as amostras possuem apenas amido nativo que apresentam características trocadoras iônicas com fraco potencial ácido não corando com intensidade ao azul de metileno (SILVA *et al.*, 2008; OOSTEN, 1990).

Segundo Denardin; Silva (2009); Tester; Karkalas; Qi (2004), os grânulos de amido possuem características diferentes para cada tipo botânico, como forma, (redondo, oval e poliédrico), apresentar tamanhos de partículas entre 2 a 100 μ m e distribuição de partículas (unimodal, bimodal ou trimodal), os autores ainda citam, que a distribuição na maioria das farinhas produzidas a partir de grãos de cereais apresentam partículas bimodais sendo compostos por grânulos grandes entre 10 a 35 μ m, grânulos A também

chamados de lenticulares, grânulos de pequena ordem entre 1 a 10 μ m e esféricos denominados por grânulos B.

Neste estudo, foi utilizado azul de toluidina (AT) como corante diferenciador de fibra e amido e azul de metileno (AM) diferenciador de amido nativo e oxidado, onde se pode observar formas amorfas de fibras longitudinais alargadas, figura 2 (F, J e L) e amorfas não alargadas figura 2 (E, G, H, I, J e K) intensamente coradas com AT e AM, para as quatro amostras de farinhas, resultados iguais foram obtidos por Navia; Villada; Torres (2010), trabalhando com farinha de yuca nativa. Ainda de acordo com os colaboradores, o conteúdo de fibras é maior que o volume de grânulos de amido.

Clemente *et al.* (2012) avaliando características da farinha dos resíduos de processamento de laranja obteve considerada quantidade de fibras. Capella; Pendeado; Balbi (2009), estudando sementes do pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), também obtiveram farinhas com grande quantidade de fibras.

As fibras auxiliam na consistência do alimento e na formação de bolo fecal firme, sendo uma qualidade observada para a dieta alimentar. Corradini *et al.* (2008), avaliou através de microscopia, reforço de fibras de sisal em compostos biodegradáveis de amido/glúten de milho/glicerol em diferentes teores, onde apresentou tamanhos diferentes e distribuição das fibras de forma aleatória.

Estudos feitos por Silva *et al.* (2008), obteve apenas coloração intensa com azul de metileno em grânulos de amido de batata nativa devido a grupos fosfato na fécula, ao contrário deste estudo, os amidos nativos das quatro farinhas neste estudo não apresentaram coloração intensa e discreta, e sim intensa coloração para particulado fibroso que possivelmente pode conter grupamentos fosfatos dos ácidos nucléicos (DNA e RNA) ou de acordo com Takizawa *et al.* (2004) discute sobre grânulos de amido modificado possuírem grupos carboxila aniônicos naturais das proteínas ou mesmo pelo diferencial de cargas eletrostáticas entre a molécula do azul de metileno e a área superficial do particulado fibroso que mostra-se intenso como observados nas micrografias (I, J e L) (ROSS; REITH; ROMRELL, 1993).

Na figura 3, observa-se formas granulares heterogêneas em amostras de farinhas do arilo do fruto do jatobá e da casca e polpa do fruto da siriguela após reação com lugol 5%, pode-se observar que devido a reação iodo/amido torna mais intenso a coloração quando comparada as fibras que absorvem o iodo em menor intensidade. Na micrografia de FAFJ, (*) pode ser observada uma célula contendo grande quantidade de grânulos de amido, comparada as demais farinhas. De acordo com Botelho *et al.* (2000) o arilo é uma estrutura farinácea-fibrosa apresentando considerado teor de amido nativo.

Na Figura 4, estão alguns grânulos de amido (setas) de diferentes características morfológicas, com formato alongado e semiesféricos e com superfície plana. Perpétuo *et al.* (2014) encontrou características semelhantes em amido isolado de frutos do abacateiro (*Persea americana*) aos observados neste estudo. Lacerda *et al.* (2014) avaliando propriedades térmicas, estruturais e reológicas do amido das sementes de abacate (*Persea americana* Miller) obteve resultados comparáveis a este estudo. Análise morfológica de grãos de amido de milho avaliados por Weber; Collares 290 Queiroz; Chang (2009) apresentaram alta proporção de grânulos angulares e em menor quantidade grânulos com característica arredondada.

