

AVALIAÇÃO DA COLORAÇÃO, TEOR DE FENÓIS E ATIVIDADE DA PEROXIDASE NO GUACAMOLE CONSERVADO PELO FRIO

EVALUATION OF THE COLORATION, PHENOLS CONTENT AND PEROXIDASE ACTIVITY IN GUACAMOLE CONSERVED BY THE COLD

Daiuto, Èrica Regina*, Rogério Lopes Vieites**, Danielle Fernades Vileigas*** e Cintia Natsumi Higashi Myake***

*Engenheira Agrônoma. Unesp Botucatu São Paulo CEP:18610307, CP:237, Brasil. Faculdade de Ciências Agrônomicas. Pós-doutoranda no departamento de Horticultura. Endereço para correspondência: Rua Tulipa, 42. Vila Paraíso. Botucatu -SP, CEP: 18607141. Email: erdaiuto@uol.com.br.

**Profesor. FCA/UNESP. Departamento de Gestão e Tecnologia de Alimentos, Botucatu. Email: vieites@fca.unesp.br.

***Unesp/ Botucatu, Aluna de graduação do Curso de Nutrição. Email: dani.vileigas@gmail.com - cin-s2@hotmail.com

RESUMO

A comercialização do abacate processado é um desafio, pois o fruto depois de cortado escurece e suas características sensoriais são modificadas. O objetivo da pesquisa foi verificar o efeito do frio na conservação do guacamole elaborado com a variedade Hass, sem aditivos químicos. Foi avaliada a coloração (L a* b*), teor de fenóis e atividade da enzima peroxidase. Amostras do produto foram acondicionadas em embalagens de polietileno e de polietileno+nylon. Nas embalagens de polietileno+nylon houveram tratamentos com e sem aplicação de vácuo. As amostras embaladas foram submetidas ao tratamento frio: refrigeração, congelamento lento e rápido. As avaliações foram realizadas nos dias 1, 3, 5 e 7 para o tratamento refrigerado e 7, 30, 60 e 90 d para as amostras submetidas ao congelamento lento e rápido. Ocorre escurecimento do produto ao longo do período de armazenamento quando embalado em polietileno e armazenado sob refrigeração. No tratamento refrigerado as amostras caracterizaramse pelo maior teor de fenóis. Nas amostras congeladas as alterações na cor são menores, mas ocorre aumento da acidez o que pode alterar o sabor do produto.

Palavras Chave: *Persea americana* Mill; refrigeração; congelamento; processamento; atividade enzimática; coloração.

SUMMARY

The commercialization of processed avocado is a challenge, because the fruit after cut darkens and their sensorial characteristics are modified. The objective this research was to verify the effect of cold in the conservation of the guacamole elaborated with the variety Hass, without chemical addictive. The coloration was evaluated (L a* b*), phenol content and peroxidase enzyme activity. Samples of the product were conditioned in polyethylene and polyethylene+nylon packages. Polyethylene+nylon packages were evaluated with and without vacuum application. Packaged samples were submitted to cold treatment: cooling, slow and fast freezing. Evaluations were accomplished on the 1, 3, 5 and 7 days for the refrigerated treatment and 7, 30, 60 and 90 d for the samples submitted to the slow and fast freezing. It happens darkening of the product along the storage period when in packaged polyethylene and stored under cooling. In the refrigerated treatment the samples were characterized by the largest phenol content. In the frozen samples the alterations in the color are smaller, but increase of the acidity that can alter the flavor of the product.

Key Words: *Persea americana* Mill; refrigeration; freezing; processing; enzyme activity; color

RECIBIDO: enero 19, 2009

ACEPTADO: abril 22, 2009

INTRODUÇÃO

O abacate, *Persea americana* Mill. é uma fruta tropical cultivada em quase todas as regiões tropicais e subtropicais. As qualidades sensoriais, o valor nutritivo e a riqueza em vitaminas do abacate justificam plenamente a expansão do seu consumo. De modo geral o fruto é consumido na forma de saladas, sopas e molhos. Um dos produtos derivados do abacate é o guacamole, que é feito utilizando polpa de abacate, suco de limão e cebola, sal e pimenta. No Brasil o fruto é consumido na forma de sobremesas batido com leite, açúcar e limão.

A comercialização do fruto na forma processada é um grande desafio, pois a polpa escurece rapidamente depois de cortada devido presença de enzimas de escurecimento (Bates, 1968; Gómez-López, 2002; Luíz *et al.*, 2007).

Vários pesquisadores, em diversos países do mundo, tentam a obtenção de uma polpa estável de abacate, utilizando uma série de métodos de preservação, tais como: pasteurização, secagem, extração de óleo, congelamento e liofilização (Ruelhele apud Martim, 1991; Cruess *et al.*, 1951, apud Stephens *et al.*, 1958; Soliva *et al.*, 2001; Soliva-Fortuny *et al.*, 2004). Guzmán *et al.* (2002) avaliaram o uso do aquecimento em microondas aliado ao uso de cloreto de cobre na preservação da cor do purê de abacate. Usam-se também agentes químicos redutores, sequestrantes e ácidos (Son *et al.*, 2000). Estas substâncias podem ser usadas em processos combinados como tratamentos sob alta pressão (López-Malo *et al.*, 1998). Palou *et al.* (2000) pesquisaram o efeito do tratamento sob alta pressão sobre a atividade das enzimas polifenoloxidase e lipoxigenase responsáveis por alterações no produto processado.

De modo geral, duas opções são apresentadas na literatura para se tentar evitar o escurecimento enzimático no guacamole: tratamento térmico e a utilização de aditivos. O tratamento térmico pode alterar a granulidade do guacamole, tornando-o com aparência de um purê ou pasta. O tratamento térmico apesar de ser um tratamento efetivo para inativação da PFO, pode resultar no desenvolvimento de gosto amargo no abacate off-flavors (Ben-et *et al.*, 1973).

As variedades Hass e Fuerte são variedades de calibres menores e mais valorizadas comercialmente, muitas vezes exportadas com selo de certificação. O guacamole é um produto obtido do abacate que pode representar

uma alternativa para refugio de produção, frutos fora de padrão para comercialização ou variedades do fruto que não encontram mercado. Evitar o escurecimento do produto preservando as qualidades sensoriais e nutritivas do produto sem adição de aditivos é um desafio.

O objetivo da pesquisa foi verificar o efeito do frio na conservação do guacamole elaborado com a variedade Hass, sem a adição de aditivos químicos, sendo avaliada a coloração, teor de fenóis e atividade da peroxidase.

