ESTUDO DA DIGESTIBILIDADE DE AMIDO DE MILHO COMERCIAL MODIFICADO POR HEAT-MOISTURE TREATMENT ASSISTIDO POR ÁCIDOS ORGÂNICOS

Luane de Oliveira Maior (PIBIC/CNPq/UEPG), Vanessa Soltes de Almeida, Luiz Gustavo Lacerda (Orientador), e-mail: luizgustavo75@gmail.com.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia de Alimentos.

Ciência e Tecnologia de Alimentos/Ciência de Alimentos.

Palavras-chave: Amido resistente, modificação física/ morfológica, modificação combinada.

Resumo

O presente estudo tem o objetivo de avaliar a combinação de ácidos orgânicos (ácido lático - LA, cítrico - CA e acético - AA) com tratamento *HMT* nas propriedades térmicas, estruturais, propriedade de pasta e digestibilidade do amido de milho. Todas as temperaturas da calorimetria exploratória diferencial (DSC) aumentaram após a modificação por HMT utilizando água e associando CA. A cristalinidade relativa diminuiu, o menor valor foi obtido para amostras tratadas com HMT+AA (29,72 %). A combinação de tratamento diminuiu fortemente a viscosidade final das amostras, sobretudo para HMT+LA e HMT+AA. O HMT diminuiu os níveis de amido de digestibilidade lenta (SDS) enquanto aumentou o amido rapidamente digerível (RDS) e amido resistente (RS) em comparação ao amido nativo. O teor de RS dos amidos tratados foi significativamente maior que os grânulos não tratados (8,45%), os tratamentos com HMT + LA e HMT + CA apresentaram os valores mais pronunciados de 44,50% e 47%, respectivamente.

Introdução

O milho é uma das principais culturas alimentares do mundo. (USDA, 2019). Em relação aos aspectos nutricionais, após o seu consumo, os amidos podem ser classificados em três tipos baseados em sua digestibilidade: amido rapidamente digerível (RDS), amido lentamente digerível (SDS) e amido resistente (RS) (ENGLYST, KINGMAN, & CUMMINGS, 1992). De acordo com PHAM VAN HUNG (2014), o RDS e o SDS são digeridos e absorvidos no intestino delgado humano e causam o aumento do nível de glicose no sangue. A fração RS não é digerida, é fermentada no intestino grosso pela microflora humana para produzir ácidos graxos de cadeia curta, que serve como substrato para o crescimento dos microorganismos probióticos.

Material e Métodos

Tratamento por Heat-moisture treatment (HMT): O amido de milho (30g) foi disperso em volumes de diferentes soluções ácidas 0,2 M (LA, CA e AA) e umidade 20 %. Em seguida, mantido em temperatura ambiente/ 24 horas antes de aquecer a 110 °C em estufa/ 8 horas (Tecnal, TE 394/1, Piracicaba, SP, Brasil). Após o tratamento com HMT, as amostras neutralizadas com hidróxido de sódio 1M e depois levadas com água destilada, após, mantidas em estufa por 24 horas a 40 °C.
Análise termogravimétrica e análise termogravimétrica diferencial (TG/DTG): A estabilidade térmica das amostras de amido foi determinada por análise

termogravimétrica do equipamento TGA 50 (Shimadzu, Japão), sob uma atmosfera oxidativa (ar sintético) fluxo de 150 mL min-1 com aquecimento de 10°C por minuto de 30 a 600°C. Cada massa de amostra de 6,0 + 2 mg estava colocado em um cadinho aberto (BET ET AL, 2018).

Calorimetria exploratória diferencial (DSC): As curvas de DSC foram obtidas usando um equipamento DSC- Q200, TAInstruments (Shimadzu, Japão), sob ar sintético com fluxo de 50 mL min-1 e a taxa. Razão de aquecimento de 5 °C min-1, faixa de aquecimento de 30 a 100 °C sob um fluxo de 150 mL min-1 de ar.

Difratometria de raios X (DRX) pelo método do pó: Os difratogramas foram obtidos, utilizando-se um difratômetro de raios X Ultima IV (Rigaku, Japão), e empregando-se radiação CuKα (λ = 1,541 Å), sob tensão de 40 kV e corrente de 20 mA. O intervalo observado será de 3 a 40 º a 2(θ) com velocidade de escaneamento de 2º min^{-1}, e um passo de 0,02 º. (KUBIAKI et al., 2016).

