

CONDIÇÕES IDEAIS PARA CONSERVAÇÃO DE MAÇÃS 'GOLDEN DELICIOUS' EM CÂMARA DE ARMAZENAGEM¹

LUIZ CARLOS ARGENTA² e AURI BRACKMANN³

RESUMO - Neste estudo foram avaliados os efeitos de diferentes regimes de CO₂, O₂ e temperaturas sobre a conservação da qualidade de maçãs cv. Golden Delicious após oito meses de armazenagem. Nenhum distúrbio fisiológico visual foi identificado nos frutos armazenados sob concentrações de 0,75% e 1% de O₂, a 0,5°C e 2,5°C. Entretanto, sob concentração de 5% de CO₂ ocorreu distúrbio fisiológico em 0,25% e 0,75% dos frutos armazenados a 0,5°C e 2,5°C, respectivamente. A redução da concentração de O₂ (3% para 0,75%) resultou em frutos com maior firmeza da polpa e acidez. Além disso, a conservação da firmeza da polpa e da acidez tendeu a ser maior com o aumento da concentração de CO₂ (0% a 5%). As efetividades da redução do O₂ (3% para 0,75%) e do aumento do CO₂ (0% a 5%) sobre a retenção da firmeza da polpa foram semelhantes. A redução do O₂ e o aumento do CO₂ tenderam a ser mais efetivos na conservação da firmeza dos frutos armazenados a 0,5°C que dos frutos armazenados a 2,5°C. Máxima conservação da firmeza da polpa, da acidez e da clorofila da epiderme com ausência de distúrbios fisiológicos foi observada nos frutos armazenados sob concentrações de 3% de CO₂ e 1% a 0,75% de O₂ e temperatura de 0,5°C.

Termos para indexação: pós-colheita, atmosfera controlada.

IDEAL CONDITIONS FOR CONSERVATION OF 'GOLDEN DELICIOUS' APPLE IN STORAGE

ABSTRACT - This study evaluated the effects of different CO₂, O₂ and temperature conditions on the keeping quality of 'Golden Delicious' apples after 8 months of storage. No visual physiological disorders were noted in fruits stored under concentrations of 0.75% and 1% of O₂, at 0.5°C and 2.5°C. However, under concentration of 5% of CO₂ a physiological disorder occurred in 0.25% and 0.75% of the fruits stored at 0.5°C and 2.5°C, respectively. The reduction of O₂ concentration (3% to 0.75%) resulted in fruits with greater pulp firmness and acidity. In addition, the conservation of pulp firmness and acidity tended to be greater with an increase in CO₂ concentration (0% to 5%). The effects of the reduction of O₂ (3% to 0.75%) and increase in CO₂ (0% to 5%) on the retention of pulp firmness were similar. The reduction of O₂ and increase in CO₂ tended to be more effective in conservation of firmness of fruits stored at 0.5°C than those fruits stored at 2.5°C. Maximum conservation of pulp firmness, acidity and epidermal chlorophyll with absence of physiological disorders was observed in the fruits stored under concentrations of 3% of CO₂, 1% and 0.75% of O₂ and temperature of 0.5°C.

Index terms: postharvest, controlled atmosphere.

INTRODUÇÃO

Considerando o contínuo aumento da produção e a necessidade de atender ao mercado de maçãs durante os 12 meses do ano, os produtores brasileiros têm feito significativos investimentos para am-

pliação e aperfeiçoamento dos sistemas de armazenagem. Em Santa Catarina, aproximadamente 190 mil toneladas de maçãs (cvs. Gala, Golden Delicious e Fuji) foram armazenadas no ano de 1993, sendo 57% em câmaras de frio convencional (FC) e 43% em câmaras de atmosfera controlada (AC).

A perda da acidez, da firmeza da polpa e da pigmentação da epiderme é o principal impedimento para armazenagem de maçãs 'Golden Delicious' em FC (0°C a 2,5°C) por mais de três meses (Lau & Yastremski, 1991). Por isto, a AC convencional (2 a 3% de O₂ mais 2 a 5% de CO₂), geralmente

¹ Aceito para publicação em 13 de maio de 1996.