MATERIAS E MÉTODOS

Matéria prima

Frutos de abacate da variedade Hass foram fornecidos pela empresa Jaguacy, empresa localizada em Bauru, interior de São Paulo. Os frutos foram selecionados e utilizados na elaboração do guacamole. Os demais ingredientes como molho de pimenta, sal, limão (taiti), cebola e tomate (maduros e firmes) foram obtidos em supermercado.

Processamento

Os frutos em estágio adequado de maturação foram selecionados e processados para obtenção do guacamole, conforme esquematizado no fluxograma apresentado na Figura 1. O procedimento de preparo foi manual seguindo as boas práticas de manipulação de alimentos.

Os tomates, limão e cebola também foram sanitizados.

Tratamentos

Após o preparo porções de 50g de guacamole foram armazenados em sacos de polietileno e embalagem de nylon+polietileno sendo esta quantidade submetida a condições de refrigeração à 4 °C, congelamento lento em freezer doméstico (-18 °C) e congelamento rápido (-18 °C). O congelamento rápido foi realizado no equipamento Irinox-refrigerador HCFC 22.

Os tratamentos foram:

- a) sacos de polietileno sob refrigeração
- b) sacos de polietileno sob congelamento lento
- c) sacos de polietileno sob congelamento rápido
- d) embalagem nylon+polietileno sob refrigeração

- e) embalagem nylon+polietileno sob congelamento lento
- f) embalagem nylon+polietileno sob congelamento rápido
- g) embalagem nylon+polietileno com vácuo e sob refrigeração
- h) embalagem nylon+polietileno com vácuo sob congelamento lento
- i) embalagem nylon+polietileno com vácuo sob congelamento rápido

As embalagens foram previamente irradiadas com 10 kGy evitando-se contaminação do produto armazenado.

Sob refrigeração o produto foi avaliado após 1, 3 e 5 e 7 dias do preparo. As avaliações para o congelamento rápido e lento foram aos 7, 30, 60 e 90 d após processamento.

As análises foram realizadas até que a qualidade fosse aceitável para o consumidor, levando em consideração aspecto visual e coloração.

Coloração

A cor foi medida em colorímetro da marca Konica Minolta (Chroma meter, CR 400/410) em faixa de comprimento de onda de 380 a 780 nm. Foram realizadas a leitura de refletância com ângulo de observação de 2° e selecionado o iluminante C. A cor foi expressa pelo sistema de coordenadas retangulares $L^* a^* b^*$ conforme a Commission Internationale de Eclairage (CIE) onde L^* expressa em porcentagem valores de luminosidade (0% = negro e 100% = branco), a^* representa as cores vermelha (+) ou verde (-) e b^* as cores amarela (+) ou azul (-). Os resultados apresentados são médias de três repetições.

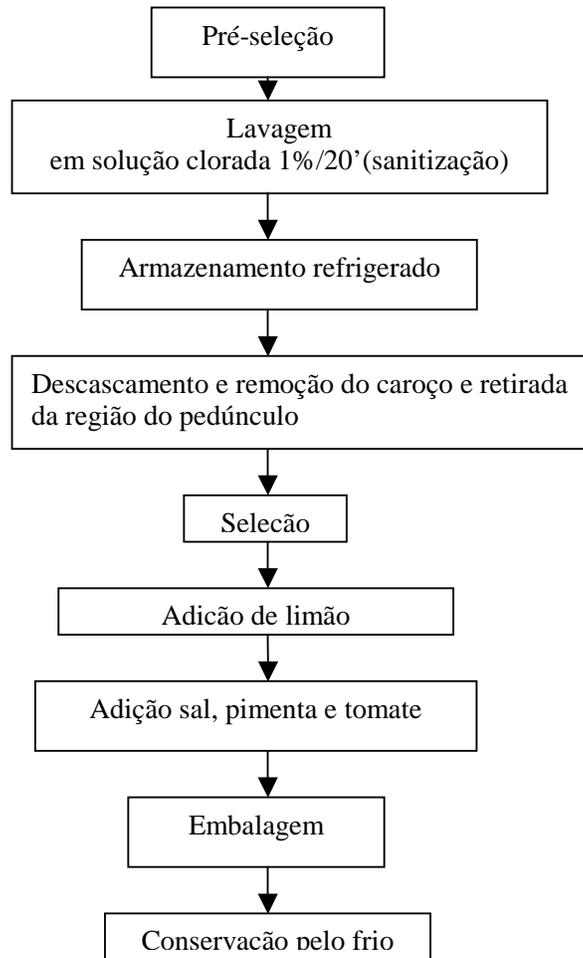


FIGURA 1. Fluxograma do processamento do guacamole.

Atividade da peroxidase (POD)

A extração e determinação da enzima foi realizada de acordo com método de Lima (1994). Os resultados são expressos em mol de água oxigenada consumidos por minuto (1mol H₂O₂ consumido/minuto/mg amostra).

Teor de fenóis totais

A extração foi feita de conforme Philips e Henshaw (1997), com modificações e a quantidade de fenóis segundo o método de Foli-Denis (Horwitz, 1995). Os resultados são expressos em miligrama de ácido gálico por grama de amostra.

Acidez e pH

A análise de pH foi realizada segundo a AOAC (1992) e acidez de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2005).

Análise dos dados

Os resultados apresentados para os diferentes tratamentos para enzima peroxidase, teor de fenóis, pH e acidez foram avaliados através de análise multivariada (Rencher, 1995) com correlação dos dados, fatorial e

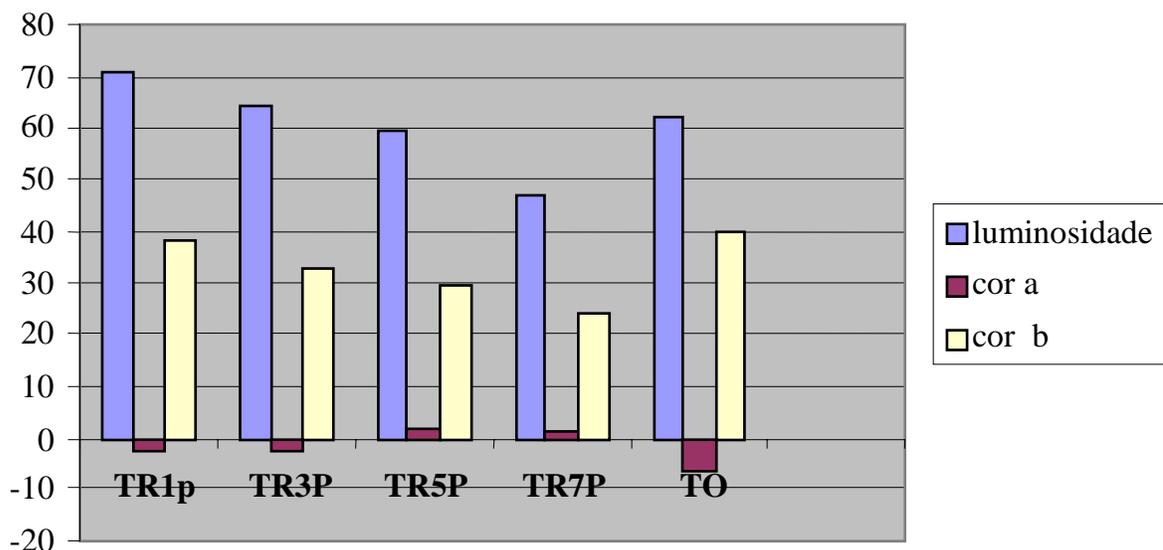
agrupamentos. Para análise de cor foi realizada correlação dos dados e agrupamentos

