

# ESCURECIMENTO DA POLPA E RESPIRAÇÃO DE PÊSSEGOS EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

## INTERNAL BROWNING AND RESPIRATION OF PEACHES IN FUNCTION OF STORAGE CONDITIONS

Cristiano André Steffens<sup>1</sup>; Auri Brackmann<sup>2</sup>; Josuel Alfredo Vilela Pinto<sup>3</sup>; Ana Cristina Eisermann<sup>4</sup>

### RESUMO

Avaliou-se o efeito da atmosfera sobre a ocorrência do escurecimento da polpa e de sabor alcoólico em cultivares de pêsego e a relação entre o escurecimento, a taxa respiratória e o quociente respiratório da polpa no pêsego 'Jubileu'. No experimento 1, os tratamentos foram: 1 e 2 kPa O<sub>2</sub> combinados com 5, 10 e 15 kPa CO<sub>2</sub>, a 0 e 10°C. No experimento 2, avaliou-se as cultivares Maciel, Jubileu e Eldorado em refrigeração, e a respiração quanto à produção de CO<sub>2</sub> e consumo de O<sub>2</sub> e o quociente respiratório da cultivar Jubileu nas condições de 1 e 5 kPa O<sub>2</sub> combinados com 5, 10 e 15 kPa CO<sub>2</sub>. As combinações de 1 e 2 kPa O<sub>2</sub> com 5 e 10 kPa CO<sub>2</sub> proporcionaram menor incidência de escurecimento da polpa. No entanto, os frutos armazenados a 10°C e em 1 kPa O<sub>2</sub> + 10 kPa CO<sub>2</sub> a 0°C apresentaram sabor alcoólico. As atmosferas contendo 1 e 5 kPa O<sub>2</sub>, combinadas com 10 e 15 kPa CO<sub>2</sub> apresentaram menor produção de CO<sub>2</sub>. Os tratamentos com 1 kPa O<sub>2</sub> + 10 e 15 kPa CO<sub>2</sub> apresentaram menor consumo de O<sub>2</sub> e os maiores valores de quociente respiratório. Observou-se que houve uma correlação positiva entre a incidência do escurecimento da polpa e o quociente respiratório e uma correlação negativa entre o consumo de O<sub>2</sub> e a incidência do escurecimento da polpa.

Palavras-chave: *Prunus persica*, pós-colheita, distúrbios fisiológicos.

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of atmosphere on the internal browning and alcoholic taste incidence in peaches cultivars and the relation between internal browning and rate and respiratory quotient in 'Jubileu' peach. In experiment 1, the treatments were: 1 and 2 kPa O<sub>2</sub> combined with 5, 10 and 15 kPa CO<sub>2</sub>, at 0 and 10°C. In experiment 2 Maciel, Jubileu and Eldorado cultivars were stored in 1 kPa O<sub>2</sub> + 10 kPa CO<sub>2</sub>. In both experiments the internal browning incidence and the presence of alcoholic taste were evaluated. In experiment 3 the respiration, in terms of CO<sub>2</sub> production, of Maciel, Jubileu and Eldorado cultivars in cold storage was evaluated. The respiration, in terms of O<sub>2</sub> consumption and CO<sub>2</sub> production, and respiratory quotient of Jubileu cultivar stored in 1 and 5 kPa of O<sub>2</sub>, combined with 5, 10 and 15 kPa of CO<sub>2</sub> was also determined. Fruits in 1 and 2 kPa of O<sub>2</sub> combined with 5 and 10 kPa of CO<sub>2</sub> showed lower internal browning incidence. However, fruits stored at 10°C and treated with 1 kPa O<sub>2</sub> + 10 kPa CO<sub>2</sub> at 0°C showed alcoholic taste. The atmospheres with 1 and 5 kPa O<sub>2</sub> combined with 10 and 15 kPa CO<sub>2</sub> showed lower CO<sub>2</sub> production than combined with 5 kPa CO<sub>2</sub>. Treatments with 1 kPa O<sub>2</sub> combined with 10 and 15 kPa

CO<sub>2</sub> showed lower O<sub>2</sub> consumption and higher values of respiratory quotient. There was a positive correlation between the internal browning incidence and the respiratory quotient and a negative correlation between the O<sub>2</sub> consumption and the internal browning incidence.

Key words: *Prunus persica*, postharvest, physiological disorders.

