

EFEITO DO CALOR NA ATIVIDADE DA POLIFENOL OXIDASE E
PEROXIDASE EM ALGUMAS FRUTAS E HORTALIÇAS*

E. SILVA**
J.N. NOGUEIRA***

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de tratamentos térmicos na atividade da polifenol oxidase e da peroxidase em algumas frutas e hortaliças, bem como estudar a possível regeneração dessas enzimas após a peroxidação.

Em termos gerais, nas frutas a polifenol oxidase apresentou maior resistência à inativação pelo calor que a peroxidase e no caso das hortaliças ocorreu o inverso.

* Trabalho realizado com parte dos dados contidos na Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à ESALQ, em 1982. Entregue para publicação em 23/08/83.

** Faculdade de Farmácia e Química, USP.

*** Departamento de Tecnologia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

Quanto à regeneração das enzimas após apertização, o fenômeno foi constatado somente no caso da peroxidase que mostrou assim grande estabilidade às condições adversas durante aquele tratamento térmico. A polifenol oxidase por sua vez, demonstrou ser uma enzima muito sensível, não se regenerando durante o tempo em que os produtos ficaram armazenados.

INTRODUÇÃO

O escurecimento que ocorre normalmente em frutas e hortaliças durante o processamento, ou quando os tecidos são danificados ou expostos a condições anormais, é devido principalmente a oxidações enzimáticas (MATHEW & PARIPIA, 1971), embora reações de natureza não enzimica possam também ocorrer (MEYER, 1975).

As principais enzimas responsáveis pelas reações de escurecimento são as polifenol oxidases (PONTING, 1960 e ESKIN et alii, 1971) e as peroxidases (VOIROL, 1972 e WHITAKER, 1976). O escurecimento enzimático, geralmente altera não só a aparência como o flavor e o valor nutritivo dos alimentos. Assim, é importante que se conheça os mecanismos dessas reações e os métodos pelos quais elas podem ser controladas nos diversos produtos.

A resistência das oxidases ao calor tem sido muito estudada, isto porque talvez seja o calor o método mais utilizado para inativação destas enzimas em processos como branqueamento e pasteurização, pré-tratamentos a que são submetidas frutas e hortaliças antes da apertização, congelamento ou desidratação, ou ainda na obtenção de sucos e purês (ESKIN et alii, 1971).

A estabilidade da polifenol oxidase ao calor foi investigada por YANKOV (1962) em 18 diferentes sucos de fruta. Observou o autor que as enzimas do suco contendo polpa, são mais resistentes ao calor do que aquelas do suco clarificado, provavelmente devido a uma maior atividade enzimica na polpa. JANKOW (1963) estudando o efeito do calor em diferentes frutas, constatou uma grande resistência da polifenol oxidase e uma baixa resistência da peroxidase. Em estudo semelhante, YANKOW (1963) observou também que a polifenol oxidase é mais estável nas frutas do que em hortaliças.

A resistência térmica das enzimas, particularmente da peroxidase varia consideravelmente, mesmo entre as diferentes variedades da mesma hortaliça (ESSELEN & ANDERSON, 1956). De um modo geral, um aquecimento a 80°C por 10 a 20 minutos ou a 100°C por 2 a 5 minutos, é suficiente para a inativação das enzimas. No entanto, deve-se sempre ter em mente que tudo depende da fruta ou hortaliça considerada (MATHEW E PARPIA, 1971).

Segundo alguns autores, as polifenol oxidases de frutas como abacate, variedade Lerman e Fuerte (KAHN, 1977), pêssigo Clingstone (WONG et alii, 1971), peras d'Anjou (HALIM & MONTGOMERY, 1978) e peras Bartlett (RIVAS & WHITAKER, 1973) se caracterizam por uma grande resistência ao calor. Do mesmo modo, a peroxidase também é uma enzima altamente resistente ao calor, podendo mesmo se regenerar, dependendo das condições de sua inativação (SCHWIMMER, 1972).

ESSELEN & ANDERSON (1956) apresentaram dados da destruição térmica da peroxidase em 17 diferentes vegetais a 87 e 134°C, e mostraram que a quantidade de calor requerida para prevenir a regeneração da enzima durante o armazenamento é de duas a quatro vezes maior do que a requerida para inativar a enzima.

O fenômeno da regeneração não tem até o presente uma explicação adequada. Supõe-se que a proteína desnaturada possa, depois de um certo tempo, reorganizar-se

parcialmente através de pontes de hidrogênio e ligações dissulfeto, recuperando assim sua atividade (BRAVERMAN, 1963 e WANG & DIMARCO, 1972).

