

## RELAÇÕES SUPERFICIAIS DA INTERAÇÃO EMBALAGEM-PRODUTO PARA REPOLHO

Ebenézer de Oliveira Silva<sup>1</sup>, Rolf Puschmann<sup>2</sup> y Andréia Hansen Oster<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Agroindústria Tropical, 60511-110, Brasil, bene@cpnat.embrapa.br, (85)3299-1952

<sup>2</sup>Universidade Federal de Viçosa, 36571-000, Brasil, e-mail: rolf@ufv.br

### Resumo

Na interação Produto-Embalagem Plástica, o abaixamento na pressão interna de O<sub>2</sub> ([O<sub>2</sub>]in) e o aumento na de CO<sub>2</sub> ([CO<sub>2</sub>]in), pela atividade respiratória (TR), reduzem a respiração, a biossíntese e a ação do etileno, ampliando o período de comercialização. Esse sistema deve atingir um equilíbrio dinâmico, onde as relações entre taxa de permeabilidade (TP) e [CO<sub>2</sub>]in e TP e [O<sub>2</sub>]in sejam ideais para a conservação do produto. Assim, objetivou-se correlacionar a TP com a necessidade de trocas gasosas do repolho minimamente processado (RMP). Amostras de RMP (50, 100, 200 e 300g) foram acondicionadas em PD961 (TPO<sub>2</sub> 6000-8000, TPCO<sub>2</sub> 18000-24000cm<sup>3</sup>m<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>), mantendo constantes as relações: volume interno vazio (VIV) e quantidade de produto (Q), VIV e área superficial externa (A) e AQ-1. Durante 0, 1, 3, 5 e 7 dias de armazenamento refrigerado (5°C), acompanharam-se as [CO<sub>2</sub>]in e [O<sub>2</sub>]in, TR, sólidos-solúveis totais, vitamina C, cor (Lab) e atividade de polifenol oxidase (PPO). Verificou-se que as relações VIV Q-1, VIV A-1 e AQ-1 foram adequadas para estabelecer o equilíbrio dinâmico nos sistemas contendo 200 e 300g do produto, a 5°C. Esse equilíbrio, possivelmente, foi o responsável pela redução da TR, da atividade da PPO e do escurecimento e pela manutenção, pelo menos parcialmente, do teor de sólidos-solúveis totais, da vitamina C e da cor verde, levando a sugerir que as TP ao O<sub>2</sub> e ao CO<sub>2</sub> necessárias para acondicionar 1g de RMP, a 5°C, sejam, respectivamente, de 1,5-2,0 cm<sup>3</sup> de O<sub>2</sub> dia<sup>-1</sup> e de 4,0-5,5 cm<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> dia<sup>-1</sup>.

**Palavras Chaves:** *Brassica oleracea* cv. acephala, atmosfera modificada, fisiologia pós-colheita,

### Abstract

On plastic package-product interaction, the reduction on the O<sub>2</sub> internal pression ([O<sub>2</sub>]in) and the increase of CO<sub>2</sub> ([CO<sub>2</sub>]in), by the respiration activity (TR), reduce the respiration, biosynthesis and the action of the ethylene, extending the shelf life. This system must get a steady state, where the relation between permeability rate (TP) and [CO<sub>2</sub>]in and TP and [O<sub>2</sub>]in are suitable for the product conservation. This project aims to correlate TP with the fresh-cut cabbage (RMP) gas changes necessity. Samples of RMP (50, 100, 200 and 300g) were packaged on PD961 (TPO<sub>2</sub> 6000-8000, TPCO<sub>2</sub> 18000-24000cm<sup>3</sup>m<sup>-2</sup>day<sup>-1</sup>), keeping constant the relations: empty internal volume (VIV)

and amount of product (Q), VIV and external superficial area (A) and AQ-1. During 0, 1, 3, 5 and 7 days of cold storage (5°C), the [CO<sub>2</sub>]in and [O<sub>2</sub>]in, TR, total soluble solids, vitamin C, color (Lab) and polyphenol oxidase activity (PPO) were evaluated. We observed that VIV Q-1, VIV A-1 e AQ-1 relations were suitable to establish the steady state on systems with 200 and 300g of the product on 5°C. This equilibrium, probably, was responsible for the reduction of the TR, PPO activity, browning and for the manutention, at least partially, of total soluble solids contest, vitamin C and the green color, suggesting that packanging of 1g RMP, on 5°C, the TPO<sub>2</sub> and TPCO<sub>2</sub> must be 1,5-2,0 cm<sup>3</sup> O<sub>2</sub> day<sup>-1</sup> and 4,0-5,5 cm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>.

**Key Words:** *Brassica oleracea* cv. acephala, modified atmosphere, postharvest physiology

### Introdução

O processamento mínimo (PM) de hortaliças é um empreendimento voltado para a verticalização da produção, proporcionando agregação de valor, ou seja, melhor preço para a comercialização do produto. Para enfrentar esta realidade, o mercado precisa estar atento para atender os consumidores, oferecendo hortaliças in natura desenvolvidas sob medida para serem convenientes: menor tempo de preparo e alto valor agregado. Por tratar-se de um produto injuriado, principalmente pelo corte, a vida de prateleira é reduzida, em relação ao produto não processado (Cantwell, 1992), apresentando comportamento fisiológico de tecidos vegetais submetidos a estresse (Brecht, 1995). As respostas das injúrias mecânicas provocadas pelo PM aceleram a perda de qualidade, reduzem a vida útil e modificam os atributos sensoriais (Wiley, 1994). Essas alterações ocorrem, principalmente, devido a descompartimentação de enzimas e de seus substratos, aumento da taxa respiratória (TR), da evolução de etileno (EE), de compostos fenólicos solúveis e totais e da atividade das enzimas fenilalanina amônio-liase (PAL), peroxidases (POD), catalases (CAT) e polifenol oxidases (PPO) (Rolle e Chism, 1987; Brecht, 1995). Muitos fatores podem afetar a intensidade dessas respostas ao processamento mínimo, dentre os quais se pode destacar a espécie e variedade utilizada, o estágio de maturidade fisiológica, a extensão dos danos mecânicos, a temperatura e as concentrações de O<sub>2</sub> e de CO<sub>2</sub> (Brecht, 1995). A manutenção de uma cadeia de frio, desde o processamento até a comercialização é, sem dúvida, a principal técnica disponível para retardar os efeitos indesejáveis do processamento mínimo, uma vez que o

abaixamento da temperatura reduz os processos enzimáticos, como a TR e a EE (Wills y col., 1998) e, conseqüentemente, retarda os processos de senescência, ampliando a vida de prateleira dos produtos minimamente processados. No produto acondicionado em embalagens plásticas, a redução na pressão de O<sub>2</sub> pela atividade respiratória (Wills y col., 1998) reduz o metabolismo respiratório, a biossíntese e ação do etileno (Abeles y col., 1992). Por outro lado, o CO<sub>2</sub> acumulado nas embalagens por razão da atividade respiratória, atua como inibidor da respiração (Wills y col., 1998) e também da ação do etileno (Abeles y col., 1992).