### INTRODUÇÃO

A redução da temperatura, a diminuição da pressão parcial de O<sub>2</sub> e o aumento da pressão parcial de CO<sub>2</sub>, através da atmosfera controlada ou modificada, são os principais fatores que contribuem na manutenção da qualidade do produto e, conseqüentemente, na redução de perdas pós-colheita. Esse efeito é devido à redução nos processos metabólicos que culminam no amadurecimento dos frutos, principalmente a respiração celular.

O processo respiratório envolve uma série de reações de oxidação-redução, onde compostos orgânicos são oxidados a CO<sub>2</sub>, sendo este considerado o principal fator que contribui para as perdas pós-colheita de produtos perecíveis (MAHAJAN & GOSWAMI, 2001). De acordo com esses autores, a diminuição da atividade enzimática pela baixa temperatura, baixo O<sub>2</sub> e/ou alto CO<sub>2</sub>, em geral, reduz a utilização de substratos e aumenta a vida pós-colheita dos frutos. No entanto, SAQUET & STREIF (2000) afirmam que nem sempre frutos com baixa taxa respiratória, durante o armazenamento apresentam um maior tempo de conservação. Isso ocorre devido ao fato de que o uso de pressões parciais de O<sub>2</sub> excessivamente baixas ou altas de CO<sub>2</sub> pode induzir a respiração anaeróbica, levando a formação e acúmulo de etanol e acetaldeído, os quais são compostos tóxicos que podem desencadear o escurecimento da polpa dos frutos e o desenvolvimento de aroma e gosto alcoólico (SAQUET et al., 2000). Este problema torna-se ainda mais grave no armazenamento em atmosfera modificada, onde normalmente o O<sub>2</sub> pode atingir níveis muito baixos (< 2 kPa) e o CO<sub>2</sub> muito altos (>10 kPa). Assim, para manter a qualidade dos frutos, durante o armazenamento, é muito importante conhecer a taxa respiratória e a sensibilidade dos frutos ao O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, principalmente para o armazenamento em atmosfera modificada, pois, em função destes dados e da permeabilidade do filme, é possível escolher um material que

<sup>1</sup> Eng. Agro., Mestre, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria. Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, UFSM. CEP: 97105-900, Santa Maria, RS. E-mail: cristianosteffens@mail.ufsm.br

<sup>2</sup> Eng. Agro., Doutor, Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, UFSM. CEP: 97105-900, Santa Maria, RS. E-mail: brackman@ccr.ufsm.br

<sup>3</sup> Acadêmico do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria. Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, UFSM. CEP: 97105-900, Santa Maria, RS. E-mail: josuelpinto@bol.com.br

<sup>4</sup> Acadêmica do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria. Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, UFSM. CEP: 97105-900, Santa Maria, RS. E-mail:anna\_eisermann@yahoo.com.br

(Recebido para Publicação em 27/07/2005, Aprovado em 30/11/2005)

permita uma atmosfera de armazenamento que diminua o metabolismo dos frutos sem induzir o desenvolvimento de distúrbios fisiológicos decorrente da respiração anaeróbica.

FONSECA et al. (2002a) citam que, no metabolismo fermentativo, a produção de etanol envolve a descarboxilação do piruvato a  $\text{CO}_2$  sem consumo de  $\text{O}_2$ . SAQUET & STREIF (2002) obtiveram resultados que sustentam esta afirmação, onde as cultivares de maçã Gala, Jonagold e Fuji apresentaram redução no consumo de  $\text{O}_2$ , em condições de anaerobiose, sem ocorrer redução na produção de  $\text{CO}_2$ . Assim, esses autores citam que o quociente respiratório, relação entre produção de  $\text{CO}_2$  e consumo de  $\text{O}_2$ , é um parâmetro utilizado para melhor observar a provável ativação das vias fermentativas durante o armazenamento. KADER (1987) cita que frutos desenvolvendo respiração aeróbica apresentam valores de quociente respiratório entre 0,7 e 1,3, dependendo do substrato que está sendo predominantemente utilizado no processo (FONSECA et al., 2002a). SAQUET & STREIF (2002) verificaram que diversas cultivares de maçãs já iniciaram a respiração anaeróbica em pressões parciais de  $\text{O}_2$  abaixo de 1,5 kPa, atingindo valores de quociente respiratório de 2,5. No entanto, esses autores também observaram que existe um comportamento diferenciado entre as cultivares, quanto à taxa respiratória e à sensibilidade ao baixo  $\text{O}_2$ , porém não houve correlação entre maior sensibilidade ao  $\text{O}_2$  e maior taxa respiratória. Segundo KADER & MITCHELL (1989), pêssegos toleram uma pressão mínima de 2kPa de  $\text{O}_2$  e máxima de 5 kPa de  $\text{CO}_2$ . No entanto, CERETTA et al. (2000) verificaram que a cultivar Eldorado pode ser armazenada em 21 kPa de  $\text{O}_2$  + 10 kPa de  $\text{CO}_2$  e 1 kPa de  $\text{O}_2$  + 3 kPa de  $\text{CO}_2$  sem causar problemas de escurecimento da polpa, na temperatura de  $-0,5^\circ\text{C}$ . Assim, devido à falta de informações sobre o armazenamento de pêssegos de polpa amarela é de extrema importância conhecer a combinação de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$  que reduza mais acentuadamente a respiração, porém, sem induzir o desenvolvimento de escurecimento da polpa e de sabor alcoólico nos frutos.