Visando determinar as melhores condições para o controle do escurecimento enzimico, propusemo-nos, no presente trabalho, estudar o efeito de alguns tratamentos térmicos na atividade da polifenol oxidase e da peroxidase em algumas frutas e hortaliças, bem como estudar a possível regeneração dessas enzimas após processamento térmico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Matéria-prima

Neste estudo foram utilizadas as seguintes frutas e hortaliças: pera (*Pyrus betulaeifolia*), var. d'Água; figo (*Ficus carica* L.), var. Roxo de Valinhos; banana (*Musa cavendishi*), var. Nanica; maçã (*Mallus sylvestris* Mill), var. Golden Delicious; pêsego (*Prunus persica* v. *vulgaris*), var. Talismã; cenoura (*Daucus carota*), var. Roxa; couve-flor (*Brassica oleracea* v. *botrytis*), var. Bola de Neve; batata (*Solanum tuberosum* L.), var. Bintje e palmito (*Euterpe edulis* Mart.) (Juçara).

As diversas variedades foram adquiridas na região de Piracicaba e representam, de um modo geral, as respectivas frutas e hortaliças mais comercializadas no Estado de São Paulo.

Para obtenção das frutas e hortaliças, adotou-se como critério, adquirir somente aquelas que se apresentavam em excelentes condições para o consumo in natura.

Uma vez obtida, a matéria-prima era imediatamente transportada para as dependências do Departamento de Tec

nologia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, onde foi analisada e processada.

Determinação da atividade da polifenol oxidase (PFO)

A atividade da PFO foi determinada de acordo com a técnica descrita por PONTING & JOSLYN (1948), com algumas alterações.

Amostras de 40 g de fruta ou hortaliça, descascada, e 160 ml de água destilada gelada (0°-4°C), foram trituradas por três minutos em liquidificador. O material assim preparado, foi centrifugado (International K) por 15 minutos a 1500 rpm. O líquido sobrenadante foi passado para um Erlenmeyer de 250 ml com tampa e colocado em banho de gelo picado, para ser utilizado como fonte enzimica (extrato enzimico).

Em outro Erlenmeyer de 250 ml foram adicionados, 3 ml de catecol 0,1M e 96 ml de tampão fosfato 0,2M, pH 6 (substrato), que a seguir foi deixado em banho-maria a 30°C até estabilizar a temperatura. A este substrato foi adicionado 1 ml do extrato enzimico, sendo então rapidamente homogeneizado; tomou-se cerca de 10 ml em um tubo do espectrofotômetro, efetuando-se 10 leituras de 1 em 1 minuto, em 425 nm.

O espectrofotômetro usado foi o Coleman Júnior II, modelo 6/20, previamente calibrado com água destilada. Como controle para a reação enzimica, foi utilizado um tubo do espectrofotômetro contendo apenas o substrato (catecol e tampão fosfato).

Uma unidade da enzima (PFO) foi definida como a quantidade de extrato enzimico que acusou um aumento na absorbância de 0,001 unidades por minuto.

Determinação da atividade da peroxidase (PO)

A atividade da peroxidase foi determinada de acordo com a técnica descrita por FERHRMANN & DIAMOND (1967), com algumas modificações.

Amostras de 40 g de fruta ou hortaliça, descascada, e 160 ml de água destilada (0°-4°C), foram trituradas por três minutos em liquidificador. O material assim preparado, foi centrifugado (International K) por 15 minutos a 1500 rpm. O líquido sobrenadante foi passado para um Erlenmeyer de 250 ml com tampa e colocado em banho de gelo picado, para ser utilizado como fonte enzimica (extrato enzimico).

Em outro Erlenmeyer de 50 ml foram adicionados, 20 ml de tampão fosfato 0,2M, pH 6 e 2 ml do extrato enzimico, que a seguir foi deixado em banho-maria a 25°C até estabilizar a temperatura. Após a estabilização, foi adicionado 1 ml de guaiacol 0,5% e em seguida 1 ml de H₂O₂ 0,08%, sendo então rapidamente homogeneizado; tomou-se a seguir 10 ml em tubo do espectrofotômetro, efetuando-se 10 leituras de 1 em 1 minuto, em 470 nm.

O espectrofotômetro usado foi o Coleman Júnior II, modelo 6/20, previamente calibrado com água destilada. Como controle para a reação enzimica foi utilizado um tubo do espectrofotômetro contendo a mistura reativa menos o peróxido de hidrogênio (tampão fosfato, extrato enzimico e guaiacol).

Também no caso da PO, uma unidade foi definida como a quantidade de extrato enzimico que acusou um aumento na absorbância de 0,001 unidades por minuto.