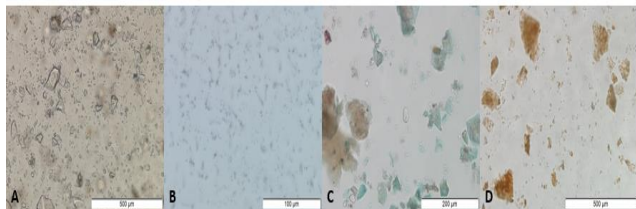


Figura 1. Micrografias das farinhas, (A) FCF, (B) FAF, (C) FCPJ e (D) FCPS, exibindo grande quantidade de fragmentos de fibras sem tratamento (corante).

Na figura 2, pode-se observar através de coloração por lugol 5%, azul de toluidina e azul de metileno, grânulos de amido por diferenciação das fibras. Os grânulos de amido são homopolissacarídeos sendo produzidos pelas plantas como forma de armazenamento dos produtos do metabolismo fotossintético, sendo constituído por dois polissacarídeos de cadeias estruturais diferentes, a amilose e a amilopectina. A amilose não possui ramificações na cadeia carbônica, assumindo conformação helicoidal com ligações do tipo α -1-4 entre carbonos da unidade glicosídica. Já a amilopectina apresenta estrutura ramificada com ligações α -1-4 com união entre duas cadeias com ligações do tipo α -1-6. A intensificação da coloração azul pelo iodo ocorre internamente nas cadeias lineares da amilose (DENARDIN & SILVA, 2009; ELIASSON, 2004).

Grânulos de amido oxidados (por processos naturais ou induzidos) possuem carga aniônica, sendo observado pela intensa absorção do azul de metileno, nas quatro amostras de farinhas não foi observado este processo, as amostras possuem apenas amido nativo que apresentam características trocadoras iônicas com fraco potencial ácido não corando com intensidade ao azul de metileno (SILVA *et al.*, 2008; OOSTEN, 1990).

Segundo Denardin; Silva (2009); Tester; Karkalas; Qi (2004), os grânulos de amido possuem características diferentes para cada tipo botânico, como forma, (redondo, oval e poliédrico), apresentar tamanhos de partículas entre 2 a 100 μ m e distribuição de partículas (unimodal, bimodal ou trimodal), os autores ainda citam, que a distribuição na maioria das farinhas produzidas a partir de grãos de cereais apresentam partículas bimodais sendo compostos por grânulos grandes entre 10 a 35 μ m, grânulos A também chamados de lenticulares, grânulos de pequena ordem entre 1 a 10 μ m e esféricos denominados por grânulos B.

Neste estudo, foi utilizado azul de toluidina (AT) como corante diferenciador de fibra e amido e azul de metileno (AM) diferenciador de amido nativo e oxidado, onde se pode observar formas amorfas de fibras longitudinais alargadas, figura 2 (F, J e L) e amorfas não alargadas figura 2 (E, G, H, I, J e K) intensamente coradas com AT e AM, para as quatro amostras de farinhas, resultados iguais foram obtidos por Navia; Villada; Torres (2010), trabalhando com farinha de yuca nativa. Ainda de acordo com os colaboradores, o conteúdo de fibras é maior que o volume de grânulos de amido. Clemente *et al.* (2012) avaliando características da farinha dos resíduos de processamento de laranja obteve considerada quantidade de fibras. Capella; Pendeado; Balbi (2009), estudando sementes do pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), também obtiveram farinhas com grande quantidade de fibras.

As fibras auxiliam na consistência do alimento e na formação de bolo fecal firme, sendo uma qualidade observada para a dieta alimentar. Corradini *et al.* (2008), avaliou através de microscopia, reforço de fibras de sisal em compostos biodegradáveis de amido/glúten de milho/glicerol em diferentes teores, onde apresentou tamanhos diferentes e distribuição das fibras de forma aleatória.

Estudos feitos por Silva *et al.* (2008), obteve apenas coloração intensa com azul de metileno em grânulos de amido de batata nativa devido a grupos fosfato na fécula, ao contrário deste estudo, os amidos nativos das quatro farinhas neste estudo não apresentaram coloração intensa e discreta, e sim intensa coloração para particulado fibroso que possivelmente pode conter grupamentos fosfatos dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) ou de acordo com Takizawa *et al.* (2004) discute sobre grânulos de amido modificado possuírem grupos carboxila aniônicos naturais das proteínas ou mesmo pelo diferencial de cargas eletrostáticas entre a molécula do azul de metileno e a área superficial do particulado fibroso que mostra-se intenso como observados nas micrografias (I, J e L) (ROSS; REITH; ROMRELL, 1993).