Assim, tem-se, simultaneamente, o efeito da redução da TR e da EE aliada à menor ação desse hormônio, fazendo com que os produtos tenham o seu período de comercialização ampliado, consideravelmente. A utilização de baixas temperaturas, associada com atmosfera modificada, durante o armazenamento, reduz a ascensão respiratória e a síntese de etileno em hortaliças folhosas minimamente processadas como a alface (Sing y col., 1972a, b) e o brócoli (Barth y col., 1993) e também em frutos de maçã (Kim y col., 1993), melão, kiwi, mamão e abacaxi (O'Connor-Shaw y col., 1994) minimamente processados. Nesse contexto, esse projeto objetivou estudar as relações superficiais entre o produto acondicionado e as taxas de permeabilidade aos gases, na expectativa de encontrar uma relação entre a quantidade de produto armazenado e a permeação aos gases.

#### Material e Métodos

##### Efeito da quantidade de repolho minimamente processado na modificação da atmosfera em embalagens plásticas

##### Acondicionamento das amostras nas embalagens.

Amostras contendo 50, 100, 200 e 300 g de RMP foram acondicionadas nas embalagens PD 961 EZ, de modo a manter constantes as relações entre o volume interno vazio (VIV) e a quantidade de produto (Q), VIV e a área superficial externa (A), como também entre A e Q (Tabela 1). Para manterem-se constantes tais relações, determinaram-se diferentes pontos de selagem para cada tratamento. As embalagens PD 961 EZ possuem as dimensões de 0,18 m de largura e 0,25 m de comprimento, totalizando uma área superficial máxima de 0,09 m<sup>2</sup>, sendo o ponto de selagem (PS) definido como a distância, em m, a partir da base, em que se selaram as embalagens contendo as diferentes quantidades de RMP.

##### Variáveis analisadas

Durante 0, 1, 3, 5 e 7 dias de armazenamento refrigerado (5°C), acompanharam-se as [CO<sub>2</sub>]<sub>in</sub>, [O<sub>2</sub>]<sub>in</sub> e a TR, bem como os sólidos solúveis totais (Brix), a vitamina C total, a cor e a atividade de polifenol oxidase (PPO). Sólidos solúveis totais. O suco celular foi extraído em 1 g de tecido por meio de uma prensa mecânica. Determinou-se o teor de sólidos-solúveis por meio de leitura direta com o suco em refratômetro de mesa Abbé, expresso em Brix.

Vitamina C total. Adaptou-se a metodologia proposta

pela American Official Analysis of Chemistry AOAC (39.051). Transferiram-se 7,0 mL do extrato vegetal para um erlenmeyer de 50 mL, titulando-se rapidamente com 2,6 diclorofenolindofenol (DCPIP) até a coloração rósea. A estimativa do teor de vitamina C total foi obtida com base na titulação com DCPIP da solução padrão de ácido ascórbico, no material vegetal, em mg 100 g<sup>-1</sup> MF.

Cor. Utilizou-se um colorímetro triestímulo - L, a, b - da escala Hunter (CTLab\*), o qual posiciona a cor num sistema tridimensional, sendo que o eixo a representa a cromaticidade entre as cores verde e vermelha, o eixo b, entre o amarelo e o azul e o L, o brilho.

Polifenol oxidase (PPO - EC.1.10.3.1). A atividade da PPO foi determinada adaptando-se a metodologia proposta por Almeida e Nogueira (1989).

##### Conservação refrigerada de repolho minimamente processado em diferentes embalagens plásticas

##### Preparo das amostras e embalagem

Folhas de repolho, após resfriamento e seleção, foram lavadas em água corrente, cortadas (21 mm) em processador de vegetais, higienizadas (150 ppm de cloro ativo), enxaguadas (3 ppm de cloro ativo), centrifugadas (800 g por 10 min) e embaladas em sacos plásticos transparentes com as dimensões, ponto de selagem e permeabilidade ao oxigênio, gás carbônico e ao vapor d'água (Tabela 2). Após selagem das embalagens (Seladora Tec Maq AP 450), contendo 200 g cada, o produto foi mantido por sete dias, à temperatura de 5°C, em câmara expositora vertical refrigerada (Metalfrio).

##### Variáveis analisadas

Durante 0, 1, 3, 5 e 7 dias de armazenamento, foram retiradas amostras para a análise de sólidos-solúveis totais, cor, vitamina C total (descritos anteriormente), perda de massa, clorofila total, carotenóides totais, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), escurecimento e pH.

Perda de massa. Obtida por gravimetria, de três repetições, em balança com sensibilidade de 0,5 g. As massas obtidas foram transformadas em valores relativos.

Clorofila e carotenóides. As concentrações de clorofila e carotenóides foram mensuradas, no mesmo extrato vegetal, obtido a partir de 20 g do produto, utilizando-se da metodologia proposta por Lichtenthaler (1987).

Escurecimento e pH. Determinada tomando-se 10 g do produto que foram homogeneizadas em 10 mL de água destilada, com o auxílio de um liquidificador. O homogenato foi filtrado em quatro camadas de gaze e, posteriormente, centrifugado a 25000 g, por 15 min. No sobrenadante, mediu-se a absorvância em espectrofotômetro (Mod. U-1100, Hitachi), a 340 nm (Couture y col., 1993). Após a centrifugação, o pH foi determinado no sobrenadante com o auxílio de um pHmetro.

Análise sensorial. Trinta provadores não-treinados avaliaram as amostras em relação à aparência, usando-se uma escala hedônica de nove pontos. A aparência das amostras foi avaliada dentro de cabines individuais, com iluminação branca, sendo as amostras servidas em pratos transparentes descartáveis e codificadas com números aleatórios de três dígitos.