² Eng. Agr., M.Sc., EPAGRI-EECd, Caixa Postal 591, CEP 89500-000 Caçador, SC.

³ Eng. Agr., Dr., UFSM, Dep. de Fitotecnia, CEP 79119-900 Santa Maria, RS.

estabelecida em duas a três semanas pela própria respiração dos frutos (AC lenta), tem sido usada comercialmente, há muitos anos, na Europa e América do Norte, para armazenagem de maçãs 'Golden Delicious' por cinco a sete meses (Lau, 1985). Entretanto, com o objetivo de aumentar ainda mais a conservação dos frutos e o período de armazenagem (8 a 10 meses), várias alterações do sistema de AC convencional têm sido testados na cultivar Golden Delicious. AC rápida com redução do O₂ em menos de uma semana pela injeção de N₂ (Lau & Looney, 1982; Lau et al., 1983; Nardin, 1990); AC com baixa concentração de etileno (Lange & Fica, 1984; Lau, 1989a; Lau, 1989b; Graell, 1990); AC dinâmica com altas concentrações de CO₂ (10-15%) nas primeiras semanas de armazenagem, seguida por AC convencional (Lau et al., 1984; Tietjen & Hudson, 1984); AC dinâmica com baixas concentrações de O₂ (1 a 1,5%) nas primeiras semanas de armazenagem (Lidster et al., 1987); AC dinâmica com estresse de O₂ (0,2%) nas primeiras semanas de armazenagem, seguida por AC convencional (Little & Pegg, 1987); e AC com ultra-baixas concentrações de O₂ (0,5 a 1,5%) durante todo o período de armazenagem (Chen et al., 1985; Skrzynski, 1989; Lau, 1990) são as inovações que têm proporcionado os maiores aumentos do potencial de armazenagem de maçãs 'Golden Delicious'.

Muitos estudos têm demonstrado o aumento do potencial de armazenagem de maçãs de várias cultivares, além da cv. Golden Delicious, quando a concentração de O₂ da atmosfera de armazenagem é reduzida de 2% a 3% para 1% ou menos (Meheriuk, 1989; Stow, 1989; Nardin, 1990). Considera-se, no entanto, que as respostas das maçãs aos vários sistemas de armazenagem em AC variam com as condições climáticas em que as plantas são cultivadas e com os sistemas de condução e tratamentos culturais, que podem afetar a estrutura, composição, padrão de maturação e suscetibilidade a danos fisiológicos (Lau et al., 1986; Sharples & Johnson, 1987).

O objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos de diferentes temperaturas e regimes de O₂ e CO₂ da atmosfera de armazenagem sobre a qualidade das maçãs 'Golden Delicious' produzidas no sul do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Maças cv. Golden Delicious foram colhidas em pomares da região de Fraiburgo, SC, quando apresentavam índice de amido entre 4 a 5, da escala 1 a 9, descrita por Bender & Ebert (1985). Os frutos foram padronizados pelo tamanho: 120 a 140 g.

Minicâmaras de 340 litros foram empregadas para armazenagem dos frutos. Cada minicâmara correspondeu a um tratamento, onde se armazenaram 90 frutos. As temperaturas de armazenagem foram 0,5°C e 2,5°C ± 0,5°C, enquanto as concentrações (%) de CO₂/O₂ foram 5/1; 3/3; 3/2; 3/1; 3/0,75; 1/3; 1/1; 1/0,75; 0/3; 0/1; 0/0,75 e 0,03/21. Após o fechamento das minicâmaras, foram aumentadas as concentrações de CO₂ e reduzidas as concentrações de O₂ a níveis de cada tratamento, através da injeção de gases CO₂ e N₂ líquido. Os frutos foram submetidos às concentrações de CO₂ e O₂ de todos os tratamentos, até 72 h após a colheita. As concentrações de CO₂ e O₂ da atmosfera das minicâmaras foram ajustadas às concentrações de cada tratamento, diariamente, através de sistema de controle manual, usando um analisador de O₂ paramagnético (Asag mod. OX-T-19) e um analisador de CO₂ IRGA (Leybold-Heraeus). Durante a armazenagem, a redução do CO₂ e a reposição do O₂ foram feitas pela adsorção em solução de KOH (50%) e pela injeção de ar, respectivamente. Nos tratamentos com 0% de CO₂ adicionaram-se pacotes com 10 kg de cal no interior das câmaras. A armazenagem foi em AC estática, mantendo-se a ±0,29% das concentrações 2, 3 e 5% de CO₂ e O₂ e a ±0,18% das concentrações 0,75 e 1% de CO₂ e O₂.