Dessa forma, o objetivo foi de avaliar o efeito de níveis de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$  sobre a ocorrência do escurecimento da polpa e de sabor alcoólico nas cultivares de pêssego Maciel, Jubileu e Eldorado e a relação entre escurecimento, a taxa respiratória e o quociente respiratório da polpa de pêssego cultivar Jubileu.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos com pêssegos (*Prunus persica*) das cultivares Jubileu, Maciel e Eldorado, no ano de 2004. Os frutos, provenientes de pomares comerciais localizados no município de Canguçu, após colhidos, foram transportados ao Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita da Universidade Federal de Santa Maria, onde se descartou os frutos feridos e procedeu-se a homogeneização e separação das amostras experimentais.

No experimento 1, os tratamentos foram: 1 e 2 kPa de  $\text{O}_2$  combinados com 5, 10 e 15 kPa de  $\text{CO}_2$ , a 0 e  $10^\circ\text{C}$ , utilizando-se a cultivar Jubileu. No experimento 2, avaliou-se as cultivares Maciel, Jubileu e Eldorado armazenadas em 1 kPa de  $\text{O}_2$  + 10 kPa de  $\text{CO}_2$ , a 0 e  $10^\circ\text{C}$ . No experimento 3, avaliou-se a respiração a  $0^\circ\text{C}$ , em armazenamento refrigerado, das cultivares estudadas e a respiração em termos de produção de  $\text{CO}_2$  e consumo de  $\text{O}_2$  e o quociente respiratório da cultivar Jubileu em diferentes níveis de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$  a  $0^\circ\text{C}$ .

Nos experimentos 1 e 2, os frutos foram acondicionados em recipientes de vidro, hermeticamente fechados, com capacidade de 5000 mL, sendo utilizadas três repetições com

unidade experimental composta por 15 frutos. No experimento 3, as cultivares Jubileu, Maciel e Eldorado, mantidas a  $0^\circ\text{C}$ , também foram acondicionadas em recipientes de vidro com capacidade de 5000mL para determinar a respiração em atmosfera normal (21 kPa  $\text{O}_2$  + 0,03 kPa  $\text{CO}_2$ ). Já os frutos mantidos nas condições de armazenamento de 1 kPa  $\text{O}_2$  + 5 kPa  $\text{CO}_2$ , 1 kPa  $\text{O}_2$  + 10 kPa  $\text{CO}_2$ , 1 kPa  $\text{O}_2$  + 15 kPa  $\text{CO}_2$ , 5 kPa  $\text{O}_2$  + 5 kPa  $\text{CO}_2$ , 5 kPa  $\text{O}_2$  + 10 kPa  $\text{CO}_2$  e 5 kPa  $\text{O}_2$  + 15 kPa  $\text{CO}_2$  foram acondicionados em minicâmaras experimentais com capacidade de 60L, hermeticamente fechadas. Em todos os experimentos foram utilizadas três repetições da unidade experimental composta por aproximadamente 1500 g de frutos, nos recipientes de vidro, e 10.000 g, nas minicâmaras. A temperatura de armazenamento foi de  $0^\circ\text{C}$ .

