

Estudo da atividade da enzima pectinametilesterase obtida a partir do albedo de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*), fresco e liofilizado, em diferentes graus de maturação

RESUMO

A pectina é um termo genérico para indicar a mistura de diferentes compostos em ácido poligalacturônico, componente em maior quantidade, localizado na parede celular e interligado com outros polissacarídeos estruturais (hemicelulose e celulose) e proteínas. As pectinases são enzimas responsáveis pela hidrólise de substâncias pécnicas. A pectinametilesterase-PME é uma enzima que promove a esterificação da pectina de alta metoxilação (HM), transformando-a para pectina de baixa metoxilação (LM) ou ácido pécnico. Durante esta reação são formados carboxilato livre e metanol. O objetivo deste trabalho foi comparar a atividade enzimática das PME no extrato bruto obtidos a partir do mesocarpo do maracujá: verde e maduro, fresco e liofilizado. A metodologia para a determinação da atividade por espectroscopia de infravermelho foi de fácil execução e apresentou bons resultados. Houve um aumento na atividade nas amostras liofilizadas comparadas às frescas. A partir dos resultados, foi possível selecionar o grau de maturação verde e liofilização das amostras de maracujá para obtenção de maior atividade da PME.

PALAVRAS-CHAVE:PME. Maracujá-amarelo. Atividade enzimática.

Adeline Chaicouski

chaicouski@hotmail.com

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Marcio Silva

marcios@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Maria Helene Giovanetti Canteri

canteri@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

INTRODUÇÃO

Pectina é um termo genérico para indicar a mistura de diferentes compostos na qual o ácido pectínico é o componente em maior quantidade, localizada na parede celular e interligada com outros polissacarídeos estruturais (celulose e hemicelulose) e proteínas para formar a estrutura da célula vegetal (KASHYAP et al., 2001). Este componente é basicamente formado por unidades de ácido galacturônico, parcialmente esterificado com grupos metoxílicos, sendo uma cadeia molecular longa, com ligações glicosídicas $\alpha(1\rightarrow4)$. A pectina pode ser classificada em alto e baixo grau de metoxilação (HM e LM, respectivamente), segundo a proporção de grupos carboxila esterificados com metanol (HUISMANN et al., 2004; VORAGEN et al., 2009). Pectinas AGM formam gel em meio ácido com adição de açúcares, sendo base de preparo principalmente de geleias; já, as pectinas LM formam gel na presença de cátions divalentes com utilização principal no preparo de produtos dietéticos tipo geleia (ROSENBOHM et al., 2003). Os teores mais elevados de pectina se concentram principalmente em frutos cítricos, em geral no albedo (BOBBIO e BOBBIO, 2001).

As pectinases, enzimas pécticas ou enzimas pectinolíticas são responsáveis pela hidrólise das substâncias pécticas, ou seja, rompem a cadeia péctica por reações de despolimerização (hidrolases e liases) ou de desesterificação (esterases) (ROMBOUTS e PILNIK, 1980).

Devido às diferentes formas de pectina presentes nas células vegetais, são necessárias enzimas que atuem em regiões diferentes da molécula (GUMMADI e PANDA, 2003). Entre das enzimas pectinolíticas há uma classificação das enzimas de acordo com o substrato sobre o qual atuam (ácido péctico, ácido pectínico ou pectina), o modo de ação (transeliminção ou hidrólise), e como ocorre o rompimento das ligações glicosídicas, sendo que as do tipo endo clivam a cadeia de forma aleatória e as exo, a partir das extremidades não redutoras da cadeia (REXOVÁ-BENKOVÁ e MARKOVIC, 1976).

A pectinametilesterase-PME (E.C. 3.1.1.11) é uma enzima que desesterifica a pectina de alto grau de metoxilação, tornando-a de baixo grau de metoxilação ou ácido péctico. Durante a reação são formados carboxilatos livres (COO⁻), metanol (CH₃OH) (ROMBOUTS e PILNIK, 1980) e íons hidrônio (H₃O⁺) (JAYANI et al., 2005). O aparecimento de COO⁻ reduz o grau de esterificação aumentando a densidade de cargas negativas na cadeia de pectina. A atividade da PME pode variar de fruto para fruto durante o amadurecimento (FONTES et al., 2008), bem como variar de acordo com a estação do ano (ŞİMŞEK, 2004).