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Coloração

As amostras de guacamole apresentaram valores médios de luminosidade entre 57,2 a 70,8; -9,7 a 1,6 e 29,3 a 40,9, respectivamente para luminosidade (L*), cor a* e cor b*. Os valores da cor a* positivo indicam presença do componente azul de cor, no entanto estes valores foram baixos, já os valores negativos correspondem à cor verde. Os valores da cor b* foram maiores e positivos indicando presença do componente amarelo de cor.

A Figura 2 mostra o tratamento das amostras embaladas em polietileno sob refrigeração. Os valores de L diminuíram ao longo dos 7 d de armazenamento sob refrigeração, indicando escurecimento do produto. Os valores da cor a* passaram de valores negativos (verde) no tempo zero 1, e 3 para positivos (vermelho) nos tempos 5 e 7. Observa-se também a diminuição nos valores da cor amarela.



Legenda: T0 = tempo zero, TR = tratamento refrigerado e 1,3 e 7 = dias de armazenamento

FIGURA 2. Coloração do guacamole em embalagens de polietileno sob refrigeração.

Sob embalagem de nylon+polietileno sem aplicação de vácuo nos tratamentos de congelamento lento e rápido (Figura 3) não ocorreu mesma tendência de diminuição dos valores de luminosidade. Alguns valores foram até superiores ao tempo zero. O fato indica uma menor tendência ao escurecimento das amostras sob congelamento lento e rápido. O aumento dos valores de L^* em relação ao tempo 0 pode ser devido ao fato de que o produto não é composto apenas de abacate, ou seja, a cor pode ser influenciada pela presença dos demais ingredientes, como o tomate. A cor b^* também mostrou a mesma variação da luminosidade. Nas amostras congeladas os parâmetros de cor não se modificaram muito com o armazenamento.

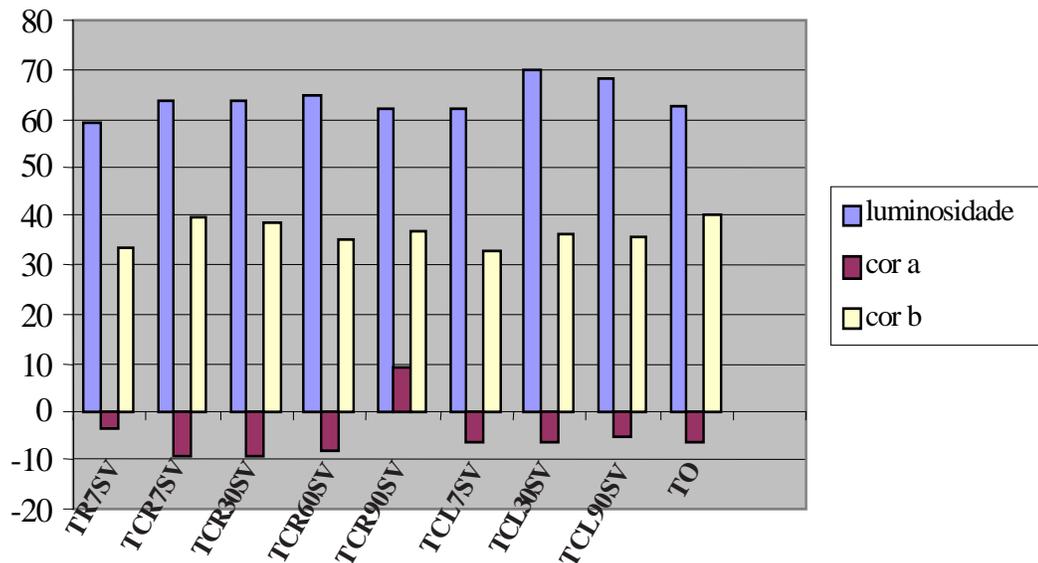
No tratamento da embalagem de nylon+ polietileno com aplicação de vácuo nos tratamentos de congelamento lento e rápido (Figura 4) a tendência observada foi semelhante ao tratamento da mesma embalagem sem aplicação de vácuo nos tratamentos de congelamento lento e rápido (Figura 3).

Uma análise de correlação linear mostrou valor médio de correlação negativa entre os parâmetros de cor a^* e b^* e baixa correlação destes parâmetros com a luminosidade.

Utilizou-se o método de agrupamento Ward e optou-se, com base no dendograma obtido, pela composição de três clusters (Figura 5).

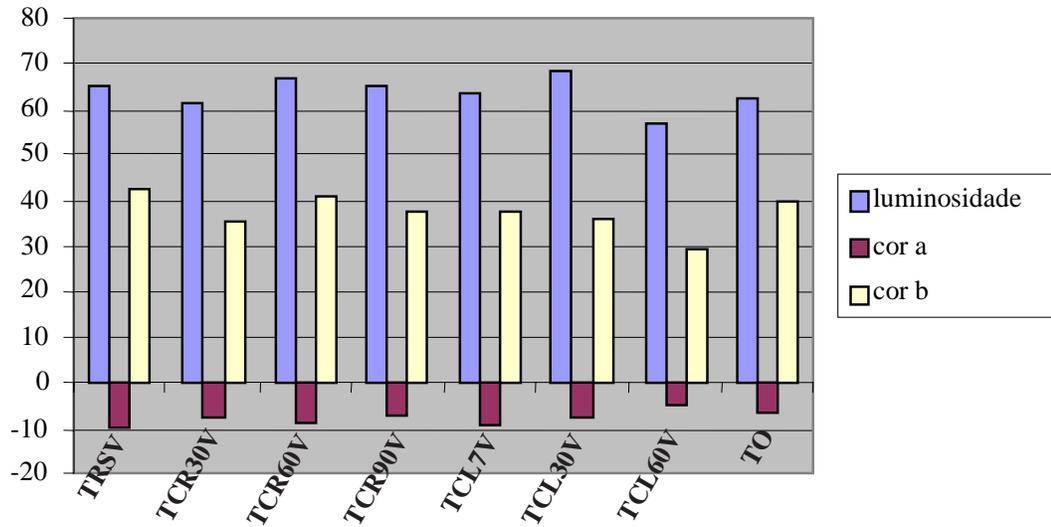
Observa-se um grupo formado pelas amostras TR7P e TCL7P, caracterizado por possuir valores médios de luminosidade, cor a^* e b^* respectivamente de 44, -4,20 e 32, 40, este corresponde ao grupo de menores valores de luminosidade. As amostras TR1P, TR7V, TCR7P, TCR7SV, TCR7V, TCR30SV, TCR30V, TCR60 SV, TCR60V, TCL7SV, TCL7V, TCL30SV, TCL30V, TCL60SV, T0 compõem um grupo caracterizado pelos maiores valores de luminosidade (65,30), maior quantidade do componente verde de cor (-7,62) e cor amarela (37,99). Observa-se que a amostra elaborada no dia da produção correspondente ao tempo zero, pertence a este grupo.