Após oito meses de armazenagem, os 90 frutos de cada tratamento foram divididos em seis subamostras de quinze frutos, sendo três subamostras (três repetições) analisadas logo após a abertura das minicâmaras, e três subamostras analisadas após sete dias (a 23°C) da abertura das minicâmaras (período de prateleira).

Os teores de sólidos solúveis totais (método refratométrico) e de acidez (expresso em meq de ácido málico por 100 ml de suco puro: titulação com NaOH 0,1N), a firmeza da polpa (penetrômetro motorizado com êmbolo de 1 cm²) e a incidência de distúrbios fisiológicos foram avaliados segundo método descrito por Argenta et al. (1994). A clorofila da epiderme dos frutos foi extraída com acetona a 80% e quantificada pelo método de Arnon (1949). A qualidade organoléptica referente a sabor seguiu uma escala de notas de zero a dez, sendo as notas de zero a 2,5 para sabor ruim; de 2,6 a 5 regular; de 5,1 a 7,5 bom; e de 7,6 a 10 muito bom (ideal para consumo). Foi determinada, ainda, a percentagem de frutos com sintomas visuais de distúrbios fisiológicos, cortando-se em fatias a metade pistilar de todos os frutos.

As interações entre tratamentos, temperaturas de armazenagem e épocas de análise dos frutos foram avaliadas pelo teste F a 5% de probabilidade, e as diferenças mínimas significativas (DMS) entre os tratamentos foram determinadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Considerando-se que houve variações nas concentrações de CO₂ e O₂ dos tratamentos, introduziu-se variação para tratamento na análise de variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A redução da concentração de O₂ de 3% para 0,7% resultou em frutos com maior firmeza da polpa e acidez do suco (Fig. 1 e 2). Considerando-se as duas épocas de análise dos frutos e as concentrações de 0%, 1% e 3% de CO₂, os aumentos médios da firmeza da polpa obtidos com a redução do O₂ (3% para 0,7%) foram de 6,1 N e 3,2 N nos frutos armazenados a 0,5°C e 2,5°C, respectivamente. Já

os aumentos médios da acidez obtidos com a redução do O₂ (3% para 0,7%) foram 1,18 meq e 0,99 meq nos frutos armazenados a 0,5°C e 2,5°C, respectivamente. A firmeza da polpa dos frutos armazenados a 0,5°C, 3% de CO₂ e 3% de O₂ foi comparável à firmeza dos frutos armazenados a 2,5°C, 3% de CO₂ e 0,7% de O₂. Observou-se, também, que o efeito da redução do O₂ (3% para 0,7%) sobre a conservação da firmeza da polpa foi sensivelmente maior nos frutos armazenados sob 3% de CO₂. Já o efeito da redução do O₂ sobre a conservação da acidez dos frutos analisados logo após a abertura das câmaras (Fig. 2A), foi maior nos frutos armazenados sob 0% de CO₂.