O maracujá (Figura 1) é um fruto climatérico, ou seja, a sua vida pós-colheita é curta, devido ao aumento na taxa respiratória e produção de etileno, e como muitos frutos durante a maturação, sofre diversas alterações nos componentes, como a degradação de pectina, mudanças na coloração da casca e alterações na composição química (LIU et al., 2005; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Como nos frutos cítricos, o pericarpo do maracujá é dividido em exocarpo ou flavedo e mesocarpo ou albedo. A película interna ao redor das sementes é o endocarpo ou arilo carnoso (CABRAL et al., 2005). Os teores mais elevados de pectina são encontrados principalmente em frutos cítricos, em geral no albedo, sendo que na laranja varia de 4 a 30 g/100 g de matéria úmida, no maracujá de 15 a 40 g/100 g de matéria úmida (BOBBIO e BOBBIO, 2001). O uso principal do albedo

do maracujá é na produção de farinha, adicionada a diversos alimentos. Como exemplos de reaproveitamento do albedo pode-se citar a produção de doce em massa (DIAS et al., 2011), doce em calda (FIGUEIREDO et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2002) e biscoito (ISHIMOTO et al., 2007).

Figura 1: Frutos de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*)



Fonte: Adaptado de EMBRAPA, 2012.

Aguirre et al. (2006) avaliaram as mudanças na atividade de PME e PG durante o amadurecimento do maracujá-amarelo, uma vez que estas enzimas estão associadas a degradação das substâncias pécticas presente nos arilos e na casca dos frutos maduros. Essas enzimas atuam de forma sincronizada. Concluíram que após a 8ª semana depois da antese, os frutos apresentavam propriedades aceitas pelas normas de qualidade internacional. A PME atingiu o máximo de atividade nesta mesma semana e a PG na 9ª semana. O uso principal do albedo do maracujá é na produção de farinha, adicionada a diversos alimentos. Como exemplos de reaproveitamento do albedo pode-se citar a produção de doce em massa (DIAS et al., 2011), doce em calda (FIGUEIREDO et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2002) e biscoito (ISHIMOTO et al., 2007).

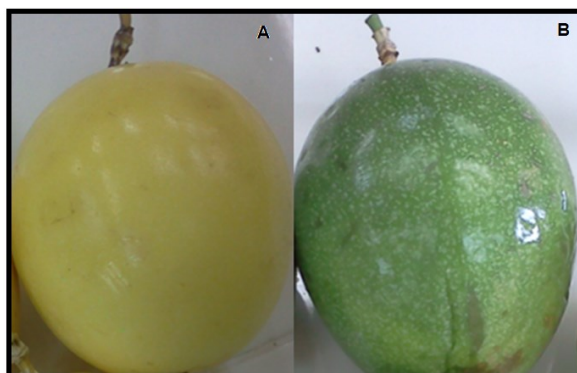
O objetivo deste trabalho foi comparar a atividade da enzima PME em extrato bruto obtido do albedo de maracujás verdes e maduros, frescos e liofilizados.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de maracujá-amarelo foram obtidos no comércio do município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil, sendo selecionados em função das seguintes características: frutos firmes, isentos de defeitos e injúrias com grau de maturação uniforme. Foram selecionados 20 frutos (10 verdes e 10 amarelos, com massas aproximadas de 3,344 kg e 3,307 kg, respectivamente), de acordo com a cor da casca (flavedo) com coloração totalmente verde ou amarela (Figura 2).

Na etapa de pré-processamento, os frutos foram lavados em água corrente, descascados, cortados e separados em polpa, flavedo e albedo. A matéria-prima para as análises foi a fração constituída pelo albedo.