As pressões parciais dos gases nos tratamentos com baixo  $\text{O}_2$  e alto  $\text{CO}_2$  foram obtidas mediante a diluição do  $\text{O}_2$  no ambiente de armazenamento com injeção de  $\text{N}_2$ , proveniente de um gerador de nitrogênio, que utiliza o princípio "Pressure Swing Adsorption" – (PSA), e posterior injeção de  $\text{CO}_2$ , provenientes de cilindros de alta pressão, até atingir o nível preestabelecido no tratamento. A manutenção das pressões parciais desejadas dos gases, nas diferentes condições de armazenamento, que variavam em função da respiração dos frutos, foi realizada duas vezes por dia, nos experimentos 1 e 2, e diariamente, no experimento 3. Essas avaliações foram feitas através de analisadores eletrônicos de  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ , marca Agri-datalog, e com posterior correção, até atingir os níveis preestabelecidos. O  $\text{O}_2$ , consumido pela respiração, foi repostado por meio da injeção de ar atmosférico nas minicâmaras e o  $\text{CO}_2$  em excesso foi absorvido por uma solução de hidróxido de potássio (40 % p/v), através da qual foi circulado o ar do ambiente de armazenamento.

Nos experimentos 1 e 2, para avaliar o efeito dos tratamentos, foram realizadas as determinações de escurecimento da polpa e presença de sabor alcoólico nos frutos após dez dias de armazenamento a  $10^\circ\text{C}$  e após 30 dias de armazenamento a  $0^\circ\text{C}$ , ambos seguidos de dois dias a  $20^\circ\text{C}$  em atmosfera normal (21 kPa de  $\text{O}_2$  + 0,03 kPa de  $\text{CO}_2$ ). No experimento 3 foi avaliada a taxa respiratória durante o armazenamento nas condições definidas nos tratamentos.

Para avaliar o escurecimento da polpa, os frutos foram cortados na região equatorial e realizada a contagem dos que apresentavam regiões internas da polpa com qualquer tipo de escurecimento, sendo os resultados expressos em porcentagem de frutos com incidência de escurecimento. Já a presença de sabor alcoólico nos frutos foi determinada através de um painel sensorial composto por seis pessoas não treinadas, as quais provaram um pedaço de, pelo menos, cinco frutos distintos, escolhidos aleatoriamente, de cada tratamento, indicando a presença ou não de sabor alcoólico em pelo menos um dos pedaços provados.

A taxa respiratória foi determinada pelo consumo de  $\text{O}_2$  e pela produção de  $\text{CO}_2$ . O gás do espaço livre do recipiente de vidro ou da minicâmara, utilizados para o acondicionamento das amostras, foi circulado através de analisadores eletrônicos de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$ , marca Agri-Datalog. Através da concentração de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$ , do volume do espaço livre, da massa de frutos e do tempo de fechamento, foi calculada a respiração, sendo os valores expressos em mL de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$   $\text{kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ , para o consumo de  $\text{O}_2$  e produção de  $\text{CO}_2$ , respectivamente. O consumo de  $\text{O}_2$  foi determinado somente nos frutos mantidos sob as condições de baixo  $\text{O}_2$  e alto  $\text{CO}_2$ , bem como o quociente respiratório, calculado pela razão entre a produção de  $\text{CO}_2$  e consumo de  $\text{O}_2$ . Os recipientes de vidro, utilizados para determinar a respiração dos frutos em atmosfera normal,

foram fechados hermeticamente por 24 horas, quando, após determinada a respiração, os mesmos foram abertos. Em todos os tratamentos, a respiração foi determinada a cada três dias, durante 28 dias, e calculada a taxa respiratória média.