Outro grupo é formado pelas amostras TR3P, TR5P, TR7SV, TCR90SV, TCL7SV, TCL60V que possui de luminosidade (60,65), cor a^* (-4,20) e b^* (-1,06) intermediários. Observa-se que as amostras mais escuras possuem embalagem de polietileno e a maioria estava sob refrigeração.



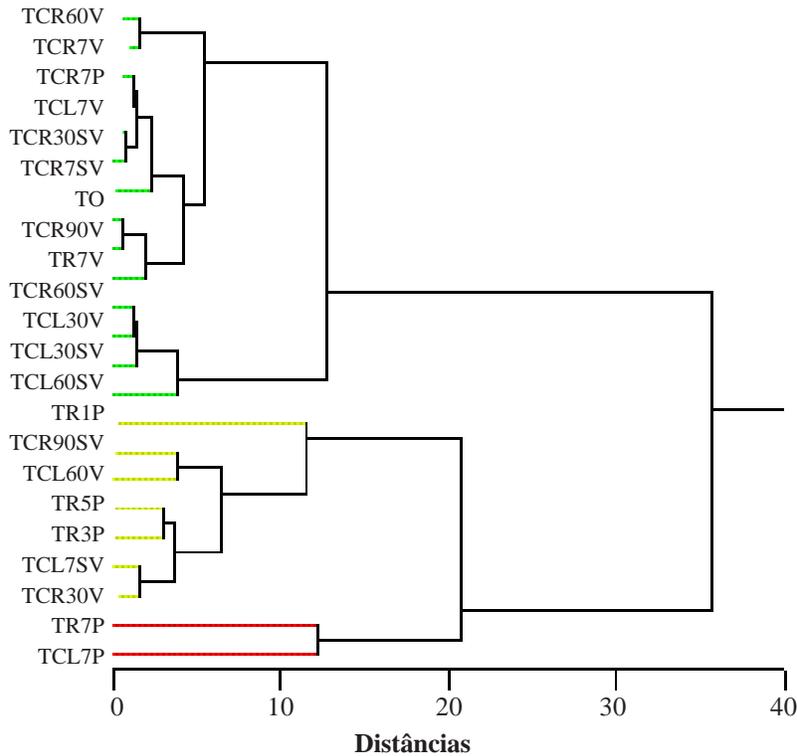
Legenda: T0 = tempo zero; TCR = tratamento congelamento rápido; TCR = tratamento congelamento lento; SV= sem aplicação de vácuo; 7, 30 e 60 = dias de armazenamento

FIGURA 3. Coloração do guacamole em embalagens de nylon+ polietileno sem aplicação de vácuo para o congelamento lento e rápido.



Legenda: T0 = tempo zero; TCR = tratamento congelamento rápido; TCR = tratamento congelamento lento; V= com aplicação de vácuo; 7, 30 e 60 = dias de armazenamento.

FIGURA 4. Coloração do guacamole em embalagens de nylon+ polietileno com aplicação de vácuo para o congelamento lento e rápido.



Legenda: Tratamento frio: R= refrigerado, CL=congelamento lento, CR= congelamento rápido; Embalagens: SP= polietileno sem vácuo, NS= sem vácuo, NC: com vácuo; Dias de armazenamento: 1, 3, 5, 7, 30, 60 e 90 dias; T0= tempo zero.

FIGURA 5. Dendrograma da análise de agrupamentos para os parâmetros de coloração nas amostras de guacamole.

TABELA 1. Correlações lineares para os parâmetros de coloração no guacamole.

	Luminosidade	Cor a*	Cor b*
Luminosidade	1,000		
Cor a*	-0,140	1,000	
Cor b*	0,334	-0,528	1,000

Van Lelyveld, Gerrish e Dixon (1984) investigaram a relação entre POF e níveis de fenol em avocados saudáveis e afetados. Os autores concluíram que a ativação tanto da PPO quanto da POD pode causar a descoloração do mesocarpo da fruta.

Palou *et al.* (2000) avaliaram o efeito do tratamento de alta pressão sobre a atividade as enzimas polifenoloxidase, lipoxigenase e cor do guacamole. Os autores constaram que não houveram diferenças estatísticas significativa ($P > 0,05$) do produto em relação ao controle sendo a cor das amostras verde, valores de cor a entre -6,35 e -5,33. Entretanto com o armazenamento várias mudanças na cor ocorreram atribuídas à diminuição da contribuição da cor verde no produto. López-Malo *et al.* (1999) em estudo com purê de abacate, reportaram a dependência da perda do componente da cor verde com o tempo, temperatura de armazenamento, pH inicial e atividade da polifenoloxidase.

Ramtahal *et al.* (2007) avaliaram guacamole, também produzido sem aditivos, embalados em embalagens PET (polyethylene terephthalate containers) e armazenado a 5 °C por 2 semanas. Observaram que os valores de luminosidade diminuíram com o aumento do período de armazenamento, revelando um escurecimento do guacamole provavelmente devido à ação enzimática.

Os autores mencionam a ação de enzimas sobre substratos que promovem o escurecimento. Citam que este pode ser intensificado durante o armazenamento do guacamole à 5 °C possivelmente devido presença de etileno na polpa e pelo pH do produto (4,4-4,9) durante os 14 d de armazenamento, sendo o pH ótimo o para a polifenoloxidase de 4,8. A faixa de pH desta pesquisa foi a mesma mencionada por estes autores.