Condições em que foram estudadas as atividades da PFO e PO

As atividades da PFO e PO foram estudadas nas frutas e hortaliças nas seguintes condições:

- a) No extrato enzimico obtido da matéria-prima **in natura**. Neste caso determinou-se a atividade ótima das enzimas, sendo feitas duas repetições para cada fruta ou hortaliça, em estudo. Estes dados foram utilizados como base para o cálculo do efeito (% de inativação) dos tratamentos térmicos aplicados na inativação e regeneração das enzimas estudadas.
- b) No extrato enzimico submetido a tratamento térmico. Após a obtenção do extrato de cada enzima, 5 ml deste, em tubo de ensaio (série de três tubos), foi colocado em banho-maria às temperaturas de 70°, 80° e 90°C. Após a estabilização da temperatura, foram contados 2 minutos e o extrato foi imediatamente resfriado, colocando-se em banho de gelo picado. Após o resfriamento, foi feita a avaliação da atividades das duas enzimas, com duas repetições para cada tratamento térmico em estudo.
- c) No extrato obtido da fruta ou hortaliça após zero, 30 e 60 dias do processamento térmico (apertização). Neste caso também foram feitas duas repetições para cada período de tempo estudado.

Processamento das frutas

As frutas foram processadas na forma de frutas em calda. A figura 1 mostra o fluxograma das operações utilizadas no processamento.

Preparo

Conforme a fruta, variou o modo como foi feito o preparo. Os pêssegos foram descascados, cortados em metades e descarçados. As peras e maçãs também foram descascadas e cortadas em metades. A banana foi descascada e cortada em pedaços de 9 cm de comprimento. O figo foi apenas cortado em metades. O descascamento foi feito a

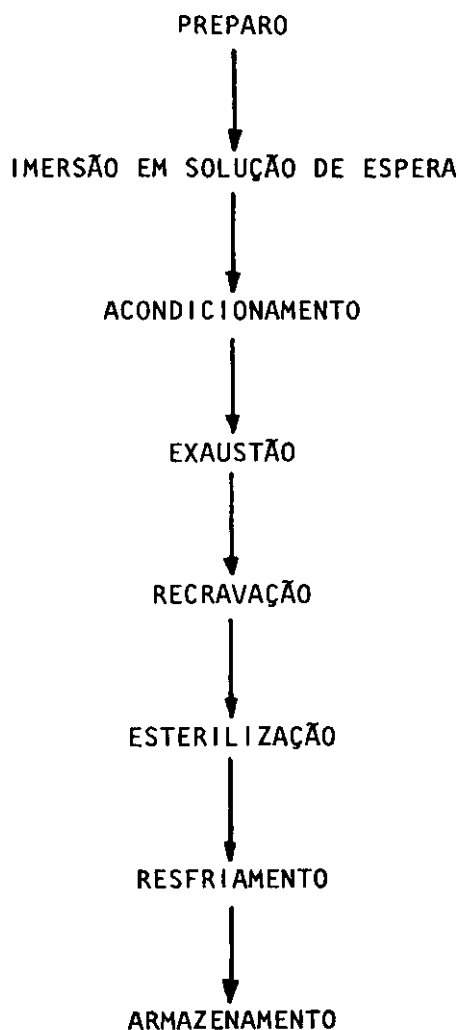


Figura 1. Fluxograma das operações utilizadas no processamento das frutas.

mão, tendo-se o cuidado de mergulhar freqüentemente as frutas numa solução de cloreto de sódio a 2%, como um tratamento prévio temporário para evitar o escurecimento enzimico.

Imersão em solução de espera

Após o preparo, as frutas, exceção feita à banana, foram imersas em uma solução de 2% de cloreto de sódio, onde ficaram até que o processamento tivesse prosseguimento.

Acondicionamento

O acondicionamento foi feito em latas de 1 kg (99,5 x 118,0 mm) revestidas internamente com verniz epoxi, obtidas da Rheem Metalúrgica S/A. Em cada lata foram colocadas 500 g da fruta e 1,5 g de ácido cítrico, no caso da pera e pêsego, e 3 g no caso da banana, maçã e figo. A seguir foi adicionado xarope de sacarose a 50° Brix até cobrir todo o material, deixando um espaço livre de 6 a 8 mm. Para facilitar a exaustão, o xarope foi adicionado a quente (cerca de 90°C).

Exaustão e recravação

Os recipientes devidamente preenchidos, ainda abertos, foram colocados em banho-maria com água em ebulição (98°C), ficando a parte superior das latas a cerca de 3 cm acima do nível da água. Os recipientes foram aquecidos até que a temperatura do xarope atingisse 85°C, no centro geométrico da lata. Após a exaustão, as latas foram recravadas em recravadeira Dixie e conduzidas para a esterilização.