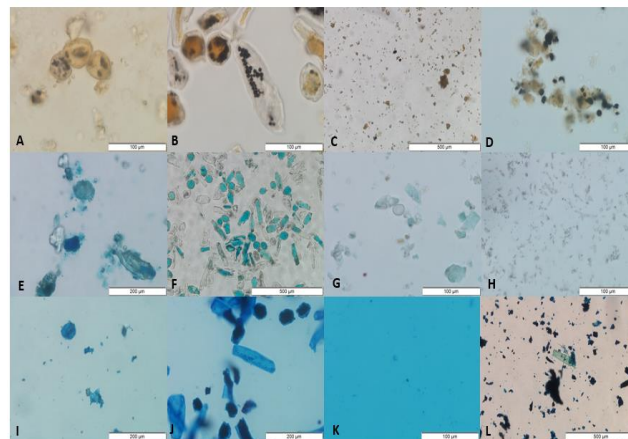


Figura 2. Reação pelo lugol 5% em FAFJ, FAF, FCPJ e FCPS (A, B, C e D) evidenciando a presença de grânulos de amido em diferentes diâmetros, tamanhos e volumes. Para coloração com azul de toluidina 1% (E, F, G e H), contrastando a coloração das fibras bruta e para diferenciação com azul de metileno (I, J, K e L) pode-se observar coloração intensa das fibras e coloração fraca ou inexistente em grânulos de amido, respectivamente.

Na figura 3, observa-se formas granulares heterogêneas em amostras de farinhas do arilo do fruto do jatobá e da casca e polpa do fruto da siriguela após reação com lugol 5%, pode-se observar que devido a reação iodo/amido torna mais intenso a coloração quando comparada as fibras que absorvem o iodo em menor intensidade. Na micrografia de FAFJ, (*) pode ser observada uma célula contendo grande quantidade de grânulos de amido, comparada as demais farinhas. De acordo com Botelho *et al.* (2000) o arilo é uma estrutura farinácea-fibrosa apresentando considerado teor de amido nativo.

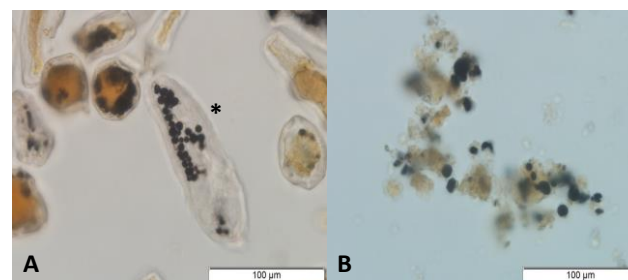


Figura 3. Amostras da FAFJ e FCPS após reação com lugol 5%, mostrando grânulos de amido corados intensamente. * célula vegetal apresentando grande volume de grânulos de amido.

Na Figura 4, estão alguns grânulos de amido (setas) de diferentes características morfológicas, com formato alongado e semiesféricos e com superfície plana. Perpétuo *et al.* (2014) encontrou características semelhantes em amido isolado de frutos do abacateiro (*Persea americana*) aos observados neste estudo. Lacerda *et al.* (2014) avaliando propriedades térmicas, estruturais e reológicas do amido das

sementes de abacate (*Persea americana* Miller) obteve resultados comparáveis a este estudo. Análise morfológica de grãos de amido de milho avaliados por Weber; Collares-Queiroz; Chang (2009) apresentaram alta proporção de grânulos angulares e em menor quantidade grânulos com característica arredondada.