Com o tempo de armazenamento os valores da cor a* diminuem indicando redução na cor verde do guacamole. A cor verde do guacamole é devido a presença de

clorofila que é um complexo orgânico com magnésio. Mudanças no pH, principalmente ácido podem causar degradação da clorofila (Ramtahal *et al.*, 2007).

Teor de fenóis, peroxidase, pH e acidez

A peroxidase (POD) é uma enzima que pode levar à destruição da vitamina C e descoloração de carotenóides e antocianinas, além de catalisar a degradação não enzimática de ácidos graxos insaturados, com formação de compostos voláteis. É considerada uma das enzimas mais termorresistentes e sua atividade diminui em pH baixo ou elevado (Araújo, 2006).

A polifenoloxidase (PFO) é uma das enzimas responsáveis pelo escurecimento do abacate. Na ausência do ácido ascórbico modifica os compostos fenólicos presentes nas células (ácido clorogênico, leucoantocianinas, catecol e outros). O rompimento das paredes celulares deixa os mencionados compostos em contato com os enzimas que catalisam a sua oxidação a compostos do tipo quinonas, até a transformação em melaninas de intensa coloração marrom. As melaninas embora não tóxicas, alteram a aparência do produto, além de induzir mudanças no aroma e sabor (Martin, 1991).

Foi realizada análise conjunta dos teores de fenóis, peroxidase, pH e acidez.

A avaliação dos gráficos de dispersão (Figura 6) para as variáveis bioquímicas, conjugada à avaliação da matriz de correlações, sugere indícios de moderada correlação linear entre determinados pares de variáveis, sobretudo quanto a uma correlação inversa ($r = -0,56$) entre o teor de fenol e direta ($r = 0,38$) entre peroxidase e pH Tabela 2.

TABELA 2. Matriz de correlações lineares para os teores de fenóis, atividade da enzima peroxidase, pH e acidez do guacamole

	Fenol	Peroxidase	pH	Acidez
Fenol	1,00	-0,56	-0,23	0,18
Peroxidase	-0,56	1,00	0,38	0,20
pH	-0,23	0,38	1,00	0,21
Acidez	0,18	0,20	0,21	1,00

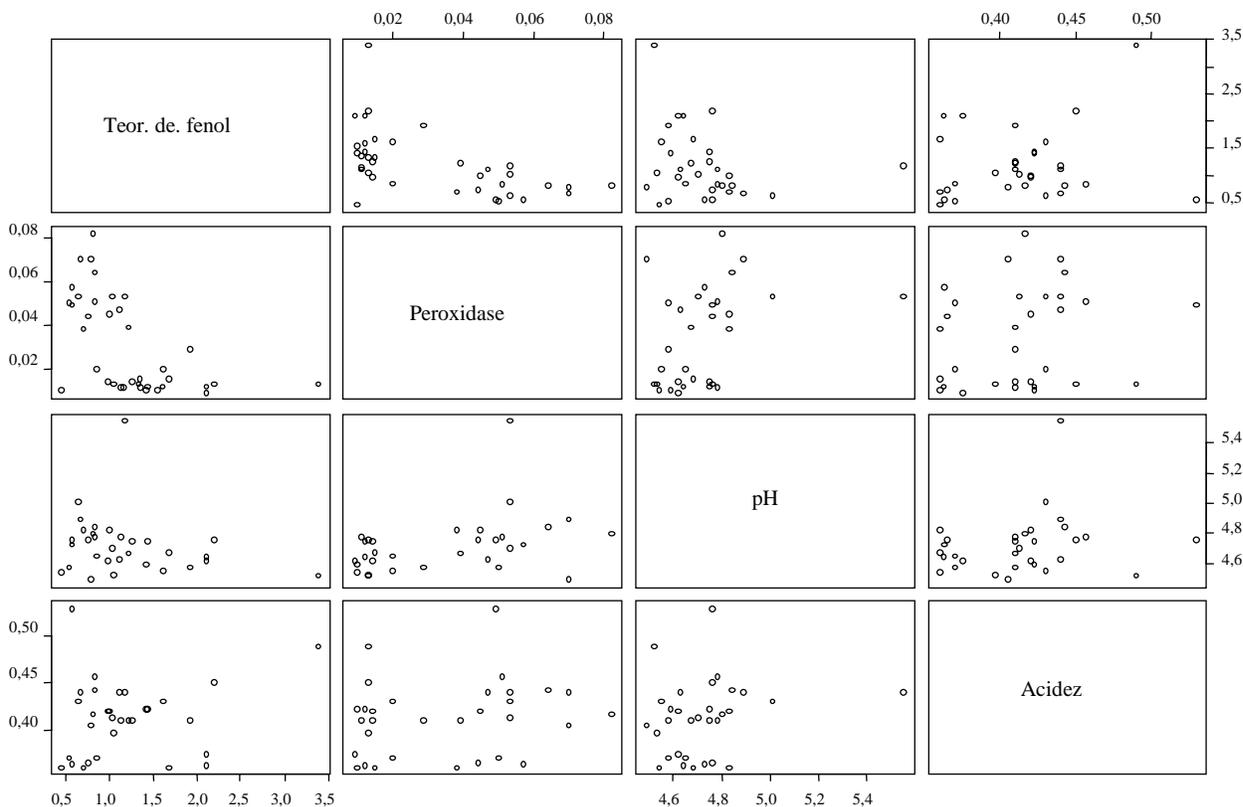


FIGURA 6. Gráficos de dispersão para o teor de fenóis, atividade da enzima peroxidase, pH e acidez do guacamole.

A aplicação de métodos multivariados (Barroso e Artes, 2003) somente faz sentido caso as variáveis sob estudo sejam correlacionadas, procedeu-se com a execução do teste de esfericidade de Bartlett para a matriz de correlação, que tem por objetivo verificar se os dados fornecem evidência estatística de não nulidade dos coeficientes de correlação. O nível de significância do teste ($P=0,002$) fornece forte evidência de correlações não nulas dentre os pares de variáveis considerados, indicando a conveniência de se estudar conjuntamente as quatro variáveis bioquímicas.

A análise dos dados foi executada mediante aplicação de análise fatorial. Tal análise tem por objetivo estudar a estrutura de correlações associada ao conjunto de variáveis originais em termos de um número reduzido de novas variáveis aleatórias, denominadas fatores. Com isto, busca-se resumir os dados e avaliar as correlações entre as variáveis originais com base em suas correlações com os fatores constituídos. A análise fatorial foi realizada com base na matriz de correlações, uma vez que são consideradas variáveis com grandezas e unidades de medidas distintas. A decomposição da

matriz de correlações se dá conforme o método de componentes principais, e os fatores são rotacionados, buscando uma melhor identificação das variáveis originais com tais fatores, segundo uma rotação do tipo varimax. A determinação do número de fatores a serem considerados na análise se dá por meio da avaliação da proporção da variação contida no conjunto original de dados explicada por cada fator. A Tabela 3 e 4 descreve tais informações.