Figura 2: Coloração do flavedo das amostras de maracujás utilizadas (A predominantemente amarelo e B predominantemente verde)



Fonte: Autoria própria, 2013

Metade desse material pré-processado, aproximadamente 1,5 kg de cada maracujá (verde/maduro) foi instantaneamente congelada a $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ em ultra-freezer e submetida ao processo de liofilização em equipamento LD1500 Terroni® nas seguintes condições: vácuo inicial de $1335\text{ }\mu\text{Hg}$ e final de $0,037\text{ }\mu\text{Hg}$, temperatura de $-58\text{ }^{\circ}\text{C}$ (início 25/07/2013-12h, término 31/07/2013-8h15min). As amostras são preparadas em bateladas juntamente com amostras de outros pesquisadores e por esse motivo não se pode precisar o tempo exato da liofilização. A outra metade utilizada nos estudos foi denominada como material fresco. O armazenamento desta alíquota de amostra foi realizada sob refrigeração ($+7\text{ }^{\circ}\text{C}$) e congelamento ($-6\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Reagentes: pectina com grau esterificação (DE) de 70% (cedida gentilmente pela CP Kelco-AGM), hidróxido de sódio (NaOH), ácido clorídrico (HCl), sulfato de amônio (NH_4SO_4), cloreto de sódio (NaCl), ácido etilenodiaminotetracético (E.D.T.A.), tampão fosfato de sódio, tampão fosfato de potássio, tampão TRIS-HCl, metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), bissulfito de sódio (NaHSO_3), 2-mercaptoetanol ($\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{SH}$), polivinilpirrolidona [$\text{PVPP-C}_6\text{H}_9\text{NO}$]_n. Todas as soluções utilizadas foram preparadas com água ultra-pura obtida em Ultra Purificador de Água GEHAKA (Labstore/Master System).

Para a correção do pH utilizou-se NaOH 0,01 N e HCl 0,01 N livres de CO_2 , para isto, estas soluções foram submetidas ao banho de ultrassom (Ultra Sonic Cleaner 1400-Unique) por 30 min antes de ser utilizado.

Após cada etapa dos ensaios, foi analisada a atividade da enzima PME, para verificar a presença da enzima. Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico.

Para cada uma das extrações realizadas foi utilizada a matéria-prima no estágio verde ou maduro, sendo utilizados 30 g de material fresco e 3 g de material liofilizado. Todas as amostras foram homogeneizadas em mixer caseiro Black & Decker®, e dependendo da técnica utilizada, a proporção de solução para amostra, durante a homogeneização variou.

Todas as soluções foram preparadas com água ultra-pura gelada para manter as soluções frias durante a homogeneização. As filtrações foram realizadas em filtro de tecido sintético (*cheesecloth*) em todas as etapas, e as centrifugações foram realizadas em Centrífuga Hitachi High-Speed Refrigerated centrifuge Himac CR21GII®. Após as extrações e determinação das atividades, os resultados obtidos

foram convertidos para total de atividade enzimática em 1,0 g de amostra, para equiparação dos resultados devido às diferentes diluições.

As amostras de maracujá foram homogeneizadas apenas com água ultra-pura gelada, seguida de filtração, e ressuspendido em água ultra-pura gelada por mais duas vezes. O filtrado foi pesado (aproximadamente 30 g) e adicionado uma solução de NaCl 1,0 mol L⁻¹, pH 7,5, contendo 1,0% (m/v) de polivinilpirrolidona (PVPP) insolúvel. Este material foi agitado por 30 minutos, em agitador magnético, para a extração da enzima, novamente filtrado e o sobrenadante centrifugado a 15000 rpm por 30 minutos a +4,0 °C. O pellet foi descartado, o sobrenadante coletado e chamado de extrato enzimático bruto (PINTO, 2009; SIMSEK, 2004).

A determinação da atividade enzimática foi realizada pelo método espectrofotométrico (HARGEMANN e AUSTIN, 1986), baseado na mudança de cor do azul de bromotimol (pKa 6,0) associada à mudança de pH que ocorre devido a hidrólise da ligação ester da pectina pela PME, com exposição dos grupos carboxílicos. O pH de todas as soluções foi ajustado para 7,5 com de NaOH 0,01N, livre de CO₂. Foram colocados 2,0 mL de solução de pectina em cubeta com caminho ótico de 1,0 cm, junto com 150 µL de azul de bromotimol. Em seguida, 800 µL de cada extrato enzimático bruto foram adicionados, e o decréscimo da absorbância a 620 nm foi monitorado por 2 minutos, com leituras a intervalos de 5 segundos em espectrofotômetro Spectrum/Vis Spectrophotometer SP-1105®. A atividade da pectinametilesterase de 1 U foi definida como um decréscimo de 0,1 unidade na absorbância por minuto (JAKÓB et al., 2009) por mL de amostra utilizada no ensaio (U/min/mL). As leituras das absorbâncias foram realizadas a 20 °C.