### Análise estatística

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado para todos os experimentos, com três repetições, exceto para cor, em que se utilizaram seis repetições. Após análise de variância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ou Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Para o efeito dos dias de armazenamento, quando possível, utilizaram-se análises de regressão para estimarem-se os efeitos do tempo de armazenamento nos coeficientes de regressão. Para análise da avaliação sensorial, as marcações da escala hedônica foram transformadas em notas e avaliadas por meio de análise de variância e teste de média (Tukey a 5% de probabilidade). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAEG 5.

### Resultados e Discussão

#### Efeito da quantidade de repolho minimamente processado na modificação da atmosfera em embalagens plásticas

##### Concentração de $O_2$ e TR

As concentrações de  $O_2$  na atmosfera interna das embalagens PD 961 EZ contendo 50 e 100 g de repolho minimamente processado, foram maiores do que nas embalagens contendo 200 e 300 g (Figura 1a). Esses resultados mostram os efeitos da quantidade de produto acondicionado na modificação da atmosfera (Schlimme e Rooney, 1994). Isso se deve ao fato de que a relação A (área) Q-1 (quantidade), importante nesse processo (Solomos, 1994), é constante para todos os tratamentos (Tabela 1).

O equilíbrio dinâmico entre a TR (Figura 1b), a  $[O_2]_{in}$  (Figura 1a) e a  $TPO_2$  (Tabela 1), para PD 961 EZ, contendo 50 e 100 g do repolho minimamente processado, levam a sugerir que as relações VIV (volume interno vazio) Q-1, VIV A-1 e A Q-1 (Tabela 1) foram superestimadas para essas quantidades, de tal forma que as concentrações internas de  $O_2$  (Figura 1a) e de  $CO_2$  (Figura 2) não atingiram níveis suficientemente adequados para reduzir a TR (Figura 1b).

Nas embalagens PD 961 EZ contendo 200 g de repolho minimamente processado, as concentrações de  $O_2$  (Figura 1a) e  $CO_2$  (Figura 2), atingiram níveis próximos de 2% e de 5,5% respectivamente, enquanto que nas embalagens, com 300 g, esses níveis foram, respectivamente, próximo de 1% (Figura 1a) e 5,5% (Figura 2).

A análise dos dados leva a sugerir que nessas embalagens, contendo 200 e 300 g do produto, as concentrações internas de  $O_2$  e  $CO_2$ , no equilíbrio dinâmico, foram suficientes para reduzir a TR (Figura 1b) em relação as

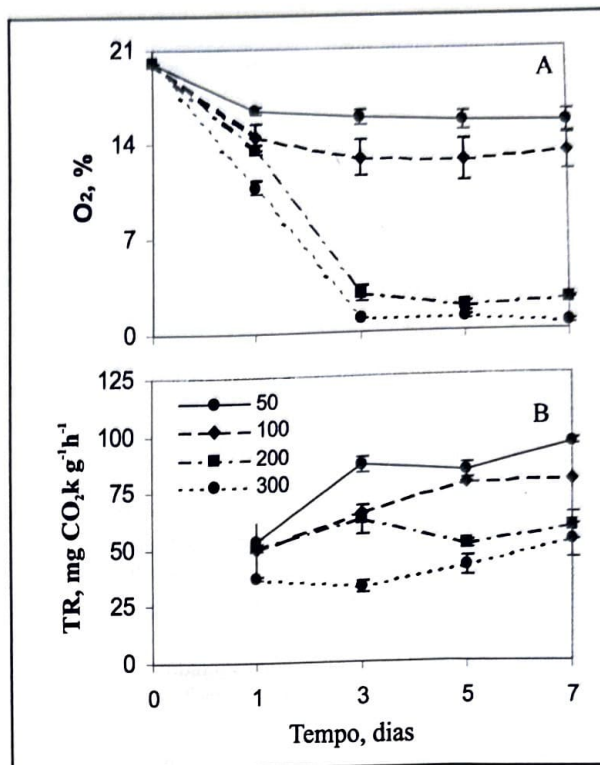


Figura 1. Concentração interna de  $O_2$  a e taxa respiratória b durante o armazenamento refrigerado (5°C) de repolho minimamente processado e acondicionado em diferentes quantidades nas embalagens plásticas PD 961 EZ.

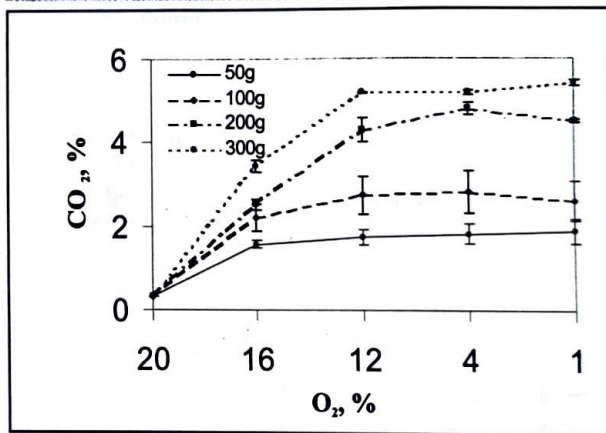


Figura 2. Concentração de  $CO_2$  em função da concentração de  $O_2$  na atmosfera interna das embalagens PD 961 EZ, contendo diferentes quantidades de repolho minimamente processado, durante o armazenamento refrigerado, a 5°C, por sete dias.

Tabela 1. Quantidades (Q) de repolho minimamente processado acondicionadas nas embalagens PD 961 EZ, o ponto de selagem (PS), o volume interno vazio (VIV), a área superficial externa (A) e as relações  $VIV Q^{-1}$  e  $VIV A^{-1}$  e  $A Q^{-1}$ .

Q(g)	PS(cm <sup>2</sup> )	VIV(mL)	A(cm <sup>2</sup> )	$VIV Q^{-1}$ (mLg <sup>-1</sup> )	$VIV A^{-1}$ (mL cm <sup>-2</sup> )	$A Q^{-1}$ (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )
50	3,3	158	117	3,17	1,35	2,34
100	6,5	317	234	3,17	1,35	2,34
200	13,0	633	468	3,17	1,35	2,34
300	19,5	950	702	3,17	1,35	2,34

outras quantidades. Isso se deve ao fato de que os baixos níveis  $O_2$  associados com níveis elevados de  $CO_2$  exercem efeitos aditivos na redução da TR (Zagory e Kader, 1988).