TABELA 3. Importância dos fatores.

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Auto valor	1,813	1,185	0,671	0,331
Porcentagem da variância	45,32	29,62	16,76	8,28
Porcentagem acumulada	45,32	74,95	91,72	100,00

TABELA 4. Estimação dos coeficientes para análise fatorial com dois fatores.

	Fator 1	Fator 2
Teor de fenol	-0,852	0,331
Peroxidase	0,848	0,213
pH	0,573	0,476
Acidez	0,000	0,918

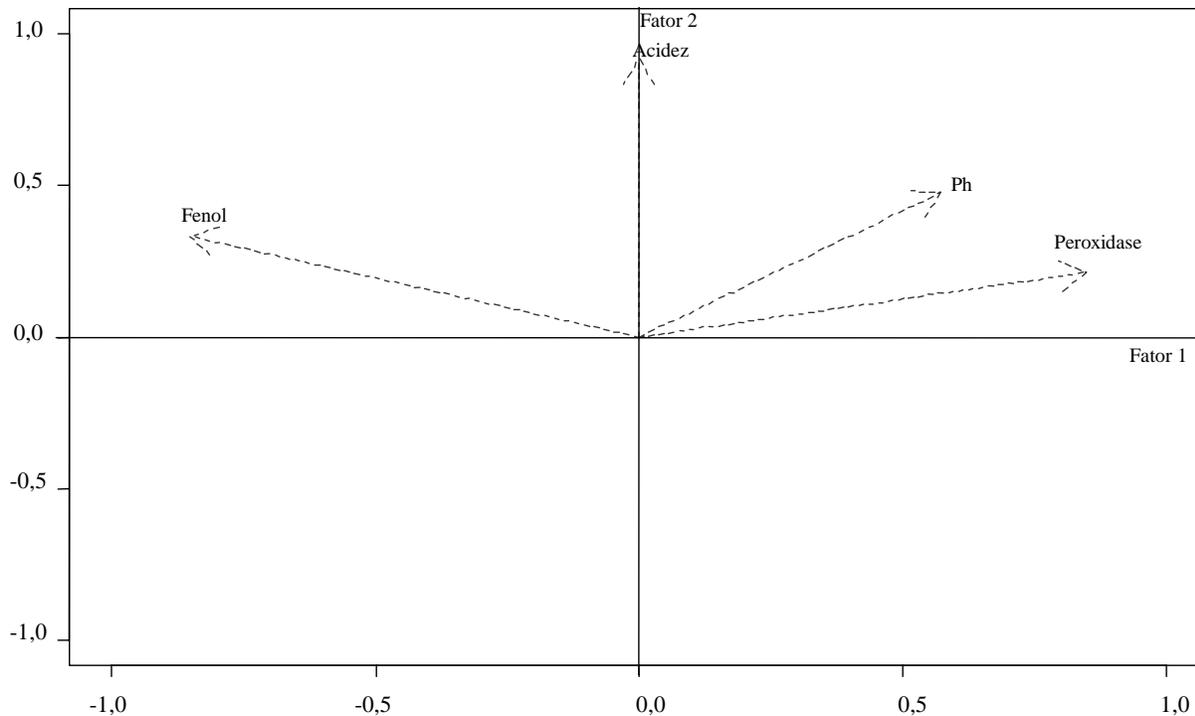
Verifica-se que a utilização dos dois primeiros fatores permite explicar aproximadamente 75% da variação associada às variáveis originais, porção bastante expressiva, indicando ser conveniente proceder a análise com base nestes dois fatores. Tal escolha converge com o critério proposto por Kaiser (1958), segundo o qual deve-se considerar fatores cujos auto-valores associados sejam superiores a um.

Na análise fatorial, cada variável se associa aos fatores criados através de um coeficiente, que representa as correlações das variáveis com tais fatores. Os coefi-

cientes originados pela análise fatorial com dois fatores, para o conjunto de variáveis bioquímicas, com aplicação da rotação varimax, são apresentados Tabela 5.

Observando os coeficientes, verifica-se que o primeiro fator está forte e positivamente correlacionado com a peroxidase e o pH, e negativamente correlacionado com o teor de fenol. Dada a importância do referido fator, conforme relatado anteriormente, verifica-se forte contraposição entre as quantidades de peroxidase e pH em relação ao teor de fenol. Amostras de guacamole com escores fatoriais elevados para este primeiro fator destacam-se por maiores valores da atividade da peroxidase e pH, em detrimento a um reduzido teor de fenol. Amostras com reduzidos escores para este fator têm características opostas às descritas.

O segundo fator, por sua vez, é fortemente correlacionado à acidez, e em menor escala, ao pH. Amostras de guacamole com escores fatoriais elevados para o segundo fator apresentam elevados pH e acidez, enquanto amostras com escores reduzidos tem baixos valores de pH e acidez. A Figura 7 representa conjuntamente os fatores e as variáveis, e permite avaliar visualmente as referidas correlações.

**FIGURA 7.** Gráfico dos coeficientes fatoriais para as variáveis bioquímicas em relação aos dois fatores constituídos.

A análise teve seqüência com a aplicação de análise de agrupamentos aos escores fatoriais estimados para cada amostra de abacate. Tal análise teve como propósito identificar grupos de amostras com características bioquímicas semelhantes, e avaliar quais condições de armazenamento são responsáveis por tais características. Foi considerado o método de agrupamento de Ward. O dendograma produzido pela análise é apresentado na Figura 8.