Esterilização

A esterilização foi feita por imersão das latas em água fervente (98°C), por 30 minutos no caso do pêssego, pera, maçã e figo e por 40 minutos no caso das bananas.

Resfriamento e armazenamento

Após a esterilização, as latas foram resfriadas por imersão em tanque com circulação de água fria. As latas foram retiradas com uma temperatura de cerca de 35°C, escorridas e armazenadas a temperatura ambiente (25-30°C).

Processamento das hortaliças

O fluxograma das operações utilizadas no processamento da batata, couve-flor e cenoura constam da Figura 2.

Preparo

As batatas foram descascadas a mão, tendo-se o cuidado de mergulhá-las freqüentemente numa salmoura com 2% de cloreto de sódio, e processadas inteiras. A couve-flor foi cortada em pedaços (5 cm de comprimento) e a cenoura em rodela (1 cm de espessura).

Imersão em solução de espera e branqueamento

As batatas não foram branqueadas, permanecendo imersas em uma salmoura com 2% de cloreto de sódio, até o acondicionamento. A cenoura e a couve-flor foram bran-

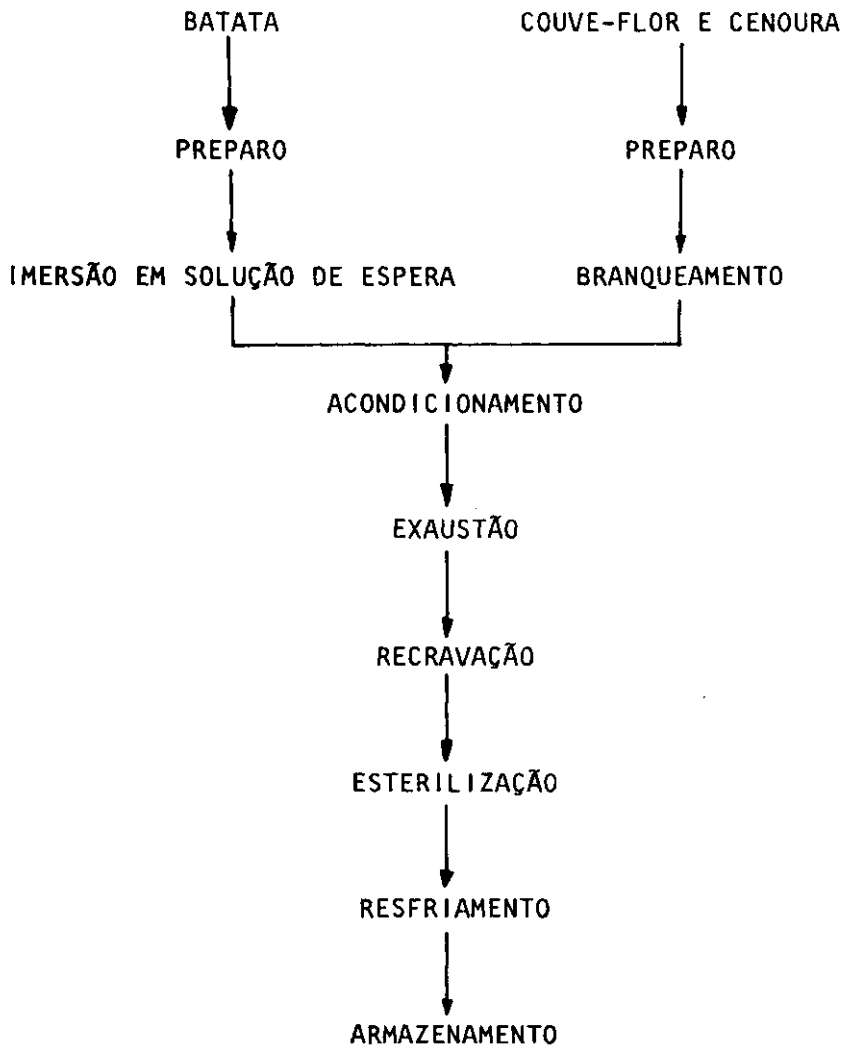


Figura 2. Fluxograma das operações utilizadas no processamento da batata, couve-flor e cenoura.

queadas por imersão em água fervente (98°C) por 3 minutos, após o que foram imediatamente resfriadas.

Acondicionamento

O acondicionamento, também como para as frutas, foi feito em latas de 1 kg (99,5 x 118,0 mm), revestidas internamente com verniz epoxi, obtidas da Rheem Metalúrgica S/A. Em cada lata foram colocadas 500 g de hortaliça e a seguir adicionada salmoura a 3%, a quente (cerca de 90°C), até cobrir o material, deixando-se um espaço livre de 6 a 8 mm.