Todas as análises foram realizadas em triplicatas, e os resultados expressos como valor médio e desvio padrão (ANOVA). O teste estatístico utilizado foi o Teste de Tukey, com 5 % de significância. Todos os dados foram calculados no programa SASM-Agri (CANTERI et al., 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 01 encontram-se os resultados da determinação da atividade da enzima PME em extrato bruto, obtida do albedo do maracujá-amarelo nos estádios de maturação verde e maduro frescos e a comparação com amostras liofilizadas. Para o cálculo da atividade final de cada amostra e correção da diluição, os valores foram convertidos para padronização dos dados em 1,0 g de amostra, devido aos volumes e massas diferentes utilizados na extração da enzima.

Antes da extração foi realizada a tripla lavagem sugerida por Şimşek (2004), a fim de evitar a formação de um gel devido à grande quantidade de pectina (CANTERI, 2010) presente no albedo da fruta.

Tabela 01: Comparação da atividade de PME em extrato bruto (U/min/mL) obtida do albedo do maracujá-amarelo em diferentes estádios de maturação (verde/maduro) e situação da amostra (fresca/liofilizada)

Comparação da atividade de PME em extrato bruto (U/min/mL) obtida do albedo do maracujá-amarelo em diferentes estádios de maturação (verde/maduro) e situação da amostra (fresca/liofilizada)			
Maracujá-amarelo fresco	Maracujá-amarelo liofilizado	Maracujá-verde fresco	Maracujá-verde liofilizado
6,19±0,2 ^b	57,08±1,1 ^a	3,17±1,1 ^c	83,33±7,5 ^a

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

De acordo com Tavares et al. (2011), é possível identificar a presença da PME em material liofilizado, uma vez que estes autores trabalharam com mucilagem de inhame liofilizada, na qual detectaram a presença desta enzima. Entretanto, sabe-se que as enzimas podem desnaturar durante a liofilização, ocorrendo diminuição ou perda de atividade durante o congelamento e o armazenamento das amostras (SILVA, 2002).

De acordo com Şimşek (2004) a utilização da tripla lavagem antes da extração evita a formação de gel devido à presença de pectina. Porém, como a enzima permanece associada a parede celular, foi necessário a utilização de um tampão levemente alcalino adicionado de NaCl 1,0 mol L⁻¹ (1:1), que solubiliza tanto a PME como quantidades variáveis de pectina adicionais. O PVPP, A utilização do PVPP como antioxidante é frequente em extratos vegetais, porém a adição deste composto não interferiu na atividade da PME, de acordo com os trabalhos de Şimşek (2004) e Awad e Young (1980), sendo que estes últimos autores concluíram que a PME não é afetada por fenóis liberados após a ruptura das células. Para Şimşek (2004), a lavagem do material com acetona, antes da extração da PME, é mais eficiente para remoção dos compostos fenólicos, mas em seus estudos a técnica com o uso de acetona não foi a que apresentou aumento na atividade da enzima, e ainda que a ação dos fenóis não cause diminuição ou perda da atividade da PME durante sua extração.

Sainz et al. (2004) determinou o melhor pH de extração da PME de pêssegos, e concluiu que a maior atividade é obtida em amostras de enzima extraídas em pH 7.

Também foi possível perceber que amostra verde liofilizada apresentou maior atividade da PME em quase todas as técnicas, de acordo com a Tabela 01. Fato semelhante foi encontrado por Awad e Young (1980), que trabalhando com frutos do abacateiro perceberam que a liofilização aumentou em 29% e 46% a atividade da PME para os cultivares Fuerte e Hass, respectivamente. Este fato também pode ser percebido com as amostras liofilizadas de albedo de maracujá, com aumento na atividade enzimática. Isto significa que o melhor material para extração da PME é o material liofilizado, indicado que o processo de liofilização não afeta a PME do maracujá.

Sabe-se que em matérias-primas sem tratamento térmico há degradação enzimática da pectina, uma vez que foi possível verificar a presença de atividade enzimática em amostras de albedo de maracujá liofilizado (CANTERI, 2010).