Conforme sugerido por Moleyar e Narisimham (1994), a faixa ótima para os níveis de  $O_2$  e  $CO_2$ , no armazenamento refrigerado ( $5^\circ C$ ) de repolho intacto, são, respectivamente, 3 a 5%  $O_2$  e 5 a 7%  $CO_2$ ; mas Kader y col. (1986) propõem, para o armazenamento de repolho, o limite máximo de 5% de  $CO_2$ . No presente trabalho, os níveis de  $CO_2$  atingidos encontram-se dentro da faixa recomendada. No entanto, os níveis de  $O_2$  ficaram um pouco abaixo de 1%, na embalagem com 300 g; mas acima do PCA, para repolho minimamente processado. Por isso, conclui-se a condição de hipoxia não induziu a respiração anaeróbica do repolho minimamente processado (Figura 1b).

### Sólidos-solúveis totais, Vitamina C total, Cor e PPO

Durante o período de armazenamento refrigerado ( $5^\circ C$ ), não houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) nos teores de sólidos-solúveis (Figura 3a), do repolho minimamente processado e acondicionado em diferentes quantidades, nas embalagens PD 961 EZ, exceto no terceiro dia, quando o produto das embalagens com 200 e 300 g, apresentou valores superiores ao das embalagens com 50 e 100 g (Figura 3a).

Com relação ao teor de vitamina C total, observou-se que, no primeiro dia de armazenamento refrigerado, ocorreu um decréscimo nos teores dessa vitamina; estabilizando-se após esse dia (Figura 3b). Embora não significativo, o produto acondicionado na quantidade de 300 g, apresentou uma leve superioridade em comparação aos outros tratamentos (Figura 3b). A redução, nos teores de vitamina C, pode estar associada com as  $[O_2]_{in}$  (Figura 1a) e, conseqüentemente, com as TR's (Figura 1b), pois em condições aeróbicas e com altas TR's a degradação dessa vitamina é maior (Klein, 1987, Favell, 1988). No entanto, o efeito aditivo dos níveis elevados de  $CO_2$  ( $[CO_2]_{in}$ ) no metabolismo da vitamina C, ainda não são bem entendidos (Watada y col., 1996).

Os valores de Brilho (L) (Figura 4a) mostram que, no primeiro dia de armazenamento, ocorreu perda de brilho nos tecidos vegetais, sendo mais intensa nas embalagens

contendo 50 e 100 g do produto. Essa perda de brilho pode ser, também, verificada com o incremento de escurecimento (DE), observado no primeiro dia e, depois, uma estabilização. O maior incremento de escurecimento, ocorrerá, entretanto, nos produtos acondicionados nas quantidades de 50 e 100 g (Figura 4b).

O escurecimento dos tecidos vegetais pode originar-se tanto de processos não enzimáticos, o qual pode estar relacionado com a degradação da vitamina C (Klein, 1987), como, também, de processos enzimáticos, que ocorrem por meio de reações oxidativas catalisadas por fenolases, como por exemplo as polifenol oxidases (PPO) (Schlimme, 1995). Esses processos podem estar diretamente relacionados com a  $[O_2]_{in}$  (Whitaker e Lee, 1994), com a atividade da PAL (fenilalanina amônia liase) (Couture y col., 1993), com o conteúdo de fenólicos e, por último, com o tipo de PPO (Goupy y col., 1995). Esse escurecimento enzimático, após o processamento mínimo dos vegetais, é uma das principais causas da perda de qualidade visual (López-Gálvez y col., 1996), sendo observado em vários produtos.

Em repolho minimamente processado, a atividade da PPO foi modulada pela quantidade de produto acondicionado nas embalagens (Figura 4d), possivelmente, refletindo as  $[O_2]_{in}$  (Figura 1a), uma vez que o  $O_2$  é um dos substratos essenciais para a atuação dessa enzima. Talvez por isso, no repolho minimamente processado, acondicionado nas embalagens contendo 50 e 100 g e, portanto, com maior  $[O_2]_{in}$  (Figura 1a), observou-se maior atividade de PPO, no produto, quando comparado com o repolho acondicionado em embalagens com maior quantidade (Figura 4d). Nas PD 961 EZ contendo 200 e 300 g do produto, após o corte, observou-se uma leve redução na atividade da PPO, seguida de um incremento até o terceiro dia, com a redução posterior (Figura 4d), coincidindo com a baixa  $[O_2]_{in}$  atingida no equilíbrio dinâmico dos gases, nessas quantidades (Figura 1a).

A retenção da cor verde, medida pelo ângulo Hue ( $\tan^{-1} b/a$ ), praticamente, seguiu a mesma redução inicial para o repolho minimamente processado (Figura 4c), a qual coincidiu com a redução da vitamina C (Figura 3b) e do brilho (Figura 4a) e com o aumento do escurecimento (Figura

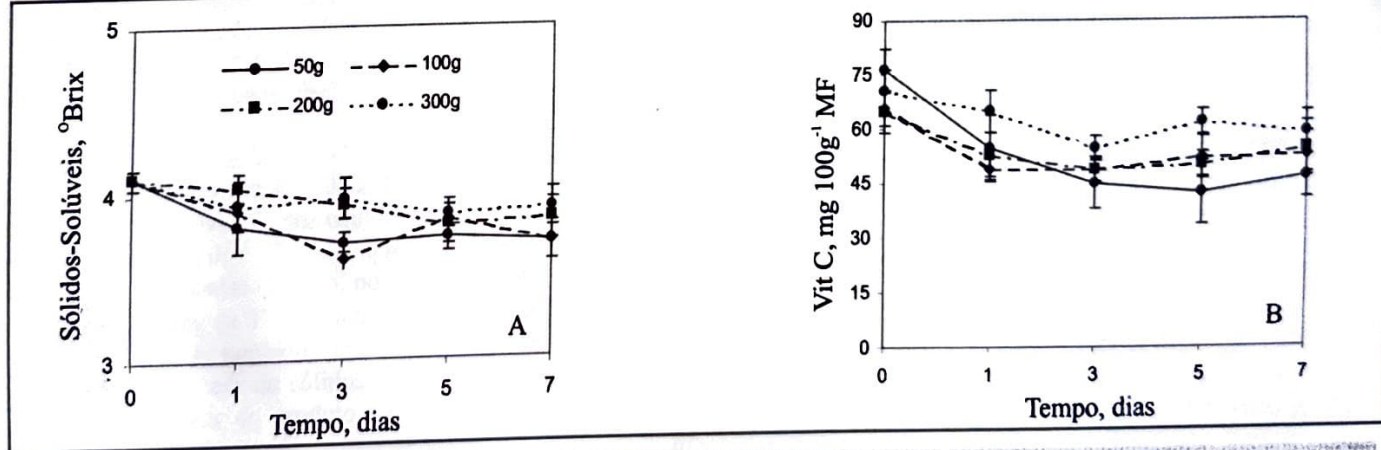


Figura 3. Teor de sólidos-solúveis (Brix) A e teor de vitamina C B, em repolho minimamente processado, acondicionado em PD 961 EZ e armazenado, a  $5^\circ C$ , por sete dias.