Exaustão e recravação

Foram feitas da mesma maneira como descrito para as frutas.

Esterilização

A esterilização foi feita em autoclave, a 115,5°C por 30 minutos.

Resfriamento e armazenamento

Estas operações foram feitas de maneira idêntica à descrita para as frutas.

Processamento do palmito

A Figura 3 mostra o fluxograma das operações utilizadas no processamento do palmito.

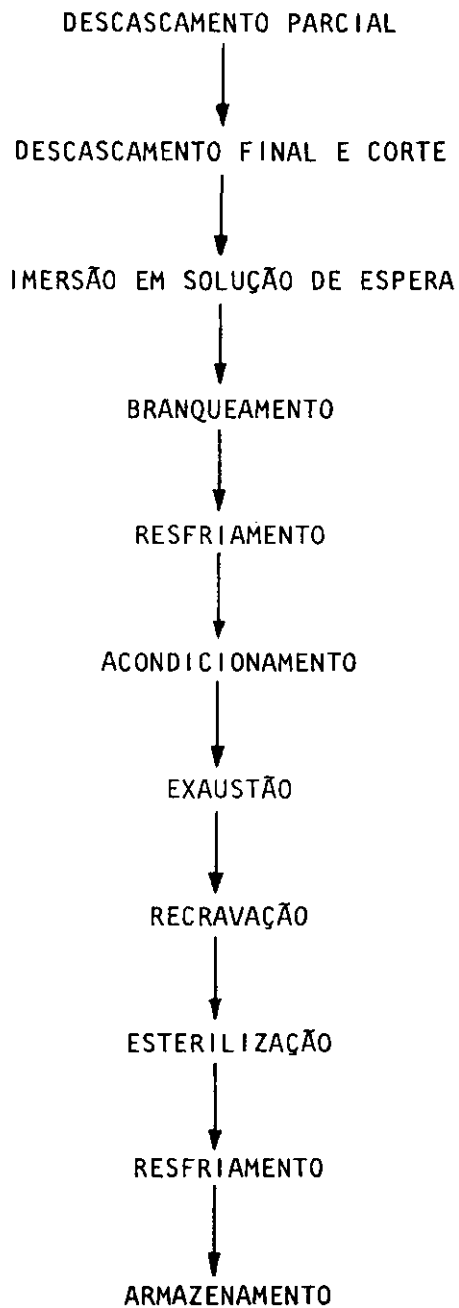


Figura 3. Fluxograma das operações utilizadas no processamento do palmito.

Descascamento

No descascamento inicial, foram deixadas duas bainhas protegendo o creme. Cada creme foi dividido ao meio, separando-se ponta e base, que foram processadas separadamente. O descascamento final e o corte do creme em toletes (9 cm de comprimento), foram efetuados dentro de uma solução contendo 0,5% de ácido cítrico, como um tratamento prévio temporário para evitar o escurecimento enzimico.

Imersão em solução de espera

Após o corte do creme, os toletes foram imediatamente colocados numa solução contendo 5% de cloreto de sódio e 1% de ácido cítrico, onde permaneceram até que fosse aplicado o branqueamento.

Branqueamento e resfriamento

O branqueamento foi feito por imersão dos toletes numa salmoura em ebulição, durante 20 minutos. A salmoura continha 2% de cloreto de sódio e 0,2% de ácido cítrico. Imediatamente após o branqueamento, os toletes foram resfriados por imersão em água a temperatura entre 30 e 50°C.

Acondicionamento

O acondicionamento foi feito da mesma maneira que para as outras hortaliças, variando apenas a composição da solução de enlatamento, que conteve 3% de cloreto de sódio e 0,7% de ácido cítrico (para obter pH de equilíbrio 4,3).

Exaustão e recravação

Foram feitas da mesma maneira que para as outras hortaliças.

Esterilização

A esterilização foi feita por imersão das latas em água fervente (98°C) por 45 minutos.

Resfriamento e armazenamento

Também foram feitos da mesma maneira que para as outras hortaliças.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados aqui apresentados (Tabela 1 a 7) correspondem, de um modo geral, às médias das diversas determinações.

Efeito do calor na atividade da PFO e PO em frutas

No sistema enzimico de todas as frutas foi constatada a atividade da polifenol oxidase (PFO). O figo foi a fruta que apresentou a menor atividade para esta enzima, mas apesar disso, a PFO do figo foi a que demonstrou maior resistência ao tratamento térmico, não sendo totalmente inativada mesmo no binômio 90°C/2 minutos, tratamento que inativou completamente a enzima nas outras frutas (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito do calor na atividade da PFO em frutas (% de inibição).