O diâmetro médio dos grânulos grandes e pequenos de amido das quatro farinhas FCFJ, FAFJ, FCPJ e FCPS foram avaliados obtendo valores médios de 16,4a, 10,7b, 12,2b, 11,9b e 16,1a, 10,6b, 11,8b, 11,1b μm respectivamente. Pode-se observar que houve dois grupos que diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), valores próximos foram verificados por Rocha; Demiate; Franco (2008) avaliando características estruturais de amidos de mandioca (*Arracacia xanthorrhiza*) ASA e AC iguais a 14,7a e 11,0b μm e Weber; Collares-Queiroz; Chang (2009), encontrou para amido de milho entre 4 a 25 μm . Yonemoto; Calori-Domingues; Franco (2007), obteve tamanhos médios de grânulos grandes e pequenos entre 19,4 a 22,4 e 5,2 a 6,4 μm em amido de trigo. Leonel; Sarmento; Ferrari (2005), avaliando gengibre (*Zingiber officinale*) de qualidade inferior, obteve para diâmetro maior entre 9,6 a 26,4 e diâmetro menor 7,7 a 24,9 μm e média de 14,5 μm .

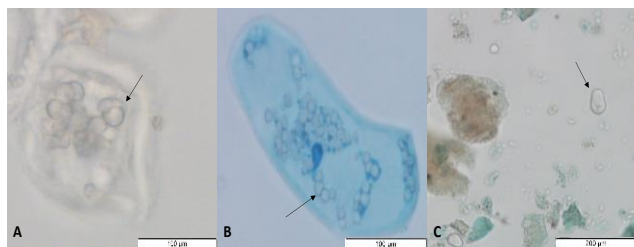


Figura 4. Grânulos de amido (seta), (A) FAFJ sem corante, aumento 400x, (B) FAFJ azul de metileno, aumento 400x e (C) FCPJ sem corante em aumento de 200x.

4. Conclusão

A colorimetria é uma das características reológicas de avaliação para farinhas possibilitando verificar variações significativas quanto as suas cores fator importante que agrega valor ao produto.

As farinhas da casca e arilo dos frutos do jatobá e da casca e polpa dos frutos do jambolão e siriguela são classificadas como farinhas do grupo seca, e subgrupo finas, de acordo com a legislação brasileira.

As cores das farinhas variaram significativamente, sendo a casca e arilo dos frutos do jatobá e siriguela farinhas consideradas mais brancas e da casca e polpa do jambolão com significativa redução de brilho. Para croma (a^*) verde/vermelho, as farinhas do arilo e casca dos frutos do jatobá obtiveram melhor tendência mesmo apresentando reduzida cromaticidade ($+a^*$) e quando comparadas as farinhas de jambolão e siriguela com forte tendência ao vermelho ($+a^*$) e para croma (b^*) as farinhas do arilo e casca dos frutos do jatobá e siriguela obtiveram melhor croma ($+b^*$) tendendo ao amarelo.

As quatro farinhas apresentam quantidades significativas de particulados fibrosos observados com o uso de corantes, os resultados de coloração por azul de toluidina apresentaram melhor visualização comparados ao azul de metileno que corou intensamente e apresentou corpos estranhos possivelmente devido a partículas do corante que não foi retirado durante o processo de preparo das amostras e em especial para farinhas do arilo dos frutos do jatobá e casca e polpa de siriguela que apresentaram maiores volumes quantitativos e representativos de grânulos de amido através da microscopia óptica.

O diâmetro maior dos grânulos de amido, foram verificados na farinha da casca dos frutos de jatobá e em menor diâmetro na farinha do arilo dos frutos do jatobá.

Todas as farinhas neste estudo apresentaram boas características como cor e quantitativos de grânulos de amido podendo serem utilizadas como matéria-prima em formulações mistas para a indústria alimentícia agregando valor aos subprodutos a partir das farinhas com diversificação de cores dos frutos do jatobá, jambolão e siriguela.

5. Agradecimentos

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, ao Laboratório de Citologia coordenado pelo Prof. Dr. Sebastião Carvalho Vasconcelos Filho e ao Mestrando Arthur, pela ajuda na manipulação e tratamento das imagens micrográficas, a CNPq, CAPES e FAPEG pelo auxílio financeiro.