Estes resultados são semelhantes aos observados em outros estudos em que houve maior retenção da firmeza da polpa e da acidez em maçãs 'Golden Delicious' armazenadas a 1% de O₂ (Lau, 1985),

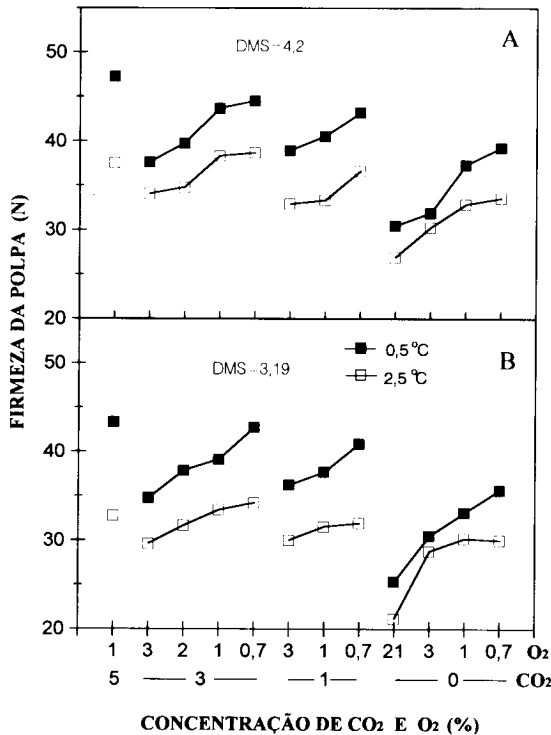


FIG. 1. Firmeza da polpa de maçãs 'Golden Delicious' após a armazenagem sob diferentes concentrações de CO₂ e O₂ nas câmaras. DMS determinados pelo teste de Tukey a 5%. Análises realizadas logo após a armazenagem (A) e após sete dias de prateleira (B).

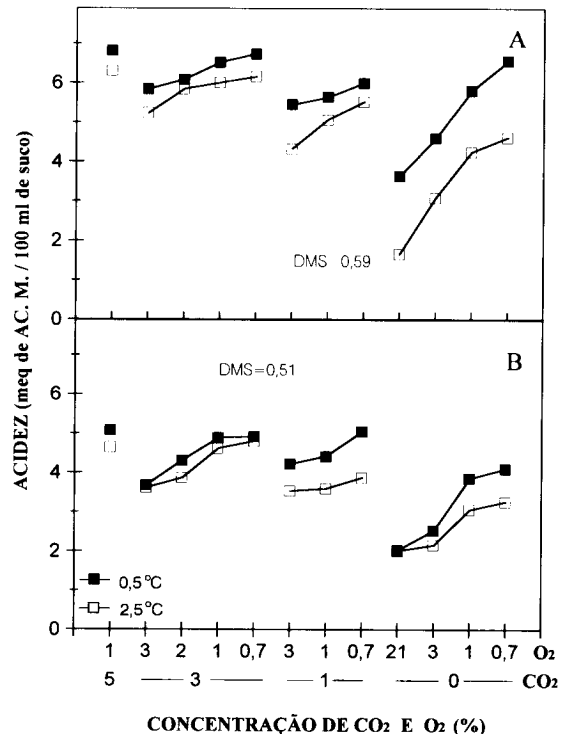


FIG. 2. Acidez titulável de maçãs 'Golden Delicious' após a armazenagem sob diferentes concentrações de CO₂ e O₂ nas câmaras. DMS determinados pelo teste de Tukey a 5%. Análises realizadas logo após a armazenagem (A) e após sete dias de prateleira (B).

1 a 1,5% de O₂ (Meheriuk, 1989) e a 0,5% de O₂ (Lau, 1990) do que em maçãs armazenadas em AC convencional (2 a 3% de O₂).

A conservação da firmeza da polpa e da acidez tendeu a ser maior com o aumento da concentração de CO₂ (0% a 5%). Considerando-se as duas épocas de análise dos frutos e as concentrações de 0,7%, 1% e 3% de O₂, os aumentos médios da firmeza da polpa obtidos com o aumento do CO₂ (0% para 3%) foram de 5,8 N e 3,7 N nos frutos armazenados a 0,5°C e 2,5°C, respectivamente. Já os aumentos médios da acidez obtidos com o aumento do CO₂ (0% para 3%) foram 0,83 meq e 1,31 meq nos frutos armazenados a 0,5°C e 2,5°C, respectivamente. A tendência de aumento da firmeza da polpa e da acidez com o aumento da concentração de CO₂ foi observada tanto sob alta concentração (3%) quanto sob baixa concentração (1 e 0,7%) de O₂.