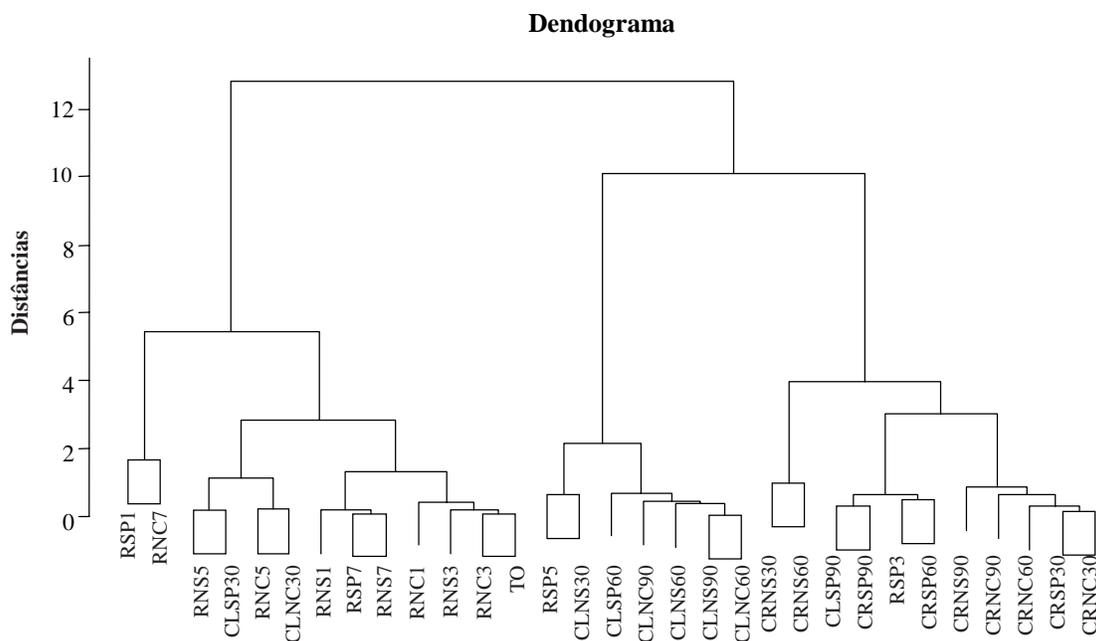
Rencher (1995) sugere que o número de grupos a serem considerados em uma análise de agrupamentos pode ser feita, por exemplo, parando o processo antes da junção de grupos mais distantes avaliada. Verificou-se por meio do dendograma obtido que este ponto ocorre quando da redução de três para dois grupos, indicando como conveniente formar e analisar três grupos. A Figura 9 representa os escores fatoriais para cada amostra de guacamole, codificadas segundo as condições de armazenamento.

Os resultados da análise multivariada indicam associação entre o tipo de armazenamento das amostras de guacamole (refrigeração, congelamento lento ou rápido) e as propriedades bioquímicas dos mesmos. Os demais

fatores (tipo de embalagem e tempo de armazenamento) apresentaram grande alternância dentro dos grupos constituídos, indicando que tais fatores não afetam as variáveis bioquímicas.

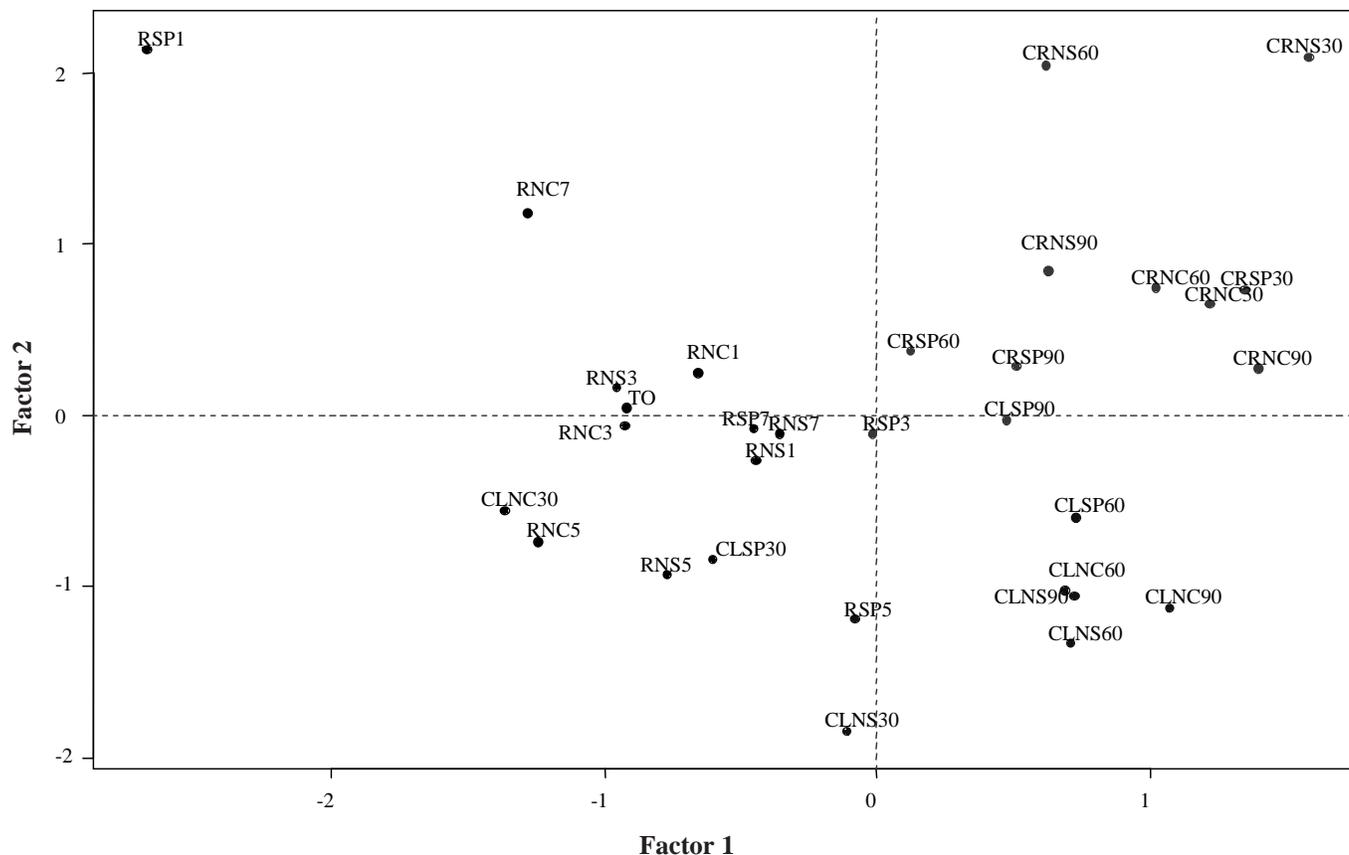
Amostras de guacamole pertencentes ao cluster representado pelos pontos pretos destacam-se por apresentar valores negativos para o primeiro fator, indício de elevado teor de fenol e reduzidas atividades de peroxidase e pH. Destaca-se o fato de a maioria destas amostras (10 entre 13) terem sido refrigeradas.