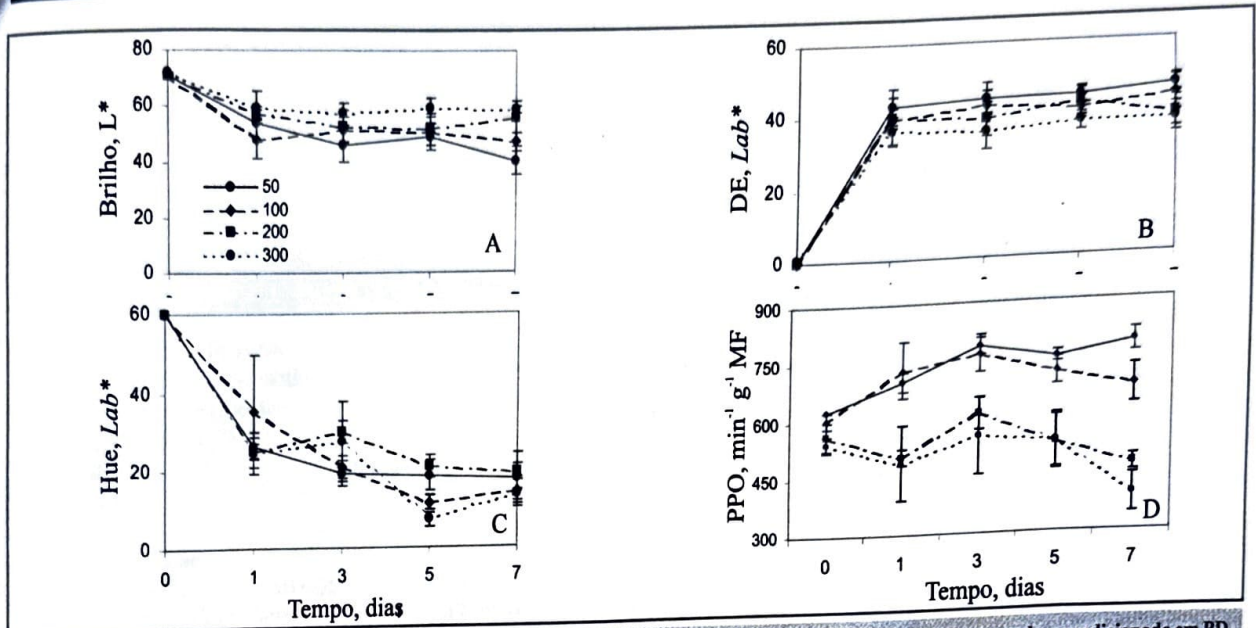


Figura 4. Brilho (L\*) A; DE (CTLab\*) B; ângulo Hue (CTLab\*) C; e atividade da PPO D de repolho minimamente processado, acondicionado em PD 961 EZ e armazenado, a 5°C, por sete dias.

4b). As curvas de Hue em relação ao tempo, nos produtos armazenados nas quantidades de 200 e 300 g, foram semelhantes até o terceiro dia de armazenamento, quando ocorreu uma redução acentuada no produto acondicionado na quantidade de 300 g. Essa redução ocorreu, provavelmente, devido ao aumento na  $[CO_2]_{in}$  (Figura 2), o qual pode ter reduzido o pH intracelular, aumentando, assim, a taxa de degradação das clorofilas (Heaton e Marangoni, 1996).

Após o sétimo dia, não se observaram diferenças significativas na retenção da cor verde, entre os tratamentos (Figura 4c). Possivelmente, as baixas  $[O_2]_{in}$  (Figura 1a) tenham reduzido a degradação de clorofila, uma vez que o  $O_2$  é essencial no processo de degradação desses pigmentos (Matile y col., 1996). No repolho minimamente processado e acondicionado na quantidade de 200 g, os efeitos da baixa  $[O_2]_{in}$  (Figura 1a) e, também, da baixa TR, nessa quantidade (Figura 1b), foram aditivos na retenção da cor verde (Figura 4c).

As relações VIV Q-1, VIV A-1 e A Q-1, para as embalagens PD 961 EZ contendo 200 e 300 g do produto, foram adequadas para permitir um equilíbrio dinâmico de gases, sob a temperatura de 5°C. Esse equilíbrio dinâmico, com baixas  $[O_2]_{in}$  e elevadas  $[CO_2]_{in}$ , possivelmente, foi o responsável pela redução da TR, da atividade da PPO e do escurecimento (L, DE) e, também, pela manutenção, pelo menos parcialmente, do teor de sólidos-solúveis totais, da vitamina C e da cor verde do produto a essa temperatura (5°C).

#### Conservação refrigerada de repolho minimamente processado em diferentes embalagens plásticas.

##### Perda de massa

A perda de massa, em repolho minimamente processado, acondicionado em embalagens plásticas foi praticamente nula (Dados não mostrados), não ocorrendo diferenças

significativas ( $P < 0,05$ ) entre os efeitos de embalagens plásticas utilizadas, uma vez que a perda de massa é resultante, principalmente, da perda de água.

##### Dióxido de carbono e pH

As curvas de  $[CO_2]_{in}$  em relação ao tempo foram semelhantes para todas as embalagens plásticas até o quinto dia de armazenamento, após o qual ocorreu um maior acúmulo de  $[CO_2]_{in}$  nas embalagens PEAD e PP, atingindo níveis de  $[CO_2]_{in}$  próximos de 3%, enquanto na PEBD, a  $[CO_2]_{in}$  ficou próximo de 1,5% (Figura 5a). As  $[CO_2]_{in}$  obtidas refletem as TPCO<sub>2</sub> de cada embalagem plástica (Tabela 2). A PEBD apresenta TPCO<sub>2</sub> maior do que a PEAD e a PP (Tabela 2) e, por isso, apresentou  $[CO_2]_{in}$  menor do que a acumulada nas outras duas embalagens plásticas.