Frutas	Tratamentos térmicos (2 minutos)		
	70°C	80°C	90°C
Pera	90,5	100,0	100,0
Figo	25,0	50,0	75,0
Banana	52,8	94,5	100,0
Maçã	75,0	100,0	100,0
Pêssego	28,6	100,0	100,0

A PFO da pera d'Água foi a que demonstrou maior sensibilidade ao tratamento térmico. Já RIVAS & WHITAKER (1973), trabalhando com PFO de peras Bartlett, concluíram que ela se caracteriza por uma grande resistência térmica, relatando em seus resultados que após 60 minutos de aquecimento a 75°C permanecia ainda 35 a 27% de atividade da enzima. HALIM & MONTGOMERY (1978) trabalhando também com peras (var. d'Anjou), relataram que 50% da atividade da enzima foi inativada após aquecimento a 80°C/2,25 minutos. No presente trabalho a PFO da pera não pode ser caracterizada como tendo uma grande resistência térmica, isto porque após aquecimento a 70°C/2 minutos, 90,5% de sua atividade foi perdida e a 80°C/2 minutos houve 100% de inativação.

O tratamento térmico também foi eficiente para a inativação da PFO da banana, porém somente foi completamente inativada pelo binômio 90°C/2 minutos.

A PFO da maçã apresentou grande sensibilidade ao tratamento térmico, pois no binômio 70°C/2 minutos houve uma redução de 75% em sua atividade e a 80°C/2 minutos, foi obtida a inativação total.

WONG et alii (1971) trabalhando com pêssegos da variedade Clingstone isolaram quatro isoenzimas que se caracterizavam por uma diferença em relação à estabilidade

ao tratamento térmico, porém todas elas foram rapidamente inativadas a 76°C/2 minutos. Resultados semelhantes foram encontrados no presente trabalho para a variedade Talismã, pois a PFO desta variedade de pêssigo foi totalmente inativada pelo binômio 80°C/2 minutos.

Foi em figo que se constatou a maior atividade da peroxidase (PO), encontrada nas frutas. Foi também a PO do figo que demonstrou a maior resistência ao tratamento térmico (Tabela 2), não se conseguindo a inativação total nem mesmo no tratamento mais severo aplicado (90°C/2 minutos), enquanto que nas outras frutas aquela enzima foi totalmente inativada.

Tabela 2. Efeito do calor na atividade da peroxidase em frutas (% de inibição).

Frutas	Tratamentos térmicos (2 minutos)		
	70°C	80°C	90°C
Pera	100,0	100,0	100,0
Figo	11,2	31,9	98,6
Banana	100,0	100,0	100,0
Maçã	50,0	100,0	100,0
Pêssego	100,0	100,0	100,0

No caso da pera, banana e pêssigo a PO demonstrou grande sensibilidade ao tratamento térmico, conseguindo-se 100% de inibição de sua atividade a 70°C/2 minutos. A PO da maçã mostrou uma resistência um pouco maior pois no binômio 70°C/2 minutos obteve-se apenas 50% de redução em sua atividade, mas a 80°C/2 minutos a inativação foi total.

Efeito do calor na atividade da PFO e PO em hortaliças

Dentre as hortaliças estudadas, somente na couve-flor e palmito foi constatada atividade da polifenol oxidase (PFO), sendo a maior atividade registrada no palmito (base).

Analisando a Tabela 3, observa-se que a PFO do palmito mostrou uma maior resistência à inativação pelo tratamento térmico do que a PFO da couve-flor, que perdeu 100% de sua atividade no binômio 70°C/2 minutos. A PFO da ponta do creme do palmito mostrou-se menos resistente que a da base, sendo totalmente inibida pelo binômio 90°C/2 minutos (tratamento mais severo aplicado), mas que não inativou totalmente a PFO da base.

Tabela 3. Efeito do calor na atividade da PFO em hortaliças (% de inibição).

Hortaliças	Tratamentos térmicos (2 minutos)		
	70°C	80°C	90°C
Cenoura	-	-	-
Couve-flor	100,0	100,0	100,0
Batata	-	-	-
Palmito (ponta)	40,7	84,4	100,0
Palmito (base)	57,3	88,4	97,1

A peroxidase (PO) mostrou ser a enzima mais abundante e mais ativa nas hortaliças, sendo neste caso a mais importante.