Estes resultados demonstram que os efeitos da redução do O₂ (3% para 0,7%) sobre a firmeza da polpa foram semelhantes aos efeitos do aumento do CO₂ (0% a 3%), nas duas temperaturas estudadas. Por outro lado, os efeitos da redução do O₂ sobre a acidez foram sensivelmente maiores que os efeitos do aumento do CO₂ nos frutos armazenados a 0,5°C e sensivelmente menores nos frutos armazenados a 2,5°C.

De maneira geral, não foram observados efeitos consistentes dos diferentes regimes de CO₂ e O₂ sobre a conservação dos sólidos solúveis totais (Fig. 3). Apenas verificou-se tendência de aumento da conservação dos sólidos solúveis totais (SST) com o aumento da concentração do CO₂ sob 2,5°C. Na análise de frutos armazenados a 0,5°C, realizada após a armazenagem (Fig. 3A), e na análise de frutos armazenados a 2,5°C, realizada após sete dias de prateleira, verificou-se menor conservação dos SST em frutos armazenados sob 3% de O₂. Realmente, os benefícios mais frequentes da AC sobre a qualidade da maioria das cultivares de maçãs tem sido a retenção da firmeza da polpa, da acidez e dos pigmentos da epiderme, e raramente sobre a conservação dos SST (Meheriuk, 1989).

A tendência de aumento da conservação da firmeza da polpa e da acidez relacionados à redução do O₂ e ao aumento do CO₂ ocorreu nas duas temperaturas de armazenagem. Isto, apesar de a redu-

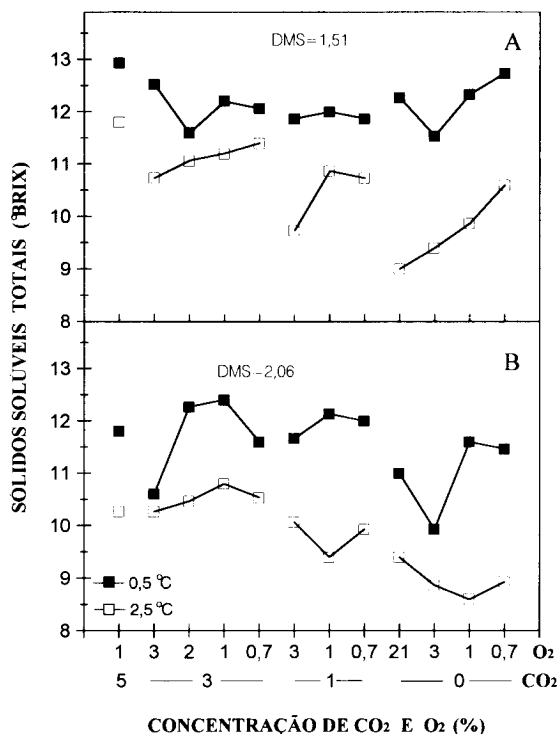


FIG. 3. Teor de sólidos solúveis totais de maçãs 'Golden Delicious' após a armazenagem sob diferentes concentrações de CO₂ e O₂ nas câmaras. DMS determinados pelo teste de Tukey a 5%. Análises realizadas logo após a armazenagem (A) e após sete dias de prateleira (B).

ção do O₂ e o aumento do CO₂ tenderem a ser mais efetivos na conservação da firmeza dos frutos armazenados a 0,5°C que dos frutos armazenados a 2,5°C. Contudo, maior potencial de benefícios da redução da temperatura de armazenagem (0,5 para 2,5°C) foi observado na conservação da firmeza da polpa e dos teores de SST que na conservação da acidez.

As tendências de aumento da conservação da qualidade dos frutos por causa da redução do O₂, observadas após oito meses de armazenagem e após sete dias de prateleira a 23°C, foram semelhantes (Fig. 1B e 2B), à exceção da firmeza da polpa de maçãs armazenadas a 2,5°C em que foram observados menores benefícios na análise realizada após sete dias de prateleira (Fig. 1B).