A  $[CO_2]_{in}$  das embalagens PEAD e PP atingiram níveis suficientes para reduzir a TR; na PEBD, entretanto, a  $[CO_2]_{in}$  não atingiu níveis suficientes para exercer qualquer efeito benéfico na redução do metabolismo. Mesmo assim, admite-se que o metabolismo do produto acondicionado na PEBD não seja muito diferente daquele apresentado pelo produto acondicionado nas outras duas embalagens, uma vez que a temperatura de 5°C, é eficiente em reduzir a velocidade dos processos enzimáticos, tal como a TR.

Verificou-se que os valores de pH, do repolho minimamente processado, variaram muito pouco com o tempo, não apresentando também efeito significativo das embalagens plásticas testadas (Figura 5b). No entanto, nas três embalagens, observou-se pequeno aumento nos valores com o tempo de armazenamento (Figura 5b). Esse aumento de pH, em minimamente processados, pode estar relacionado com a resposta do tecido ao neutralizar a acidez gerada pelo  $CO_2$  (Kader, 1986) ou o aumento na população de microrganismos (Marth, 1998).

Tabela 2. Dimensões, ponto de selagem (PS), taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO<sub>2</sub>), ao gás carbônico (TPCO<sub>2</sub>) e ao vapor d'água (TPH<sub>2</sub>O) das embalagens plásticas utilizadas nesse experimento.

EMBALAGEM	DIMENSÕES		PS <sup>2</sup> (cm)	PERMEABILIDADE*		
	L <sup>1</sup>	C <sup>1</sup>		TPO <sub>2</sub>	TPCO <sub>2</sub>	TPH <sub>2</sub> O
	(cm)			cm <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup>		gm <sup>2</sup> dia <sup>-1</sup>
PEMD <sup>3</sup>	14,5	30,5	19	4127	17573	16,4
PEAD <sup>4</sup>	15	30	23	3723	13773	8,4
PP <sup>5</sup>	25	35	23	2400	8400	8-10

L<sup>1</sup> = largura e C = comprimento das embalagens  
<sup>2</sup> Ponto de selagem <sup>3</sup> Polietileno de baixa densidade <sup>4</sup> Polietileno de alta densidade <sup>5</sup> Polipropileno  
 \* Análises feitas pelo CETEA-ITAL, Campinas, SP.

### Cor e clorofila total

As curvas de brilho em relação ao tempo apresentam o mesmo comportamento para os produtos das três embalagens plásticas, apresentando redução drástica a partir do quinto dia de armazenamento. A diminuição do brilho, possivelmente, pode estar relacionada com o aumento no escurecimento, o qual apresentou comportamento semelhante em todas as embalagens, provavelmente, refletindo a maior atividade da PPO, nesses produtos, uma vez que a [O<sub>2</sub>]in deve ser maior devido a maior TPO<sub>2</sub> (Tabela 2).

O escurecimento pode ocorrer devido a descompartimentalização celular que ocorre quando as células são cortadas, permitindo que substratos e oxidases entrem em contato (Rolle e Chism, 1987). Por exemplo, a enzima fenilalanina amônia liase (PAL), que catalisa um passo limitante no metabolismo de fenil propanóides (Ke e Saltveit, 1989), pode ser induzida por etileno e por injúrias, na maioria dos tecidos vegetais (Abeles y col., 1992). Ressalta-se, também, que a degradação da vitamina C pode aumentar o escurecimento dos tecidos, segundo Klein (1987).

Na PEBD, a maior TPO<sub>2</sub>, possivelmente, não permitiu que a [O<sub>2</sub>]in abaixasse até níveis suficientes para reduzir a disponibilidade de substrato para a PPO e, talvez, por isso, o escurecimento do produto, nessa embalagem foi maior do que nas outras duas. Nas embalagens PEAD e PP, no entanto, as altas [CO<sub>2</sub>]in, possivelmente, podem estar envolvidas no escurecimento por meio de um mecanismo ainda não bem entendido.

A retenção da cor verde, estimada pelos valores de Hue, foi menor na PEBD, possivelmente também, pela maior [O<sub>2</sub>]in, visto que o O<sub>2</sub> é utilizado na rota de degradação de clorofila, uma das enzimas chave na rota de degradação de clorofila (Heaton e Marangoni, 1996, Matile y col., 1996). Portanto, admite-se que nas PEAD e PP, as menores TPO<sub>2</sub> permitiram o abaixamento da [O<sub>2</sub>]in, reduzindo assim o substrato das enzimas oxidases envolvidas nos processos enzimáticos de degradação da clorofila (Figura 6), permitindo que o produto nelas acondicionado apresentasse maior retenção da cor verde.

Em vários vegetais minimamente processados, há perda de clorofila em consequência do processo de senescência, no entanto, o acondicionamento em atmosfera modificada

(Barthy col., 1993) e em condições ótimas de temperatura (Watada y col., 1990), pH e O<sub>2</sub> (Heaton e Marangoni, 1996) e, também, em níveis baixos de etileno (Yamauchi e Watada, 1991) podem reduzir a degradação de clorofila durante a vida de prateleira do produto.

### Sólidos solúveis totais

Não houve variação significativa nos teores de sólidos solúveis, durante o armazenamento refrigerado, de repolho minimamente processado acondicionado nas três embalagens (Dados não mostrados). Provavelmente, o baixo metabolismo, à temperatura de 5°C, associado com as altas [CO<sub>2</sub>]in, reduziram os processos metabólicos e, conseqüentemente, o consumo das reservas celulares.

### Carotenóides totais

Os teores de carotenóides apresentaram tendência de aumento até o quinto dia, com posterior redução, no final do período de armazenamento, no repolho minimamente processado acondicionado nas três embalagens plásticas testadas. Tal fato pode ter ocorrido, inicialmente, tanto pela síntese de novo de carotenóides como também pelo desmascaramento como resultado da degradação de clorofila (Figura 6), como foi proposto por Peñarubia e Moreno (1994).

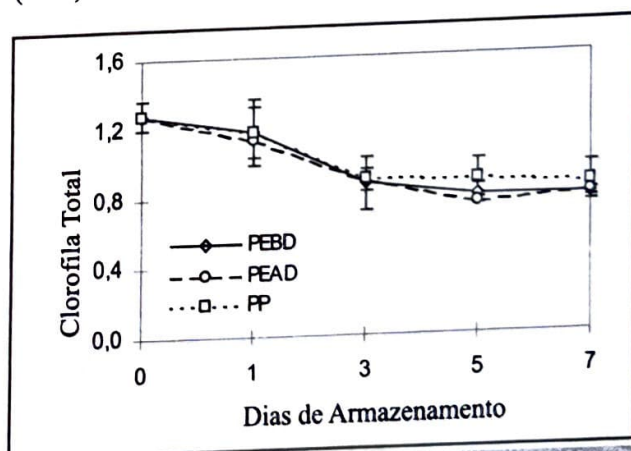


Figura 6. Valores de clorofila total (mg g<sup>-1</sup> MF), em repolho minimamente processado, acondicionado em diferentes embalagens plásticas e armazenado, a 5°C, por sete dias. PEBD: polietileno de baixa densidade; PEAD: polietileno de alta densidade e PP: polipropileno.