Propriedades de pasta (Rapid Visco Analyzer- RVA): Foi utilizado um equipamento rápido analisador de viscosidade RVA (RVA-4 Newport Scientific, Austrália). Foi usado uma dispersão de 8% de amido (base seca) em 28 g de massa total. As amostras foram submetidas a um ciclo controlado de aquecimento e resfriamento sob agitação constante, onde foram mantidas a 50°C por 2 min, aquecidas de 50 a 95°C a uma faixa de aquecimento de 6°C.min-1 e mantido a 95°C durante 5 min, resfriado até 50°C a 6°C.min-1 e mantido a 50°C por 2 min (BET ET AL, 2018).

Determinação das frações de amido conforme a digestibilidade (ARD, ADL e AR): A cada amostra suspensa foi adicionada uma solução enzimática de alfa-amilase pancreática e amiloglucosidase. A suspensão foi incubada a 37 °C com agitação de 100 rpm. Após 20 min e 120 min, o hidrolisado foi coletado e determinadas as concentrações totais de glicose (G_{20} e G_{120}, respectivamente) utilizando para isso, o método do glicose-oxidase. (ENGLYST; KINGMAN; CUMMINGS, 1992).

Análise estatística: Resultados expressos como média±desvio padrão e analisados por meio do software Action Stat 3.3 (Estatcamp, São Paulo, Brasil). Análise unidirecional (ANOVA) de variância foi usada para estudar o comportamento de amostras em DSC, difração de raios X e propriedades de pasta. Utilizado teste de Tukey com um nível de confiança de 95% ($p < 0,05$).

Resultados e Discussão

Análise termogravimétrica e análise termogravimétrica diferencial (TG/DTG): O amido de milho apresentou três etapas de perdas de massa. A primeira perda está associada à evaporação da água e dos compostos voláteis (Zhu e Zhang, 2014), ocorrendo em temperaturas abaixo de 167 °C. Com base nesta primeira etapa, valores de 11,4 para a amostra nativa e 9,1, 10,8, 10,7 e 12,8 % foram obtidos para perda de umidade para as amostras modificadas, respectivamente. O segundo passo correspondeu à decomposição da matéria orgânica (amilose) que ocorreu em 230° C, em reações consecutivas (HORNUNG ET AL., 2015). O terceiro passo corresponde aos teores finais de resíduos após a decomposição térmica (cinza) do amido de milho, os quais foram 1,5% para a amostra nativa e 0,8 ;0,8; 1,5 e 1,9 % para as amostras modificadas, respectivamente. Curvas termogravimétricas comparáveis foram relatadas em estudos anteriores de grânulos tratados com HMT (ANDRADE ET AL., 2014; BET ET AL, 2018).

ISSN 1676-0093

Calorimetria exploratória diferencial (DSC): A suspensão aquosa do amido, quando aquecida com excesso de água, passa pela gelatinização e é caracterizada por um DSC. Todas as temperaturas mostraram valores maiores após HMT utilizando água e com ácido acético, pois temperaturas mais altas de gelatinização são suportadas pelo fato da fusão de cristalitos criada pela reorientação dos grânulos de amido e reorganização cristalina após modificação (SUN ET AL,2015).
Difratometria de raios X (DRX) pelo método do pó: O amido de milho nativo e tratado exibiu padrões de difração de tipo A claros, com reflexões principais em 2 θ ≈ 15 °, 17 °, 18 ° e 23 °. Os difratogramas das amostras apresentaram um pico a 2θ ≈20° maior que o amido nativo indicando que estes amidos continham uma maior quantidade de complexo amiloselipidio. A cristalinidade relativa diminuiu significativamente nos tratamentos, outros estudos também observaram uma redução na cristalinidade relativa após o tratamento com HMT com goma de guar em amidos de milho com diferentes níveis de amilose. (HUNG P. ET AL., 2016).
Propriedades de pasta: A combinação de tratamento aplicada neste estudo, diminuiu fortemente o pico, quebra, seatback e viscosidade final das amostras, sobretudo para HMT+LA e HMT+AA. A diminuição da viscosidade da pasta é causada por uma alteração da fração amorfa (amilose) interagindo com amilopectina em anéis de crescimento semicristalinos e amorfos.
Microscopia eletrônica de varredura com emissão de campo (FEG-MEV): Os grânulos nativos apresentaram forma irregular, com tamanhos diferentes, lisos e alguns poros na superfície, como também foi encontrado por LIU ET AL. (2014). Após modificação por ácidos orgânicos e HMT, pequenas alterações foram observadas na morfologia dos grânulos.
Digestibilidade in vitro: A HMT diminuiu os níveis de SDS e aumentou os níveis de e RS em relação ao amido nativo. Resultados semelhantes também foram encontrados em estudo anterior, indicando que o aumento na RS pode ser devido às fortes interações entre amilose e amilose causadas durante o tratamento, restringindo a enzima ação na hidrólise do amido (PHAM VAN HUNG,2014). O teor de RS aumentou significativamente em relação ao nativo e foi mais pronunciado nos tratamentos com HMT LA e HMT CA. Resultado semelhante também foi relatado no estudo de LI ET AL., 2019), atribuindo esse comportamento a uma possível reação de esterificação de ácido e amido, que formaram uma estrutura reticulada dificultando a ação enzimática.

