

**Modelo de primeira ordem multicomponente para inativação térmica
em processo descontínuo da Peroxidase e Polifenoloxidase
presentes na água de coco verde (*Cocos nucifera* L.)**

Antonio T. Kikuda¹; Carmen C. Tadini¹; Renato Fernandes^{1*}

RESUMO

Ensaio de inativação térmica das enzimas peroxidase e polifenoloxidase presentes na água de coco por processo descontínuo foram conduzidos a diferentes temperaturas (80°C, 85°C e 90°C) e tempos de inativação (0, 40, 60, 80, 100, 120, 200, 350, 500s) em duplicata, totalizando 54 ensaios. Os valores obtidos da atividade residual foram ajustados segundo um modelo de primeira ordem multicomponente sugerindo que ocorrem pelo menos duas isoenzimas de resistência térmica diferentes. Observou-se que quanto maior a temperatura de inativação, mais a cinética de inativação térmica da peroxidase se aproxima à da isoenzima mais resistente.

SUMMARY

MULTICOMPONENT FIRST-ORDER MODEL FOR THERMAL INACTIVATION OF POLYPHENOLOXIDASE AND PEROXIDASE IN GREEN COCONUT WATER (*COCOS NUCIFERA* L.) BY BATCH PROCESS. Thermal inactivation assays of the enzymes peroxidase and polyphenoloxidase present in coconut water by a batch process were conducted at different temperatures (80, 85 and 90°C) and inactivation times (0, 40, 60, 80, 100, 120, 200, 350, 500s) and replicated in a total of 54 assays. The residual activity data obtained were adjusted according to a first order multicomponent model suggesting that at least two isozymes with different thermal resistances are present. The higher the inactivation temperature, the closer the kinetics of thermal inactivation of peroxidase becomes to that of the more resistant isozyme.

Palavras chave: Polifenoloxidase, peroxidase, inativação, cinética

1. INTRODUÇÃO

A água de coco é uma bebida isotônica natural existente na cavidade do coco e corresponde a aproximadamente 25% do peso do fruto. Possui um sabor doce, refrescante e muito agradável, além de ser nutritiva e pouco calórica [2].

Segundo a FAO [6], em 2000 o Brasil foi o quinto maior produtor mundial de coco, e de acordo com o IBGE [3], no mesmo ano, o Estado da Bahia foi o maior produtor desse fruto.

Dentre os vários fatores que podem degradar a água de coco, as enzimas polifenoloxidase (PFD) e a peroxidase (POD) exercem papel fundamental.

¹ Escola Politécnica - Depto de Eng. Química, Lab. de Eng. de Alimentos, C.P 61548, São Paulo -SP, CEP 05424-970, BRASIL e-mail: catadini@usp.br

A polifenoloxidase catalisa reações de oxidação de compostos fenólicos, na presença de oxigênio, cujos produtos se polimerizam, formando compostos de cor escura. A peroxidase catalisa reações que estão associadas à deterioração de diversos nutrientes como ácido ascórbico e também com o sabor dos alimentos [9].

O conhecimento da cinética de inativação térmica dessas duas enzimas permitirá avaliar a eficiência de um processo térmico envolvendo a água de coco.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A matéria prima utilizada foi o coco verde (*Cocos nucifera* L.) adquirido no comércio varejista da cidade de São Paulo.

Os ensaios de inativação térmica foram realizados imergindo tubos de ensaio com 5mL de água de coco não processada em banho de água termostatizado (MLW), à temperatura de inativação e tempo de retenção pré-estabelecidos. Após esse tempo, o tubo foi imediatamente imerso em um banho com gelo para interromper o processo de inativação térmica.

A atividade residual da polifenoloxidase foi obtida segundo o método proposto por PONTING e JOSLYN, modificado por CAMPOS et al. [4]. O resultado da atividade da PFD foi reportado como unidades de absorvância por mL por grau Brix por minuto (U/mL.°Brix.min).

A atividade residual da peroxidase foi obtida segundo o método proposto por FERHMANN e DIAMOND, modificado por CAMPOS et al. [4]. O resultado da atividade da POD foi reportado como unidades de absorvância por mL por grau Brix por minuto (U/mL.°Brix.min).

Análises físico-químicas na água de coco não processada foram conduzidas: sólidos totais, determinados por gravimetria de acordo com a AOAC [1]; sólidos solúveis, expressos como °Brix, medidos em refratômetro marca Carlzeiss Jena e corrigidos pela acidez total (AOAC) [1]; pH, medido diretamente no pH-Stat Radiometer PHM - 290; acidez total, expressa como porcentagem de ácido cítrico conforme a AOAC [1].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos nas análises da água de coco não processada.

Os resultados obtidos de atividade residual para as duas enzimas foram ajustados segundo um modelo de primeira ordem multicomponente segundo a equação 1. Diversos autores tem propostos modelos de cinética de inativação não lineares. Polakovic e Vrabel [8] apresentam uma revisão de diversos modelos de cinética (bifásico, inativação com período de fase lag, e sobreativação), ajustando dados obtidos da literatura. Fujikawa e Itoh [7] aplicam o modelo multicomponente de primeira ordem para uma suspensão de esporos de dois fungos com resistência térmica diferentes. Collet et al. [5] propuseram esse mesmo modelo para a inativação

térmica da pectinesterase na pasteurização contínua do suco de laranja, considerando que a enzima é constituída de duas isoenzimas com resistências térmicas diferentes.

$$\frac{A}{A_0} = a \times \exp(-k_1 \times t) + (1-a) \times \exp(-k_2 \times t) \quad (1)$$

Onde 'a' representa a fração de atividade da isoforma mais termorresistente, k_1 e k_2 são as constantes da cinética de inativação térmica para a isoenzima menos e mais termorresistente respectivamente.