A manutenção de carotenóides, durante o armazenamento de repolho minimamente processado, é de fundamental importância na preservação da qualidade nutricional, uma vez que eles são precursores diretos da vitamina A, presente em grandes quantidades nas brássicas (Kurilich y col., 1999).

### Vitamina C total

Observou-se pequena redução nos teores de vitamina C, em repolho minimamente processado acondicionado nas três embalagens testadas, não havendo diferença significativa entre elas ( $P < 0,05$ ) durante os períodos de armazenamento. A redução média apresentada nos teores de vitamina C, durante todo o período de armazenamento, foi muito pequena, na faixa de 10 a 15%, sendo que o repolho minimamente processado, no final do sétimo dia de armazenamento, a 5°C, apresentava ainda, em média, 56 mg de vitamina C 100g<sup>-1</sup>MF.

A vitamina C, segundo Klein (1987), pode ser utilizada como um indicador de qualidade, devido a sua alta sensibilidade aos fatores do meio, tais como temperatura, pH, O<sub>2</sub> e outros fatores intrínsecos do processo de senescência. De modo geral, observou-se que as três embalagens utilizadas, associadas com a baixa temperatura, mantiveram os teores de vitamina C ao longo do período de armazenamento.

### Escurecimento

Para o escurecimento (A340), ocorreu interação significativa ( $P > 0,05$ ) entre a embalagem e tempo de armazenamento, observando-se, no sétimo dia, escurecimento mais intenso sob o tratamento PEBD (Figura 7), provavelmente, devido à maior TPO<sub>2</sub>. O escurecimento, segundo Klein (1987), pode estar associado com a degradação da vitamina C. Em repolho minimamente processado, devido à baixa redução nos teores de vitamina C, acredita-se que esse escurecimento possa ser enzimático, envolvendo tanto a PAL (Couture y col., 1983) como a PPO (Fujitay col., 1995).

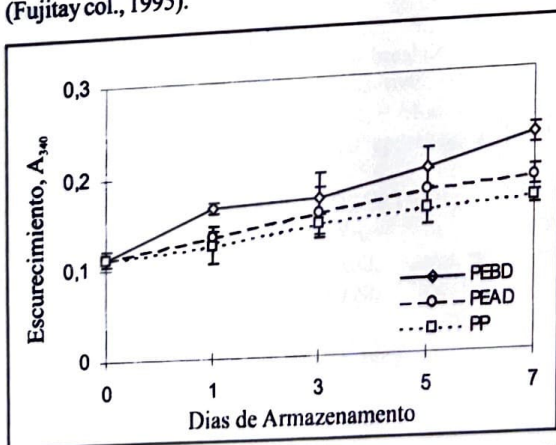


Figura 6. Valores de clorofila total (mg g<sup>-1</sup> MF), em repolho minimamente processado, acondicionado em diferentes embalagens plásticas e armazenado, a 5°C, por sete dias, PEBD: polietileno de baixa densidade; PEAD: polietileno de alta densidade e PP: polipropileno.

### Análise sensorial

Os testes de aceitabilidade do repolho minimamente processado apontaram diferenças entre as embalagens plásticas utilizadas, após o quinto dia de armazenamento refrigerado, sob a temperatura de 5°C. As amostras acondicionadas nas embalagens de PEBD foram as de menor aceitação, provavelmente, devido ao escurecimento. As amostras acondicionadas nas embalagens de PEAD e PP apresentaram, no quinto e no sétimo dia de armazenamento refrigerado (5°C), maior aceitação. Pelos índices de escurecimento à A340 e de cor (L, DE e Hue) pode-se sugerir que as embalagens PEAD e PP foram apropriadas para o armazenamento refrigerado (5°C) de repolho minimamente processado, apresentando níveis satisfatórios de aceitabilidade até sete dias de armazenamento, nas condições estudadas.

### Conclusões

No estudo das relações entre quantidade de produto e área superficial da embalagem para composição de uma atmosfera modificada passiva, na temperatura de 5°C, concluiu-se que 1g de repolho minimamente processado necessita de uma permeabilidade ao O<sub>2</sub>, na embalagem a ser utilizada, na faixa 1,4 a 1,9 cm<sup>3</sup> de O<sub>2</sub> dia<sup>-1</sup>, e ao CO<sub>2</sub>, de 4,2 a 5,6 cm<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> dia<sup>-1</sup>. As embalagens polietileno de alta densidade (PEAD) e polipropileno (PP) são apropriadas para o armazenamento refrigerado de repolho minimamente processado, por um período de sete dias na temperatura de 5°C, desde que as relações acima sejam mantidas.

### Bibliografia

- ABELES, F.B., MORGAN, P.W., SALTVEIT JUNIOR, M.E. Ethylene in plant biology. California, Academic Press, 1992. 414p.
- ALMEIDA, M.E.M., NOGUEIRA, J.N., The control of polyphenol oxidase activity in fruits and vegetables. A study of the interactions between the chemical compounds used and heat treatment. *Plant Foods Hum. Nut.*, 47:245-256, 1995.
- BARTH, M.M., KERBEL, E.L., BROUSSARD, S., SCHIMIDT, S.J. Modified atmosphere packaging protects market quality in broccoli spears under ambient temperature storage. *J. Food Sci.*, 58:1070-1072. 1993.
- BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, 30:18-22. 1995.
- BURTON, W.G. Post-harvest physiology of food crops. London, Longman. 1982. 321p.
- CANTWELL, M., Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A.A. (Ed). Postharvest technology of horticultural crops. 2ed University of California, Division of Horticultural and Natural Resources, Davis, Publ, p. 273-281. 1992.
- COUTURE, R., CANTWELL, M.I., KE, D., SALTVEIT, Jr., M.E. Physiological attributes related to quality attributes and storage life of minimally processed lettuce. *HortScience* 28:723-725. 1993.
- FAVELL, D.J. A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. *Food Chem.*, 62:59-64. 1998.