De acordo com Tucker (1993), a atividade da enzima pectinametilesterase pode sofrer oscilações ao longo do período de maturação. Isto depende de fatores diversos, como tipo do fruto e o método de extração utilizado. Estas variações na atividade podem ocorrer devido a existência conjunta da PME com isoformas ou alguns inibidores, como o íon H_3O^+ formado durante a desmetilação da pectina (BORDENAVE e GOLDBERG, 1993).

Em relação ao grau de maturação e a situação da amostra, percebe-se que as amostras verdes liofilizadas apresentaram resultados mais satisfatórios que as amostras frescas (tanto verde quanto amarela). A atividade de PME é maior em frutos verdes, e diminui à medida que os mesmos amadurecem e secam na planta (ALI et al., 2004). Estudos com grãos de café em diferentes graus de maturação demonstraram que a atividade da PME é maior em frutos verdes e diminui ao longo da maturação (PIMENTA et al., 2000).

CONCLUSÃO

Percebe-se que a metodologia de determinação de atividade por espectroscopia é fácil de realizar e apresentou bons resultados.

Entre as amostras frescas e liofilizadas, percebe-se uma diferença nas atividades enzimáticas, sendo que houve um aumento na atividade após as amostras serem liofilizadas.

A partir destes resultados, pode-se selecionar o maracujá verde como melhor grau de maturação, e a liofilização como conservação da amostra, para estudos posteriores com a PME.

Study of pectinmethylesterase enzyme activity obtained from “albedo” of yellow passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa*), fresh and lyophilized, in different maturity degrees

Pectin is a generic term to indicate the mixture of different compounds in which polygalacturonic acid is the component in larger quantity, located in the cell wall and interconnected with other structural polysaccharides (hemicellulose and cellulose) and proteins. The pectinases are enzymes responsible for the hydrolysis of pectic substances. The pectinmethylesterase-PME is an enzyme that promotes the desesterification of high methoxylation (HM) pectin, changing it to low methoxylation (LM) or pectic acid. During this reaction are formed carboxylates free and methanol. The objective of this work was to compare the enzyme activity of PME in the crude extract obtained from passion fruit mesocarp: green and ripe, fresh and freeze-dried. The methodology for determination of activity by infrared spectroscopy was easy to perform and presented good results. There was an increase in the activity in the lyophilized samples compared with to fresh. From the results, it was possible select the green degree of ripeness and the lyophilization of the passion fruit samples to obtain higher activity of PME.

KEYWORDS:PME. Yellow passion fruit. Enzymatic activity.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, O. M.; LOZANO, S. E.; OCAMPO, M. A. et al. Cambios em la actividade de α -amilasa, PME e PG durante la maduración del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Deg.). Revista de Ciência y Tecnología de America, v. 31, n. 10, p. 728-733, 2006.
- ALI, Z. M.; CHIN, L.; MARIMUTHU, M. et al. Low temperature storage and modified atmosphere packaging of carambola fruit and their effects on ripening related texture changes, wall modification and chilling injury symptoms. Postharvest Biology and Technology, Amsterdam, v. 33, n. 2, p. 181-192, 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.02.007>
- AWAD, M.; YOUNG, R. E. Avocado Pectinmethylesterase Activity in Relation to Temperature, Ethylene, and Ripening. Journal of the American Society for Horticultural Science, v.105, n.5, p. 638-641, 1980.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. Química do Processamento dos Alimentos. São Paulo: Varela, 2001. 152 p.
- BORDENAVE, M.; GOLDBERG, R. Purification and characterization of pectin methylesterases from mung bean hypocotyl cell walls. Phytochemistry, Oxford, v. 33, n. 5, p. 999-1003, 1993. [http://dx.doi.org/10.1016/0031-9422\(93\)85011-F](http://dx.doi.org/10.1016/0031-9422(93)85011-F)
- CABRAL, L. M. C.; FREIRE JÚNIOR, M.; DA MATTA, V. M. Suco de maracujá. In: VENTURINI FILHO, W. G. Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. p. 293-307.
- CANTERI, M. H. G. Caracterização comparativa entre pectinas extraídas do pericarpo de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). Universidade Federal do Paraná - Université D'avignon Et Pays De Vaucluse. 2010. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos e Docteur en Science des Procédés, Sciences des Aliments). Curitiba, 2010, 162f.
- CANTERI M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S. et al. SASM-Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft-Knott, Tukey e Duncan. Revista Brasileira de Agrocomputação, v.1, n.2,18-24, 2001.
- CARDELLO, L.; LOURENÇO; E. J. Purificação Parcial e caracterização da pectinesterase de berinjela. Alimentos e Nutrição, v. 4, p. 111-123, 1992.
- CATUTANI, A. T. Pectinesterase de mamão. Universidade de São Paulo, 1982. Dissertação (Mestre em Ciência dos Alimentos). São Paulo, 1982, 76f.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2 ed. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005.