A PO do palmito (base) foi a que apresentou a maior atividade e também a que demonstrou maior resistência ao tratamento térmico (Tabela 4). A PO da cenoura foi por sua vez a mais sensível àquele tratamento, obtendo-se sua

total inativação no binômio 80°C/2 minutos. A PO da couve-flor e da batata mostrou uma resistência térmica maior que a da cenoura não sendo totalmente inativada nem mesmo no binômio 90°C/2 minutos (tratamento mais energético aplicado).

Tabela 4. Efeito do calor na atividade da peroxidase em hortaliças (% de inibição).

Hortaliças	Tratamentos térmicos (2 minutos)		
	70°C	80°C	90°C
Cenoura	37,5	100,0	100,0
Couve-flor	27,5	97,0	99,4
Batata	42,5	91,8	95,9
Palmito (ponta)	7,9	17,7	40,6
Palmito (base)	10,5	12,1	27,5

Regeneração das enzimas após processamento térmico

A regeneração da atividade enzimática após o processamento térmico ou tratamento com outros agentes desnaturantes é bem conhecida (ESSELEN & ANDERSON, 1956; SCHWIMMER, 1972).

As Tabelas 5 e 6 mostram os resultados obtidos com o estudo da regeneração das enzimas polifenol oxidase (PFO) e peroxidase (PO) após o processamento térmico (apertização). Pode-se observar que tanto nas frutas como nas hortaliças não houve regeneração da PFO mesmo após 60 dias do processamento. O mesmo não aconteceu com a PO que em alguns casos se regenerou.

Segundo SCHWIMMER (1972) a peroxidase é geralmente muito estável às condições adversas encontradas durante o processamento de alimentos. A regeneração da PO poderá ocorrer em algumas horas ou dias, após o tratamento

térmico, e esta regeneração é atribuída a uma desnaturação reversível da proteína (WANG & DIMARCO, 1972).

Tabela 5. Atividade da PFO e PO (em unidades/ml) em frutas após processamento térmico (apertização).

Frutas processadas	PFO			PO		
	Dias após o processamento					
	0	30	60	0	30	60
Pera	0	0	0	0	0	0
Figo	0	0	0	0	0	1
Banana	0	0	0	0	0	0
Maçã	0	0	0	0	0	0,5
Pêssego	0	0	0	0	0	0

Tabela 6. Atividade da PFO e PO (em unidades/ml) em hortaliças após processamento térmico (apertização).

Hortaliças processadas	PFO			PO		
	Dias após o processamento					
	0	30	60	0	30	60
Cenoura	0	0	0	0	0	0,5
Couve-flor	0	0	0	0	0	0,5
Batata	0	0	0	0	0	0
Palmito (ponta)	0	0	0	0	8	50,0
Palmito (base)	0	0	0	0	6	12,0

Pela Tabela 6, pode-se observar que após 30 dias de processamento, já ocorreu regeneração da PO do palmito, nas duas partes do creme estudadas (ponta e base). A PO da ponta se apresentou menos ativa, na análise feita no palmito *in natura*, do que a enzima da base, mas apresentou uma maior taxa de regeneração. Após 30 dias do processamento havia recuperado 2,6% da atividade original enquanto que a enzima da base recuperou 1,6% (Tabela 7).

Tabela 7. Regeneração da atividade da PO em relação à atividade original após processamento térmico (apertização).

Fruta ou hortaliça	% da atividade original da PO após	
	30 dias do processamento	60 dias do processamento
Figo	-	1,4
Maçã	-	38,4
Cenoura	-	1,3
Couve-flor	-	0,5
Palmito (ponta)	2,6	16,6
Palmito (base)	1,6	3,3

Após 60 dias do processamento, a regeneração da PO também ocorreu no figo, maçã e couve-flor. A PO da couve-flor, cenoura e do figo apresentou uma taxa de regeneração pequena em relação às outras, recuperando, respectivamente 0,5%, 1,3% e 1,4% da atividade original (Tabela 7). A enzima da maçã, apesar da pouca atividade no extrato *in natura*, foi a que se mostrou mais estável ao tratamento térmico, tendo a maior taxa de regeneração durante o armazenamento (38,4%), seguida pela enzima extraída da ponta do creme do palmito.

As enzimas da pera, banana e pêssego demonstraram uma grande sensibilidade ao tratamento térmico, não ocorrendo regeneração durante o armazenamento do produto processado.

CONCLUSÕES

Em termos gerais, nas frutas a polifenol oxidase apresentou maior resistência à inativação pelo calor que a peroxidase e no caso das hortaliças ocorreu o inverso. Entre as frutas, a polifenol oxidase e peroxidase do figo foram as enzimas que apresentaram maior resistência ao calor, enquanto que entre as hortaliças, o mesmo ocorreu para o palmito (base).