Os regimes de $CO_2/O_2 = 5/1$ e $3/1$ foram os mais efetivos na conservação da clorofila da epiderme dos frutos (Fig. 4). O teor de clorofila nos frutos armazenados sob 3% de CO_2 e 1% de O_2 foi aproximadamente seis vezes maior que nos frutos armazenados em frio comum (FC). Contudo, os regimes de $CO_2/O_2 = 3/1$ e $0/1$ proporcionaram maiores escores no painel de avaliação organoléptica. Aparentemente, frutos armazenados sob concentrações de CO_2 muito elevadas e de O_2 muito baixas podem apresentar sabor adstringente devido à menor evolução da maturação dos frutos durante a armazenagem. Ressalta-se que nos ensaios de clorofila e qualidade organoléptica não foram incluídos os regimes de 0,7% de O_2 .

A qualidade dos frutos armazenados em FC (0,03% de CO_2 e 21% de O_2) foi significativamente inferior à dos frutos armazenados em AC (Fig. 1, 2 e 4), com exceção dos teores de SST (Fig. 3).

Nenhum distúrbio fisiológico visual por deficiência de O_2 (fermentação) foi identificado nos frutos armazenados sob concentrações de até 0,75% de O_2 .

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Lau (1989a), em que não houve aumento na incidência de distúrbios fisiológicos nem foi detectado sabor alcoólico com a redução de 2,5% para 0,5% na concentração de O_2 em câmaras com maçãs cv. Golden Delicious. Entretanto, estes resultados dife-

rem dos observados em outras cultivares, como McIntosh, Spartan e Red Delicious, nas quais têm sido observados distúrbios por deficiência de O_2 quando armazenadas sob 1% a 0,5% de O_2 (Lau, 1989a; Lau, 1990).

CONCLUSÃO

As condições ideais para conservação, na câmara de armazenagem, da maçã cv. Golden Delicious, são: 3% de CO_2 , 0,75% a 1% de O_2 , e temperatura de 0,5°C.

AGRADECIMENTOS

À Associação Brasileira de Produtores de Maçãs, pelo apoio financeiro a este trabalho.

REFERÊNCIAS

- ARGENTA, L.C.; BRACKMANN, A.; MONDARDO, M. Qualidade pós-colheita de maçãs armazenadas sob diferentes temperaturas e concentrações de CO_2 e O_2 . *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.6, n.2, p.121-126, 1994.
- ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v.24, p.1-15, 1949.
- BENDER, R.J.; EBERT, A. **Determinação do ponto de colheita de cultivares de macieira. Teste iodo-amido.** Florianópolis: EMPASC, 1985. 6p. (Documento, 54).
- CHEN, P.M.; OLSEN, K.L.; MEHERIUK, M. Effect of low-oxygen atmosphere on scald and quality preservation of 'Delicious' apples. *Journal of American Society for Horticultural Science*, v.110, n.1, p.16-20, 1985.
- GRAELL, J. Eliminación del etileno en la conservación de la fruta. In: JORNADAS TÉCNICAS: FRIGOCONSERVACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA FRUTA DULCE. Barcelona: Fundación Caja de Pensiones, 1990. p.19-29.
- LANGE, E.; FICA, J. The storage response of 'Golden Delicious' and 'Jonathan' apples to ethylene removal from controlled atmospheres and to prestorage short term high CO_2 treatment. *Fruit Science Reports*, v.11, p.159-168, 1984.

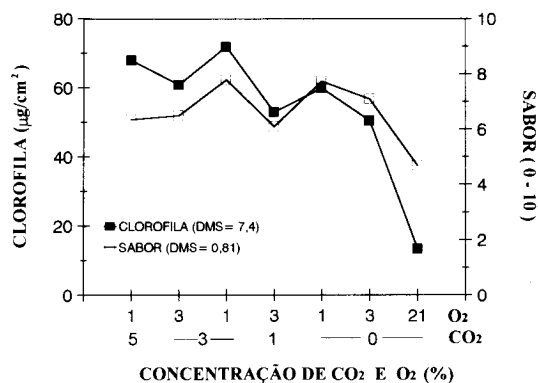


FIG. 4. Teor de clorofila e qualidade organoléptica (nota de zero a dez) de maçãs 'Golden Delicious' após a armazenagem sob diferentes concentrações de CO_2 e O_2 nas câmaras. Análises realizadas logo após a armazenagem.