6. Referências

- ABDEL-AAL, E. –S. M.; HUCL, P. (1999). A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. *Cereal Chemistry*, 76(3), 350-354.
- ALVES, R. E. (2011). Caracterização de fibras lignocelulósicas pré-tratadas por meio de técnicas espectroscópicas e microscópicas ópticas de alta resolução. (Dissertação). Universidade de São Paulo, Brasil.
- ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. de. (2006). Caracterização da farinha de bagaço de jaboticaba e propriedades funcionais dos extrusados. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26(4) 897-905.
- AZIZ, N. A. A.; WONG, L. M.; BHAT, R.; CHENG, L. H. (2012). Evaluation of processed green and ripe mango peel and pulp flours (*Mangifera indica* var. Chokanan) in terms of chemical composition, antioxidant compounds and functional properties. *Journal Science and Food Agriculture*, (92), 557-563.
- BOTELHO, S. A.; FERREIRA, R. A.; MALAVASI, M. de. M.; DAVIDE, A. C. (2000). Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart. ex Hayne) – Fabaceae. *Revista Brasileira de Sementes*, 22(1), 144-152.
- CAPELLA, A. C. de. V.; PENTEADO, P. T. P. da. S.; BALBI, M. E. (2009). Semente de *Araucaria angustifolia*: Aspectos morfológicos e composição química da farinha. *Boletim CEPPA*, 27(1), 135-142.
- CARLI, C. G. de. (2017). Farinhas comerciais de frutas: caracterização física, físico-química e análise de imagem digital. (Dissertação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil.
- CELESTINO, S. M. C. (2010). Princípios de secagem de alimentos. Embrapa Cerrados, DF.
- CLEMENTE, E.; FLORES, A. C.; ROSA, C. I. L. F.; OLIVEIRA, D. M. (2012). Características da farinha de resíduos do processamento de laranja. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, 14(2), 257-269.
- CLERICI, M. T. P.S.; KALLMANN, C.; GASPI, F. O. G.; MORGANO, M. A.; FMARINEZ-BUSTOS, F.; CHANG, Y. K. (2011). Physical, chemical and technological characteristics of *Solanum lycocarpum* A. St. – Hill (Solanaceae) fruit flour and starch. *Food Research International*, 44, 2143-2150.
- CHRISTIANSON, D. D.; NIELSEN, H. C.; KHOO, U.; WALL, J. S. (1969). Isolation and chemical composition of protein bodies and matrix proteins in corn endosperm. *Cereal Chemistry*, 46, 372-381.
- CORRADINI, E.; AGNELLI, J. A. M.; de MORAIS, L. C.; MATTOSO, L. H. C. (2008). Estudo das propriedades de compósitos biodegradáveis de amido/glúten de milho/glicerol reforçados com fibras de sisal. *Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 18(4), 353-358.

- DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. da. (2009). Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. *Revista Ciência Rural*, 39, 945-954.
- DIAS, L. T.; LEONEL, M. (2006). Caracterização físico-química de farinhas de mandioca de diferentes localidades do Brasil. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, 30(4), 692-700.
- GAMA, T. M. M. T. B.; MASSON, M. L.; HARACEMIV, S. M. C.; ZANETTE, F.; CÓRDOVA, K. R. V. (2010). A influência de tratamentos térmicos no teor de amido, cor e aparência microscópica de pinhão nativo (*Araucaria angustifolia*) e pinhão proveniente de polinização controlada. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 04(02), 161-178.
- LACERDA, L. G.; COLMAN, T. A. D.; BAUAB, T.; FILHO, M. A. da. S. C.; DEMIATE, I. M.; VASCONCELOS, E. C. de.; SCHNITZLER, E. (2013). Thermal, structural and rheological properties of starch from avocado seeds (*Persea americana*, Miller) modified with standard sodium hypochlorite solution. *Journal Thermal Analysis Calorimetry*, 115, 1893-1899.
- LAGO, E. S.; GOMES, E.; SILVA, R. da. (2006). Produção de geléia de jambolão (*Syzygium cumini* Lamarck): processamento, parâmetros físico-químicos e avaliação sensorial. *Revista Tecnologia de Alimentos*, 26(4), 847-852.
- LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; FERRARI, T. B. (2005). Aproveitamento do gengibre (*Zingiber officinale*) de qualidade inferior como matéria-prima amilácea. *Revista Raízes Amidos Tropicais – RAT*, 1, 9-18.
- LOGUERCIO, A. P.; BATTISTIN, A.; VARGAS, A. C. de.; HENZEL, A.; WITT, N. M. (2005). Atividade antibacteriana de extrato hidro-alcoólico de folhas de jambolão (*Syzygium cumini* (L.) Skeells). *Revista Ciência Rural*, 35(2), 371-376.
- LUNARDI, H.; PEREIRA, M. M.; ROSA, G. S. da. Processamento de farinha de polpa da amora-preta: análise da composição centesimal e bioativos. In: *Anais do VII Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, Universidade Federal do Pampa, p. 1-2, 2016.
- MALUCELLI, L. C.; LEMOS, C. F.; FILHO, M. A. S. C.; DEMIATE, I. M.; SCHNITZLER, E.; LACERDA, L. G. (2014). Caracterização da hidrólise parcial enzimática de amido de abacate utilizando técnicas termoanalíticas e microscopia. *Brazilian Journal of Thermal Analysis*, 33-4, 31-35.
- MENDES, M. L. M.; BORA, P. S.; RIBEIRO, A. P. L. (2012). 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. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 71(1), 76-84.
- MORTON, J. Jambolan. (1987). *J. Fruits of warm climates*. Creative Resource Systems, 375-378.
- MUÑOZ-LOÉZ, C.; URREA-GARCIA, G. R.; JIMÉNEZ-FERNANDEZ, M.; RODRÍGUEZ-JIMÉNES, G. del C.; LUNA-SOLANO, G. (2008). Effect of drying methods on the physicochemical and thermal properties of Mexican plum (*Spondias purpurea* L.). *Journal of Food*, 16, (1), 127-134.
- NAVIA, D. P.; VILLADA, H. S.; TORRES, G. A. (2010). Caracterización morfológica de harina de siete variedades de yuca y polvillo de fique por microscopia óptica de alta resolución – MOAR –. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(2), 79-85.
- OOSTEN, B. J. (1990). Interactions between starch and electrolytes. *Starch Biosynthesis Nutrition Biomedical*, 42(9), 327-330.
- ROCHA, T. S.; DEMIATE, I. M.; FRANCO, C. M. L. (2008). Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandiocinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(3), 620-628.
- ROSS, M. H.; REITH, E. J.; ROMRELL, L. J. (1993). *Histologia texto e atlas*. (2ª ed.), Medicina Panamericana.
- SANTOS, A. A. O.; SILVA, I. V. C. e.; SANTOS, J. P. A. dos.; SANTANA, D. G.; ALMEIDA, M. L.; MARCELLINI, P. S. (2011). Elaboração de biscoitos de chocolate com substituição parcial da farinha de trigo por polvilho azedo e farinha de albedo de laranja. *Revista Ciência Rural*, 41(3), 531-536.
- SILVA, A. K. N. da.; ABE, S. T. H.; SANTOS, O. V. dos. (2013). Processing of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) rind with a view to the nutritional value and anthocyanin. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 07(02), 1074-1087.
- SILVA, R. M.; FERREIRA, G. F.; SHIRAI, M. A.; HAAS, A.; SCHERER, M. L.; FRANCO, C. M. L.; DEMIATE, I. M. (2008). Características físico-químicas de amidos modificados com permanganato de potássio/ácido láctico e hipoclorito de sódio/ácido láctico. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(1), 66-77.
- SILVEIRA, M. L. R.; SANTOS, C. O. dos.; PENNA, N. G.; SAUTTER, C. K.; ROSA, C. S. da.; BERTAGNOLLI, S. M. M. (2016). Aproveitamento tecnológico das sementes de goiaba (*Psidium guajava* L.) como farinha na elaboração de biscoitos. *Boletim CEPPA*, 34(1), 1-20.
- SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A.; SOUZA FILHO, M. S. A. M.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUZA, A. C. R. (2003). Goiabas desidratadas osmoticamente seguidas de secagem em estufa. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(03), 414-416.
- SOUZA, M. C. de. (2013). Estudo da cinética de secagem e análise da farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). (Dissertação). Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil.
- SCHOCH, T. J. & MAYWALD, E. (1956). Microscopic examination of modified starches. *Analytical Chemistry*, 28(3), 382-387.
- TAKIZAWA, F. F.; da SILVA, G. de. O.; KONKEL, F. E.; DEMIATE, I. M. (2004). Characterization of tropical starches modified with potassium permanganate and lactic acid. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(6), 921-931.
- TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. (2004). Starch composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*, 39, 151-165.
- WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. (2009). Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(4), 748-753.
- YONEMOTO, P. G.; CALORI-DOMINGUES, M. A.; FRANCO, C. M. L. (2007). Efeito do tamanho dos grânulos nas características estruturais e físico-químicas do amido de trigo. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27(4), 761-771.