O fenômeno da regeneração, após processamento térmico (apertização), foi constatado somente no caso da peroxidase que mostrou assim grande estabilidade às condições adversas encontradas durante aquele tratamento térmico.

SUMMARY

EFFECT OF HEAT TREATMENTS ON POLYPHENOL OXIDASE AND PEROXIDASE ACTIVITIES OF SOME FRUITS AND VEGETABLES

The objective of this paper was to study the effect of heat treatments on polyphenol oxidase and peroxidase activities in some fruits and vegetables, as well the possible regeneration of these enzymes after canning.

In general, for the fruits, polyphenol oxidase presented more resistance to be inactivated than peroxidase

and in the case of the vegetables the inverse occurred.

Concerning to the enzyme regeneration after canning, the phenomenon was evident only in the case of the peroxidase which showed great stability in adverse conditions found during heat processing. Polyphenol oxidase, for his turn, showed to be a very heat sensitive enzyme, as no regeneration was observed during the storage time of the processed products.

AGRADECIMENTO

Ao CNPq pelo auxílio concedido.

LITERATURA CITADA

- BRAVERMAN, J.B.S., 1963. **Introduction to the biochemistry of foods**. Amsterdam, Elsevier, 336 p.
- ESKIN, N.A.M.; HENDERSON, H.M.; TOWNSEND, R.J., 1971. **Biochemistry of foods**. London, Academic Press, 239 p.
- ESSELEN, W.B.; ANDERSON, E.E., 1956. Thermal destruction of peroxidase in vegetables at high temperatures. **Food Research**. Champaign **21**: 322-325.
- FERHRMANN, H.; DIAMOND, A.E., 1967. Peroxidase activity and phytopora resistance in different organs of the potato plant. **Phytopathology**. Lancaster, **57**: 69-72.
- HALIM, D.H.; MONTGOMERY, M.W., 1978. Polyphenol oxidase of d'Anjou pears (*Pyrus communis* L.). **Journal of Food Science**. Chicago, **43**: 603-608.

- JANKOV, C.I., 1963. Thermal inactivation of oxidases in fruits and vegetables. **Lebensmittel Ind.**, 10: 23-25. **Apud Chem. Abstr.**, Easton, 63: 7578a, 1965.
- KAHN, V., 1977. Some biochemical properties of polyphenol oxidase from two avocado varieties differing in their browning rates. **Journal of Food Science**, Chicago, 42: 38-43.
- MATHEW, A.G.; PARPIA, H.A.B., 1971. Food browning as a polyphenol oxidase reaction. **Advances in Food Research**. New York, 19: 75-145.
- MEYER, L.H., 1975. **Food Chemistry**. Westport, The AVI Publ. Co., 385 p.
- PONTING, J.D.; JOSLYN, M.A., 1948. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts. **Archives of Biochemistry**. New York, 19: 47-63.
- PONTING, J.D., 1960. The control of enzymatic browning of fruits. In: SCHULTZ, H.W., ed. **Food Enzymes**. Westport, The AVI Publ. Co., p. 105-124.
- RIVAS, N.D.J.; WHITAKER, J.R., 1973. Purification and some properties of two polyphenol oxidases from Bartlett pears. **Plant Physiology**. New York, 52: 501-507.
- SCHWIMMER, S., 1972. Cell disruption and its consequences in food processing. **Journal of Food Science**. Chicago, 37: 530-535.
- VOIROL, F., 1972. Blanching of vegetables and fruits. **Food Processing Ind.** London, 41: 27-33.
- WANG, S.S.; DIMARCO, G.R., 1972. Isolation and characterization of the native, thermally inactivated and re-generated horseradish peroxidase isozymes. **Journal of Food Science**. Chicago, 37(4): 574-578.

- WHITAKER, J.R., 1976. Fundamental aspects of enzymology. In: COOLER, F.W. ed. **Enzymes Use and Control in Foods**. Anaheim, IFT, p. 2-13.
- WONG, T.C.; LUH, B.S.; WHITAKER, J.R., 1971. Isolation and characterization of polyphenoloxidase isoenzymes of Clingstone peach. **Plant Physiology**. New York, **48**: 19-23.
- YANKOV, S.I., 1962. Stability of polyphenoloxidase in fruit juice. **Biokhimiya** **27**: 235-239. **Apud Chem. Abstr.** Easton, **57**: 2638g, 1962.
- YANKOV, S.I., 1963. Heat inactivation of oxidizing enzymes in some fruits and vegetables. **Izv. Vgssh. Uch. Zaved. Pishch. Teknol.**, p. 29-32. **Apud Chem. Abstr.** Easton, **59**: 7851g, 1963.