A análise de variância seguiu o modelo do delineamento inteiramente casualizado, sendo os dados em porcentagem transformados para  $\arcsen\sqrt{x/100}$ , antes de proceder a análise da variância. As médias foram comparadas pelo teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade de erro. Também foi realizado o teste de correlação de Pearson entre os parâmetros incidência de escurecimento da polpa (experimento 1), produção média de CO<sub>2</sub>, consumo médio de O<sub>2</sub> e quociente respiratório (experimento 3), avaliados nos tratamentos com 1kPa de O<sub>2</sub> combinado com 5, 10 e 15kPa de CO<sub>2</sub>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento1, observou-se que a 10°C, os tratamentos com 1 kPa e 2 kPa de O<sub>2</sub> combinados com 5 kPa de CO<sub>2</sub> e 2 kPa de O<sub>2</sub> + 10 kPa de CO<sub>2</sub> apresentaram as menores incidências de escurecimento da polpa, no entanto, nessa temperatura, em todos os tratamentos, desenvolveu-se sabor alcoólico (Tabela 1). Já a 0 °C, os frutos mantidos nas atmosferas de 1 kPa de O<sub>2</sub> combinado com 5 e 10 kPa de CO<sub>2</sub> e 2 kPa de O<sub>2</sub> com 5, 10 e 15 kPa de CO<sub>2</sub> apresentaram menor incidência de escurecimento da polpa (Tabela 1). De acordo com a análise sensorial dos frutos mantidos a 0°C, os tratamentos com 1 kPa de O<sub>2</sub> combinado com 10 e 15 kPa de CO<sub>2</sub> e 2 kPa de O<sub>2</sub> com 15 kPa de CO<sub>2</sub> desenvolveram sabor alcoólico nos frutos (Tabela 1). Assim, verifica-se que, a 0°C, as pressões parciais críticas de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> para o pêssego 'Jubileu' é de 1 kPa e entre 5 e 10 kPa, respectivamente. Já a 10°C, deve-se utilizar uma pressão parcial de O<sub>2</sub> maior que 2 kPa de O<sub>2</sub> e/ou de CO<sub>2</sub> menor que 5 kPa, o que praticamente impossibilita o armazenamento desta cultivar em atmosfera modificada nesta temperatura. Os resultados concordam com a afirmação de FONSECA et al. (2002a), que citam que o risco de formação de distúrbios fisiológicos, devido ao baixo O<sub>2</sub>, aumenta com a elevação da temperatura de armazenamento. Esses autores afirmam que, em temperaturas de armazenamento maiores, a pressão parcial crítica de O<sub>2</sub> (pressão parcial mínima que não causa dano nos frutos) deve ser maior.

Na condição de armazenamento de 1 kPa de O<sub>2</sub> + 15 kPa de CO<sub>2</sub> houve a maior incidência de escurecimento da polpa (Tabela 1). De acordo com KADER (1987), o CO<sub>2</sub> atua reduzindo a velocidade do ciclo dos ácidos tricarbóxicos e, em níveis excessivamente elevados, esta redução pode causar acúmulo de ácido succínico devido à inibição da enzima succinato desidrogenase, com conseqüente formação

de distúrbios fisiológicos (WATKINS et al., 1997). SAQUET et al. (2000) e SAQUET et al. (2003) afirmaram que, em condições de armazenamento que induzem o desenvolvimento de escurecimento da polpa de maçãs e pêras, a ocorrência deste distúrbio fisiológico pode ser decorrente da redução no metabolismo energético e no conteúdo de fosfolípidios, com conseqüente descompartmentalização das estruturas intracelulares (VELTMAN et al., 2003).

No experimento 2, verificou-se, em ambas as temperaturas, que as cultivares Maciel, Jubileu e Eldorado apresentam um comportamento diferenciado com relação ao baixo O<sub>2</sub> e alto CO<sub>2</sub> (Tabela 2). A cultivar Maciel apresentou os maiores níveis de incidência de escurecimento da polpa, seguido da cultivar Jubileu, sendo que, a 0°C, a cultivar Eldorado não apresentou incidência deste distúrbio fisiológico (Tabela 2). Este resultado está de acordo com os obtidos por STREIF (1992), que verificou que as pressões parciais de O<sub>2</sub> críticas, abaixo das quais a respiração anaeróbica pode ser induzida, variam de acordo com as cultivares. Da mesma forma, a sensibilidade ao CO<sub>2</sub> pode ser dependente da cultivar, conforme observado nas cultivares de maçã 'Gala' e 'Fuji' (BRACKMANN & STEFFENS, 2002). A ausência de incidência de escurecimento da polpa na cultivar Eldorado a 0°C está de acordo com os resultados obtidos por CERETTA et al. (2000), que também não verificaram escurecimento desta cultivar armazenada em 10 kPa de CO<sub>2</sub>. Com relação a estes resultados, pode-se afirmar que, das três cultivares avaliadas, a Eldorado apresenta maior potencial de armazenamento em atmosfera modificada ou controlada, pois suporta baixo nível de O<sub>2</sub> e alto de CO<sub>2</sub>.