- FUJITA, S., SAARI, N., MAEGAWA, M., TESTUKE, T., HAYASHI, N., TONO, T., Purification and properties of polyphenol oxidase from cabbage (*Brassica oleracea* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 43:1138-1142, 1995.
- GOUPY, P., AMIOT, M.J., RICHARD-FORGET, F., DUPRAT, F., AUBERT, S., NICOLAS, J. Enzymatic browning of model solutions and apple phenolic extracts by apple polyphenoloxidase. *J. Food Soc.*, 60:479-501. 1995.
- HEATON, J.W., MARANGONI, A.G. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. *Trends Food Sci. Tech.*, 7:8-15. 1996.
- KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.*, 40:99-104. 1986.
- KE, D., SALTVEIT, Jr., M.E. Wound-induced ethylene production, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. *Physiol. Plant.*, 76:412-418. 1989.
- KIM, D.M., SMITH, N.L., LEE, Y.C. Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars. *J. Food Sci.*, 58:1115-1117. 1993.
- KLEIN, B.P. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. *J. Food Qual.*, 10:179-193. 1987.
- KURILICH A.C., TSAU, G.J., BROWN, A., HOWARD, L., KLEIN, B.P., JEFFERY, E.H., KUSHAD, M., WALLIG, M.A., JUVIK, J. A. Carotene, tocopherol and ascorbat contents in subspecies of *Brassica oleracea*. *J. Agric. Food Chem.*, 47:1576-1581. 1999.
- LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L., DOUCE, R. (Eds.) *Methods in Enzymology*. London: Academic Press, 1987. v. 148. p.350-381.
- LÓPEZ-GÁLVEZ, SALTVEIT, M., CANTWELL, M. The visual quality of minimally processed lettuces stored in air or controlled atmosphere with emphasis on romaine and iceberg types. *Posth. Biol. Technol.*, 8:179-190. 1996.
- MARTH, E.H. Extended shelf life refrigerated foods: microbiological quality and safety. *Food Technol.*, 52:57-62. 1998.
- MATILE, P., HÖRTENSTEINER, S., THOMAS, H., KRÄUTLER, B. Chlorophyll breakdown in senescent leaves. *Plant Physiol.*, 112:1043-1049. 1996.
- MOLEYAR, V., NARASIMHAM, P. Modified atmosphere packaging of vegetables: an appraisal. *J. Food Sci. Technol.*, 31:267-278. 1994.
- O'CONNOR-SHAW, R.E., ROBERTS, R., FORD, A.L., NOTTINGHAM, S.M. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. *J. Food Sci.*, 59:1202-1206. 1994.
- PEÑARRUBIA, I., MORENO, J. Senescence in plants and crops. In: PESSARAKLI, M. (Ed) *Handbook of plant and crop physiology*. Marcel Dekker Inc, New York, p.461-481. 1994.
- ROLLE, R., CHISM, G.W., Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *J. Food Qual.*, 43:274-276. 1987.
- SCHLIMME, D.V., ROONEY, M.L. Packaging of minimally processed fruits and vegetables. In: WILEY, R.C. (Ed) *Minimally processed refrigerated fruits & vegetables*. Chapman & Hall. London. p.135-182. 1994.
- SCHLIMME, D.V. Marketing lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30:15-17. 1995.
- SING, B., WANG, D.J., SALUNKHE, D.K. Controlled atmosphere storage of lettuce. 1. Effects on quality and respiration rate lettuce heads. *J. Food Sci.*, 37:48-51. 1972a.
- SING, B., WANG, D.J., SALUNKHE, D.K. Controlled atmosphere storage of lettuce. 2. Effects on biochemical composition of leaves. *J. Food Sci.*, 37:52-55. 1972b.
- SOLOMOS, T. Some biological and physical principles underlying modified atmosphere packaging. In: WILEY, R.C. (Ed) *Minimally processed refrigerated fruits & vegetables*. Chapman & Hall. London. p.183-225. 1994.
- WATADA, A.E., ABE, K., YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technol.*, 44:116-122. 1990.
- WATADA, A.E., KO, N.P., MINOTT, D.A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Posth. Biol. Technol.*, 9:115-126. 1996.
- WHITAKER, J.R., LEE, C.Y. Recent advances in chemistry of enzymatic browning An overview. In: LEE, C.Y., WHITAKER, J.R. (Ed.) *Enzymatic browning and its prevention*. Washington, DC, American Chemical Society, 1995. p.2-7.
- WILEY, R.C. *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. London. Chapman & Hall, 1994. 357p.
- WILLS, R.H., McGLASSON, B., GRAHAM, D., JOYCE, D. *Postharvest an introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamentals*. New York, CABI International. 1998. 262p.
- YAMAUCHI, N., WATADA, A.E. Regulated chlorophyll degradation in spinach leaves during storage. *J. Amer. Hort. Sci.*, 116:58-62. 1991.
- ZAGORY, D., KADER, A.A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technol.*, 42:70-77. 1988.

# Simposio "Avances Tecnológicos en el Procesado Mínimo Hortofrutícola".

 Congreso

Iberoamericano de Tecnología

Postcosecha y Agroexportaciones

Cartagena, Murcia, España

29 Mayo - 2 Junio 2007

Editores

Gustavo González-Aguilar

Jesús Fernando Ayala-Zavala

ISBN: 968-5862-11-7

 CYTED

Proyecto X1 22

Aspectos Nutricionales Y Sensoriales

## **Editores**

**Dr. Gustavo González-Aguilar**  
**M.C. Jesús Fernando Ayala-Zavala**

## **Dr. Alfonso A. Gardea Béjar**

Director General  
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

## **CYTED**

Ciencia y Tecnología para el Desarrollo

**Agroalimentación.** Gestor de área: Dr. José Luis Solleiro Rebolledo  
**Proyecto XI.22 "Desarrollo de Tecnologías para la Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados"**

Este documento fue revisado por los expertos del área de Agroalimentación  
Diseño y Edición: Saúl Ricardo Aranda, Adalberto Murrieta y Luis Leyva.

Derechos Reservados 2007

Coordinación de Ciencia y Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal  
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.  
Km. 0.6 Carretera a la Victoria, Apartado Postal 1735  
83000 Hermosillo, Sonora, México.  
Tel/Fax. 00(52)6622-80-04-22  
e-mail: gustavo@cascabel.ciad.mx

Impreso y Hecho en México

**ISBN: 968-5862-11-7**

---