DIAS, M. V.; BORGES, S. V.; OLIVEIRA, L. F. et al. Aproveitamento do albedo do maracujá na elaboração de doce em massa e alterações com o armazenamento. *Alimentos e Nutrição*, v. 22, n. 1, p. 71-78, 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Perguntas e Respostas: Maracujá. Disponível em <http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=perguntas_e_respostas-maracuja.php>. Acesso em 17 maio 2012.

FIGUEIREDO, L. P.; VALENTE, W. A.; DIAS, M. V. et al. Efeito da adição de suco de maracujá e tempo de cozimento sobre a qualidade de doces do albedo de maracujá em calda. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 29, n. 4, p. 840-846, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612009000400022>

FONTES, R. V.; SANTOS, M. P.; FALQUETO, A. R. et al. Atividade da pectinametilesterase e sua relação com a perda de firmeza da polpa de mamão cv. Sunrise Solo e Tainung. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 54-58, 2008.

GONZALEZ, S. L.; ROSSO, N. D. Determination of pectin methylesterase activity in commercial pectinases and study of the inactivation kinetics through two potentiometric procedures. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 31, n. 2, p. 412-417, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612011000200020>

GUMMADI, S. N.; PANDA, T. Purification and biochemical properties of microbial pectinases: a review. *Process Biochemistry*, v. 38, n. 7, p. 987-996, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S0032-9592\(02\)00203-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0032-9592(02)00203-0)

HAGERMAN, A. E., & AUSTIN, P. J. Continuous spectrophotometric assay for plant pectin methyl esterase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 34, p. 440-444, 1986. <http://dx.doi.org/10.1021/jf00069a015>

HERRON, S. R.; BENEN, J. A.; SCAVETTA, R. D. et al. Structure and function of pectic enzymes: virulence factors of plant pathogens. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 97, n. 16, 8762-8769, 2000. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.97.16.8762>

HUISMANN, M. M. H.; OOSTERVELD, A.; SCHOLS, H. A. Fast determination of the degree of methyl esterification of pectins by head-space GC. *Food Hydrocolloids*, v. 18, n. 4, p. 665-668, 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2003.11.006>

ISHIMOTO, F. Y.; HARADA, A. I.; BRANCO, I. G. et al. Aproveitamento Alternativo da Casca do Maracujá-Amarelo (*Passiflora edulis* f. var. *flavicarpa* Deg.) para Produção de Biscoitos. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, v. 9, n. 2, 2007.

JAYANI, R. S.; SAXENA, S.; GUPTA, R. Microbial pectinolytic enzymes: a review. *Process Biochemistry*, v. 40, n. 9, p. 2931-2944, 2005.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2005.03.026>

JAKÓB, A.; BRYJAK, J.; POLAKOVIČ, M. Selection of a method for determination of activity of pectinolytic enzymes in berry fruit materials. *Chemical Papers*, v. 63, n. 6, p. 677-682, 2009. <http://dx.doi.org/10.2478/s11696-009-0065-z>

KASHYAP, D. R.; VOHRA, P. K.; CHOPRA, S. et al. Applications of pectinases in the commercial sector: a review. *Bioresour. Technology*, v. 77, n. 3, p. 215-227, 2001.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00118-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00118-8)

KERTESZ, Z. I. Pectic enzymes. In: COLOWICK, S. P.; KAOLAN, N. O. *Methods in Enzymology*. 1 ed. New York: Academic Press, 1955, p. 158-162.