A tabela 2 mostra os parâmetros obtidos do ajuste dos dados ao modelo através de regressão não linear para cada temperatura. A figura 1 ilustra as cinéticas de inativação térmica da peroxidase obtida dos dados experimentais segundo o modelo descrito pela equação 1.

Tabela 1: Análises físico-químicas da água de coco não processada.

Lote	Acidez (%)	Brix (°)	pH	ST (%)	PFD ₀ (U/mL.°Brix.min)	POD ₀ (U/mL.°Brix.min)
1	0,010	4,9	5,045	5,38±0,04	(3,36±0,07).10 ⁻³	(7,4±0,1).10 ⁻⁴
2	0,011	5,0	4,837	5,73±0,03		(7,2±0,4).10 ⁻⁴

Acidez (%):Acidez titulável expressa em porcentagem de ácido cítrico

ST (%): Porcentagem de sólidos totais

°Brix: Valor de grau Brix corrigido pela temperatura e acidez.

PFD₀: Atividade da PFD presente na água de coco não processada, expressa em Unidades por mL de água de coco por grau Brix por minuto.

POD₀: Atividade da enzima POD presente na água de coco não processada, expressa em Unidades por mL de água de coco por grau Brix por minuto.

Tabela 2: Parâmetros obtidos do ajuste dos dados experimentais ao modelo¹ de primeira ordem multicomponente

	T (°C)	a	k ₁ (s ⁻¹)	k ₂ (s ⁻¹)	R ² (%)
PFD	80	0,6559	1,696.10 ⁻²	1,984.10 ⁻³	93,78
POD	80	0,5826	2,193.10 ⁻²	-7,117.10 ⁻⁴	89,28
POD	85	0,2068	1,281	3,010.10 ⁻³	95,25
POD	90	0,5983	2,359.10 ⁻²	2,385.10 ⁻²	97,01

$$^1 \frac{A}{A_0} = a \times \exp(-k_1 \times t) + (1-a) \times \exp(-k_2 \times t)$$

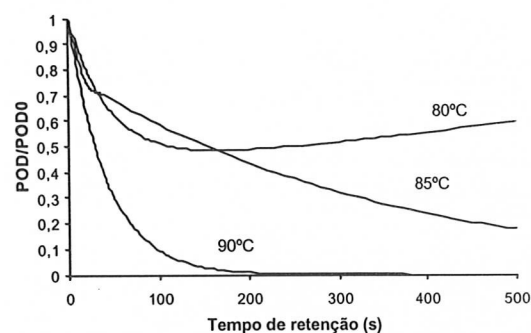


Figura 1: Curvas das cinéticas de inativação térmica para a POD segundo o modelo descrito pela equação 1

Analisando as curvas das cinéticas da POD da figura 1, conclui-se que a cinética obedeceu a um modelo não linear e provavelmente a enzima está presente na água de coco na forma de duas isoenzimas com resistência térmica diferente.

Pelas curvas do modelo ajustado nas temperaturas estudadas, observa-se que quanto maior a temperatura empregada, mais a cinética de inativação térmica da peroxidase se aproxima a da isoenzima mais resistente.

4 AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo apoio ao projeto e a CAPES pela bolsa fornecida.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. AOAC Official Methods of Analysis, v.2, 16ed., Washington D.C., 1995.
- [2] ARAGÃO, W. M. A importância do coqueiro-anão verde. Disponível em <<http://www.embrapa.br>>, acessado em 14/02/2002.
- [3] Banco de dados agregados do IBGE, disponível <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>, acessada em 14/02/2002.
- [4] CAMPOS, C.F.; SOUZA, P.E.A.; COELHO, J.V.; GLÓRIA, M.B.A. Chemical Composition, Enzyme Activity and Effect of Enzyme Inactivation on Flavor Quality of Green Coconut Water. *Journal of Food Processing and Preservation*, v.20, p. 487-500, 1996.
- [5] COLLET, L. S. F. C. A., SHIGEOKA, D. S., BADOLATO, G. G. & TADINI, C. C. A kinetic study of inactivation of pectinesterase during continuous pasteurization of orange juice. *Anais do 11th World Congress of Food Science & Technology*, Seoul, Coréia, p. 82-2, 2001.
- [6] FAO statistical databases, disponível em <<http://apps.fao.org>>, Acessada em 14/02/2002.
- [7] FUJIKAWA, H.; ITOH, T. Characteristics of a multicomponent first-order model for thermal inactivation of microorganisms and enzymes. *International Journal of Food Microbiology*, V.31, p.263-271, 1996.
- [8] POLAKOVIC, M.; VRÁBEL, P. Analysis of the Mechanism and Kinetics of Thermal Inactivation of Enzymes: Critical Assessment of Isothermal Inactivation Experiments. *Process Biochemistry*, V.31, N.8, p. 787-800, 1996.
- [9] ROBINSON, D.S.; ESKIN, N.A.M. *Oxidative Enzymes in Foods*. Elsevier Applied Science, 1991. Cap 1, p.1-47; Cap 6, p.217-273.