Observa-se, nas três cultivares, que a redução da temperatura de 10°C para 0°C diminuiu a incidência de escurecimento da polpa, mesmo que os frutos a 0°C ficaram expostos por mais tempo ao baixo O<sub>2</sub> e alto CO<sub>2</sub> (Tabela 2). Este resultado, juntamente com os obtidos no experimento 1, evidencia que a redução da temperatura diminui a sensibilidade dos frutos ao baixo O<sub>2</sub> e/ou alto CO<sub>2</sub>. Possivelmente, este resultado esteja relacionado ao fato de que, em temperaturas mais elevadas, todas as rotas metabólicas apresentam uma intensidade maior, necessitando os frutos de uma maior demanda energética pelas reações enzimáticas. Com o abaixamento acentuado do O<sub>2</sub> e elevação do CO<sub>2</sub>, diminui-se demasiadamente o fornecimento de energia, prejudicando a manutenção da permeabilidade das membranas com conseqüente descompartmentalização celular (SAQUET et al., 2000), que juntamente com a formação de etanol e acetaldeído, devido à respiração anaeróbica (FONSECA et al., 2002a), desencadeiam o escurecimento da polpa.

Tabela 1 - Escurecimento da polpa e presença de sabor alcoólico em pêssego 'Jubileu' submetido a diferentes níveis de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. Santa Maria, 2004. (Experimento 1)

O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub> (kPa)	10 dias a 10°C + 2 dias a 20°C		30 dias a 0°C + 2 dias a 20°C	
	Escurecimento da polpa (%)	Sabor alcoólico nos frutos	Escurecimento da polpa (%)	Sabor alcoólico nos frutos
1+5	23,3d*	Sim	6,7b	Não
1+10	50,0bc	Sim	17,4b	Sim
1+15	78,9a	Sim	38,6 <sup>a</sup>	Sim
2+5	26,7d	Sim	16,7b	Não
2+10	36,7cd	Sim	22,2b	Não
2+15	67,9ab	Sim	20,0b	Sim
CV (%)	15,09	-	24,80	-

\* Médias não seguidas pela mesma letra, na vertical, diferem pelo teste de Duncan em 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2 - Escurecimento da polpa de pêssegos armazenado a 0 °C e 10 °C com 1 kPa de O<sub>2</sub> + 10 kPa de CO<sub>2</sub> e taxa respiratória média de pêssegos armazenados em atmosfera normal (21 kPa de O<sub>2</sub> + 0,03 kPa de CO<sub>2</sub>) na temperatura de 0 °C. Santa Maria, 2004. (Experimento 1).

Cultivar	Escurecimento da polpa (%)		Taxa respiratória (mL CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )
	0°C	10°C	
Maciel	65,0a*	94,7a	1,54a
Jubileu	17,4b	50,0b	1,24b
Eldorado	0,0c	20,0c	0,89c
CV (%)	21,90	16,43	5,64

\* Médias não seguidas pela mesma letra, na vertical, diferem pelo teste de Duncan em 5% de probabilidade de erro.

No experimento 3, observou-se que existe diferenças na produção de CO<sub>2</sub> entre as cultivares estudadas, sendo que a cultivar Maciel, de maturação mais precoce, apresentou maior taxa respiratória e a Eldorado, de maturação mais tardia, apresentou menor taxa respiratória (Tabela 2). BRACKMANN & STREIF (1994) e SAQUET & STREIF (2002) verificaram, em maçã, que cultivares mais tardias, como a Fuji, apresentam taxa respiratória menor que a Gala, de maturação mais precoce. Considerando a taxa respiratória destas cultivares e a incidência de escurecimento da polpa obtida no experimento 2, verificou-se que quanto maior a taxa respiratória em atmosfera normal a 0°C, mais alta foi a incidência do escurecimento da polpa a 1 kPa de O<sub>2</sub> + 10 kPa de CO<sub>2</sub>, nas duas temperaturas estudadas (Tabela 2).

As atmosferas contendo 1 e 5 kPa de O<sub>2</sub> combinado com 10 e 15 kPa de CO<sub>2</sub> apresentaram menor produção de CO<sub>2</sub> do que quando combinado com 5 kPa de CO<sub>2</sub> (Tabela 3). Os