Conclusão

Esta combinação (ácido orgânico e HMT) diminuiu fortemente as propriedades de pasta das amostras, principalmente para HMT+LA e HMT+CA. O teor de RS aumentou significativamente em relação ao nativo e foi mais pronunciado nos tratamentos com HMT+LA, HMT+CA. Maiores quantidades de amido resistente nos amidos tratados são desejáveis para produzir alimentos com baixo teor de carboidratos, o que traz muitos benefícios para saúde. Como resultado, a combinação de ácido orgânico e HMT, juntamente com o conceito emergente de aplicações facilitadas para os alimentos e ecologicamente corretas, também pode ser aplicada no processamento de alimentos funcionais, produzindo um conteúdo de amido mais resistente.

Agradecimentos

Ao professor, Luiz Gustavo Lacerda, pelo auxilio a compartilhamento dos seus conhecimentos e as mestrandas, Vanessa Soltes e Bárbara Barreti pela ajuda na

realização da pesquisa. Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida e ao C-LABMU-UEPG pela infraestrutura.

Referências

BET, C.D.; CORDOBA, L.P.; RIBEIRO, L.S.; SCHNITZLER, E. Common vetch (Vicia sativa) as a new starch source: its thermal, rheological and structural properties after acid hydrolysis. Food Biophysics, v. 11, p. 275-282, 2016.

ENGLYST, H.N. et al. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. Eur J Clin Nutr,v.46, p.S33-S50, 1992. ANDRADE, M. M. P.; OLIVEIRA, C. S.; COLMAN, T. A. D.; COSTA, F. J. O. G.;

HORNUNG, P. S.; GRANZA, A. G.; OLIVEIRA, C. S. de; LAZZAROTTO, M. SCHNITZLER,E. Study of the effects of ultraviolet light and sodium hypochlorite solutions on properties of cassava starch granules. Food Biophysics, v. 10, n. 3, p. 368-374, 2015.

HUNG, P. V.; VIEN, N. L.; PHI, N. T. L. Resistant starch improvement of rice starches under a combination of acid and heat-moisture treatments. Food Chemistry, v. 191, p. 67–73, 2016.

KUBIAKI, F.T.; FIGUEROA, A.M.; OLIVEIRA, C.S.; DEMIATE, I.M.; SCHNITZLER, E.; LACERDA, L.G. Effect of acid-alcoholic treatment on the thermal, structural and pasting characteristics of European chestnut (*Castanea sativa*, Mill) starch. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**,** 2016.

LI, C.; LI, Y.; SUN, P.; YANG, C. Starch nanocrystals as particle stabilisers of oil-inwateremulsions. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 94, n. 9, p. 1802–1807, 2014.

LIU, H., LIANG, R., ANTONIOU, J., LIU, F., SHOEMAKER, C. F., Li, Y, ZHONG, F. The effect of high moisture heat-acid treatment on the structure and digestion property of normal maize starch. Food Chemistry, v. 159, p. 222–229, 2014.

PHAM VAN HUNG, et al. Resistant starch improvement of rice starches under a combination of acid and heat-moisture treatments. Food Chemistry, v. 191 p.67–73, 2014.

SCHNITZLER, E. Effects of heat-moisture treatment on organic cassava starch. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, v. 115, p. 2115-2122, 2014.

SUN Q. et al. Effect of acid hydrolysis combined with heat moisture treatment on structure and physicochemical properties of cornstarch. Journal Food Science Technology. p. 375–382, 2015.

ZHU, F. et al. Structure, Physicochemical Properties, Modifications, and Uses of Sorghum Starch. Food Science and Food Safety, v. 13, n. 4. p. 597-610,2014.