As amostras de guacamole representadas pelos pontos vermelhos destacam-se por apresentarem valores positivos para ambos os fatores, indicando que tais amostras destacam-se por apresentar pH e atividade da peroxidase elevadas, além de acentuada acidez. Pode-se verificar que a grande maioria das amostras com tais características (9 em 11) foram submetidas a congelamento rápido. Com o tempo de armazenamento pode ter ocorrido quebra das moléculas de gordura por ação da lipoxigenase ou da peroxidase que pode ter agido sobre os ácidos graxos insaturados. Como resultado pode ter aumentado a acidez das amostras.



Legenda: Tratamento frio: R= refrigerado, CL=congelamento lento, CR= congelamento rápido; Embalagens: SP= polietileno sem vácuo, NS= sem vácuo, NC: com vácuo; Dias de armazenamento: 1, 3, 5, 7, 30, 60 e 90 dias; T0= tempo zero.

FIGURA 8. Dendograma para análise de agrupamentos dos escores fatoriais produzidos pelos dois principais fatores para as amostras de guacamole.



Legenda: Tratamento frio: R= refrigerado, CL=congelamento lento, CR= congelamento rápido; Embalagens: SP= polietileno sem vácuo, NS= sem vácuo, NC: com vácuo; Dias de armazenamento: 1, 3, 5, 7, 30, 60 e 90 dias; T0= tempo zero.

FIGURA 9. Escores fatoriais para amostras de guacamole.

As amostras de guacamole representadas pelos pontos azuis destacam-se por apresentarem valores positivos para o primeiro fator e negativos para o segundo, indicando que tais amostras tem elevados valores de pH e atividade peroxidase, mas acidez não tão acentuada como às das amostras representadas pelos pontos vermelhos. A característica mais recorrente dentre estas amostras, mais uma vez, é o tipo de congelamento, uma vez que seis das sete amostras foram submetidas a um congelamento lento.

Golan *et al.* (1977) observaram uma correlação positiva entre a tendência de escurecimento no mesocarpo de abacate das variedades Furte e Lerman, o conteúdo total de fenóis e atividade da polifenoloxidase. Os autores encontraram valores baixos para a peroxidase que não variou muito para as duas cultivares.

CONCLUSÕES

- Nas amostras em embalagem de polietileno sob refrigeração foi observado uma diminuição nos valores de luminosidade indicando escurecimento das mesmas com o armazenamento. A maioria da amostras refrigeradas apresentou elevado teor de fenol e reduzidas atividades de peroxidase. Amostras do congelamento rápido e lento caracterizaram-se por valores de acidez e atividade da peroxidase mais elevadas.

AGRADECIMENTOS

À empresa Jaguacy (Bauru-SP) pelo apoio e participação nas pesquisas, à Fundação de Apoio a Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP) e CAPES.

BIBLIOGRAFÍA

- Association of Official Agricultural Chemistry (AOAC). 1992. Oficial methods of analysis of the association of official analytical chemistry international. 13ed. Washington, 1 015 p.
- Araújo J., M. A. 2006. Química de alimentos: teoria e prática. 3.ed. Viçosa: UFV. 609 pp.
- Barroso, L. P. e R. Artes. 2003. Análise multivariada. **In:** 10º Simposio de Estatística Aplicada a Experimentação / 48ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria. Lavras, Anais... Lavras: URL. 151 p.
- Bates, R. P. 1968. The retardation of enzymatic browning in avocado puree and guacamole. Proc. Fla. State Hort. Soc. 81:230-235.
- Bent-el, G., A. Dolev and D. Tatarsk. 1973. Compounds contributing to heat-induced bitter off-flavor in avocado. Journal of Food. Science, 38:546-5547.
- Golan, A., V. Kahn and A. Y. Sadovski. 1977. Relationship between polyphenols and browning in avocado mesocarp. Comparison between the Fuerte and Lerman cultivars. J. Agric. Food. Chem., 25(6):1 253-1 260.
- Guzmán, G. R., A. L. Dorantes, U. H. Hernandez, A. Ortiz and E. R. Mora. 2002. Effect of zinc and copper chloride on the color of avocado puree heated with microwaves. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 3:47-53.
- Horwitz, H. 1995. Official Method of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemistry. 8. ed. As. of. Agr. Chem. Washington, p.144.
- Instituto Adolfo Lutz. 2005. Métodos físicos e químicos para análise de alimentos. 4.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1 018 p.
- Kaiser, H. F. 1958. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. Psychometrika 23:187-200.
- Lima G., P. P. 1994. Efeito do cálcio sobre o teor de poliaminas e atividade da peroxidase e redutase no nitrato em calos de arroz (*Oriza sativa*. L. cv. IAA 4440). Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Botucatu, Universidade Estadual de São Paulo. Instituto de Biociências.
- López-Malo, A., E. Palou, G. Barbosa, J. Welti and B. Swanson. 1998. Polyphenoloxidase activity and color changes during of high hydrostatic pressure treated avocado puree. Food Research International, 31:549-56.
- Luíz, R. C., T. A. M Hirata e E. Clemente. 2007. Cinética de inativação da polifenoloxidase e peroxidase de abacate (*Persea americana* Mill.). Ciência e Agrotecnologia. 31(6):1 766-1 773.
- Martin, Z. J. 1991. Processamento: Produtos, características e utilização. Abacate: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos. 2.ed. Campinas: ITAL. 250 pp.
- Palou, E., C. Hernández-Salgado, A. Lopez-Malo, G. V. Barbosa-Canóvas, B. G. Swanson and J. Welt-Chanes. 2000. High pressure-processed guacamole. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 1:69-75.
- Phillips, R. and G. G. Henshaw. 1997. The regulation of synthesis of phenolics in stationary phase cell cultures of *Acer pseudoplatanus*. L. J. Exp. Bot., 35:108-114.
- Rencher, A. C. 1995. Methods of multivariate analysis. New York: John Wiley, 627 p.
- Ramtahal, G. A., J. O. Akingbala and G. SH. Baccus-Taylor. 2007. Laboratory preparation and evaluation of Pollock variety avocado (*Persea americana* Mill). Journal of the Science of Food and Agriculture, 87:2 068-2 074.
- Son, S., K. Moon and C. Lee. 2000. Kinetic study of oxalic acid inhibition on enzymatic browning. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48:2 071-2 074.
- Stephens, T. S., B. J. Lime and F. P. Griffiths. 1958. The effect of thickening agents in reducing the watery separation of frozen and thawed guacamole products. Proceedings of the Rio Grande Valley Horticultural Society. 12:81-87.
- Van Lelyveld, L. J., C. Gerrish and R. A. Dixon. 1984. Enzyme activities and polyphenols related to mesocarp discoloration of avocado fruit. Phytochemistry. 23(8):1 531-1 534.