LIU, H.; JIANG, W.; ZHOU, L.; et al. The effects of 1-methylcyclopropene on peach fruit (*Prunus persica* L. cv. *Jiubao*) ripening and disease resistance. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 40, p.1-7, 2005.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00905.x>

LY-NGUYEN, B.; VAN LOEY, A.; FACHIN, D. et al. Purification, Characterization, Thermal, and High-Pressure Inactivation of Pectin Methyl-esterase from bananas (cv Cavendish). *Biotechnology and Bioengineering*, v. 78, n. 6, p. 683-691, 2002.
<http://dx.doi.org/10.1002/bit.10249>

OLIVEIRA, L. F.; NASCIMENTO, M. R. F.; BORGES, S.V. et al. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* F. *flavicarpa*) para produção de doce em calda. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 3, n. 22, p. 259-262, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-20612002000300011>

PIMENTA, C. J.; CHAGAS, S. J. R.; COSTA, L. Pectinas e enzimas pectinolíticas em café (*Coffea arabica* L.) colhido em quatro estágios de maturação. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 24, n. 4, p. 1079-1083, 2000.

REXOVÁ-BENKOVÁ, L.; MARKOVIC, O. Pectic Enzymes. *Advances in Carbohydrate Chemistry & Biochemistry*, v. 33, p. 323-385, 1976.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2318\(08\)60285-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2318(08)60285-1)

ROMBOUTS, F. M.; PILNIK, W. Pectic enzymes. In: ROSE, A. H. Ed. Economic Microbiology: Microbial Enzymes and Bioconversions. London: Academic Press, 1980, p-227-282.

ROSENBOHM, C.; LUNDT, I.; CHRISTENSEN, T.M.I.E. et al. Chemically methylated and reduced pectins: Preparation, characterization by ¹H NMR spectroscopy, enzymatic degradation, and gelling properties. Carbohydrate Research, v. 338, n. 7, p. 637–649, 2003.

SAINZ, R. L.; SILVA, E. B.; VENDRUSCOLO, J. L. et al. Determinação do pH Ótimo de extração de pectinametilesterases em pêsegos (*Prunus persica* cv.Eldorado). In: XIII Congresso de Iniciação Científica e VI Encontro e Pós-Graduação, 2004, Pelotas - RS. Anais do XIII Congresso de Iniciação Científica e VI Encontro de Pós-Graduação. Pelotas: UFPel, 2004. Disponível em <http://www2.ufpel.edu.br/cic/2004/arquivos/CA_01314.rtf>. Acesso em: 27 jul. 2012.

SILVA, R. Efeito da liofilização sobre a estrutura e atividade enzimática da L-asparaginase de *Escherichia coli*. São Paulo, 2002. 88 p. Dissertação (Mestre em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo – (USP).

ŞİMŞEK, Ş. Production of commercially suitable pectin methylesterase and polyphenol oxidase from agro-industrial wastes. 2004. Dissertação, (Mestre em Ciências), İzmir Institute of Technology. Turkey, 2004, 94f.

TAVARES, S. A.; PEREIRA, J.; GUERREIRO, M. C. et al. Caracterização físico-química da mucilagem de inhame liofilizada. Ciência e Agrotecnologia, v. 35, n. 5, p. 973 - 979, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000500015>

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. Biochemistry of fruit ripening. London: Chapman & Hall, 1993. p. 1-51. 145

VORAGEN, A. G. J.; COENEN, G.- J.; VERHOEF, R. P. et al. Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. Structural Chemistry, v. 20, n. 2, p. 263–275, 2009. <http://dx.doi.org/10.1007/s11224-009-9442-z>

Recebido: 13 mar. 2014.

Aprovado: 31 jul. 2015.

Publicado: 30 jun. 2016.

DOI:10.3895/rbta.v10n1.1851

Como citar:

CHAICOUSKI, A.; SILVA, M.; CANTERI, M. H. G. Estudo da atividade da enzima pectinametilesterase obtida a partir do albedo de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*), fresco e liofilizado, em diferentes graus de maturação. **R. bras. Tecnol. Agroindustr.**, Ponta Grossa, v. 10, n. 1, p. 2026-2038, jan./jun. 2016. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Adeline Chaicouski

Rua Paulo Frontin, 633, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