- LAU, O.L. Ethylene scrubbing offers no benefit to 'Golden Delicious' apples held in 1.5% O₂ plus 1.5% CO₂. **HortScience**, v.24, n.5, p. 852, 1989b.
- LAU, O.L. Responses of British Columbia-grow apples to low-oxygen and low-ethylene controlled atmosphere storage. **Acta Horticulturae**, v.258, p.107-114, 1989a.
- LAU, O.L. Storage procedures, low oxygen, and low carbon dioxide atmospheres on storage quality of 'Golden Delicious' and 'Delicious' apples. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.110, n.4, p.541-547, 1985.
- LAU, O.L. Tolerance of three apple cultivars to ultra-low levels of oxygen. **HortScience**, v.25, n.11, p.1412-1414, 1990.
- LAU, O.L.; LOONEY, N.E. Improvement of fruit firmness and acidity in controlled-atmosphere-stored 'Golden Delicious' apples by a rapid O₂ reduction procedure. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.107, n.4, p.531-534, 1982.
- LAU, O.L.; YASTREMSKI, R. Retention of quality of 'Golden Delicious' apples by controlled and modified-atmosphere storage. **HortScience**, v.26, n.5, p.564-566, 1991.
- LAU, O.L.; LIU, Y.; YANG, S. F. Influence of storage atmospheres and procedures on l-amino-cyclopropane-1-carboxylic acid concentration in relation to flesh firmness in 'Golden Delicious' apple. **HortScience**, v.19, n.3, p.425-426, 1984.
- LAU, O.L.; MEHERIUK, M.; OLSEN, K.L. Effects of "rapid CA", high CO₂, and CaCl₂ treatments on storage behavior of 'Golden Delicious' apples. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.108, n.2, p.230-233, 1983.
- LAU, O.L.; YASTREMSKI, R.; MEHERIUK, M. Influence of maturity, storage procedure, temperature, and oxygen concentration on quality and disorders of 'McIntosh' apples. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.111, n.6, p.93-99, 1986.
- LIDSTER, P.D.; LOUGHEED, E.C.; MCRAE, K.B. Effects of sequential low-oxygen and standard controlled atmosphere storage regimens on apple quality. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.112, n.5, p. 787-793, 1987.
- LITTLE, C.R.; PEGGIE, I.D. Storage injury of pome fruit caused by stress levels of oxygen, carbon dioxide, temperature, and ethylene. **HortScience**, v.22, n.5, p.783-790, 1987.
- MEHERIUK, M. CA Storage of apples. In: CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 5., 1989, Wenatchee. **Proceedings...** Wenatchee: [s.n.], 1989. v.2, p.257-284.
- NARDIN, C. Nuevas orientaciones en el empleo de la atmósfera controlada en la conservación de las manzanas. In: JORNADAS TÉCNICAS: FRIGOCONSERVACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA FRUTA DULCE. Barcelona: Fundación Caja de Pensiones, 1990. p.11-18.
- SHARPLES, R.O.; JOHNSON, D.S. Influence of agronomic and climatic factors on the response of apple fruit to controlled atmosphere storage. **HortScience**, v.22, n.5, p.763-766, 1987.
- SKRZYNSKI, J. The effect of low oxygen storage of 'Golden Delicious' and 'Jonagold' apples on quality and chemical content. In: CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 5., 1989, Wenatchee. **Proceedings...** Wenatchee: [s.n.], 1989. v.1, p.307-314.
- STOW, J. The response of apples cv. cox's orange pippin to diferent concentrations of oxygen in the storage atmosphere. **Annals of Applied Biology**, v.114, n.1, p.149-156, 1989.
- TIETJEN, W.H.; HUDSON, D.E. Market quality of eastern-grown 'Golden Delicious' apples after prestorage CO₂ treatment and controlled-atmosphere storage. **HortScience**, v.19, n.3, 1984.