tratamentos com 1 kPa de O<sub>2</sub> combinado com 10 e 15 kPa de CO<sub>2</sub> apresentaram menor consumo de O<sub>2</sub> do que os demais tratamentos (Tabela 3). Estes resultados evidenciam um efeito combinado do baixo O<sub>2</sub> e do alto CO<sub>2</sub> sobre a produção de CO<sub>2</sub> e consumo de O<sub>2</sub>. FONSECA et al. (2002b) também verificaram uma redução na respiração com a redução do nível de O<sub>2</sub> e aumento do CO<sub>2</sub>. De acordo com KADER (1996), o baixo O<sub>2</sub> reduz a taxa respiratória devido à redução da atividade das enzimas polifenoloxidasas, ácido ascórbico oxidase e ácido glicólico oxidase. Já o efeito do alto CO<sub>2</sub> não está esclarecido, mas várias hipóteses para seu modo de ação foram postuladas, podendo ele reduzir a produção de CO<sub>2</sub> diretamente, inibindo a rota glicolítica e o ciclo dos ácidos tricarbóxicos, e indiretamente, reduzindo a ação do etileno sobre algumas enzimas envolvidas no processo respiratório (MATHOOKO, 1996; FONSECA et al., 2002a).

Tabela 3 - Taxa respiratória média, em termos de produção de CO<sub>2</sub> e consumo de O<sub>2</sub>, e quociente respiratório de pêssegos 'Jubileu' durante o armazenamento em diferentes níveis de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> a 0°C. Santa Maria, 2004. (Experimento 3).

O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub> (kPa)	Taxa respiratória		Quociente respiratório (CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> )
	(mL de CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	(mL de O <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	
5+5	1,21ab	1,19 <sup>a</sup>	1,02c
5+10	0,94c	0,96b	0,98c
5+15	0,93c	0,93b	1,00c
1+5	1,26a	0,99b	1,27bc
1+10	1,01c	0,72c	1,40b
1+15	1,07bc	0,55d	1,93a
CV (%)	7,92	6,37	15,15

\* Médias não seguidas pela mesma letra, na vertical, diferem pelo teste de Duncan em 5% de probabilidade de erro.

Os tratamentos com 1 kPa de O<sub>2</sub> combinado com 10 e 15 kPa de CO<sub>2</sub> apresentaram os maiores valores de quociente respiratório, 1,40 e 1,93, respectivamente (Tabela 3). De acordo com KADER (1987), frutos que apresentam quociente respiratório acima de 1,3 podem estar desenvolvendo respiração anaeróbica, o que está de acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pois estes tratamentos apresentaram maior incidência de escurecimento da polpa e presença de sabor alcoólico decorrente de metabolismo fermentativo (Tabela 1).

Analisando a correlação entre os parâmetros avaliados no experimento 3 nos tratamentos com 1 kPa de O<sub>2</sub> combinado com 5, 10 e 15 kPa de CO<sub>2</sub>, verificou-se que houve uma correlação positiva (0,7708) entre a incidência do escurecimento da polpa e o quociente respiratório e uma correlação negativa (-0,9376) entre o consumo de O<sub>2</sub> e a incidência do escurecimento da polpa. Estes resultados mostram que uma redução no consumo de O<sub>2</sub> e o aumento no quociente respiratório podem ser indicadores de condições de armazenamento indutoras de distúrbios fisiológicos decorrente de respiração anaeróbica. Este resultado concorda, em parte,

com a afirmação de SAQUET & STREIF (2002), que citam que o quociente respiratório é um parâmetro utilizado para melhor monitorar a indução das vias fermentativas durante o armazenamento em atmosfera controlada.

## CONCLUSÕES

A melhor condição de atmosfera testada para o armazenamento do pêssego 'Jubileu' a 0°C é de 1 kPa de O<sub>2</sub> e 5,0 kPa de CO<sub>2</sub>, porém a cultivar Eldorado apresenta melhor potencial de armazenamento, podendo ser armazenada com 1 kPa de O<sub>2</sub> e 10 kPa de CO<sub>2</sub> sem manifestar escurecimento da polpa.

A sensibilidade dos frutos ao baixo O<sub>2</sub> e alto CO<sub>2</sub>, durante o armazenamento, é dependente da cultivar e aumenta com a elevação da temperatura de 0° para 10°C.

A incidência de escurecimento da polpa em pêssegos possui correlação positiva com o quociente respiratório e negativa com a respiração dos frutos em termos de consumo de O<sub>2</sub>.

REFERÊNCIAS

- BRACKMANN, A.; STEFFENS, C.A. Sempre em forma. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, v.11, p.20-21, 2002.
- BRACKMANN, A.; STREIF, J. Ethylene, CO<sub>2</sub> and aroma volatiles production by apple cultivars. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.368, p.51-56, 1994.
- CERETTA, M.; ANTUNES, P.L.; BRACKMANN, A. et al. Conservação em atmosfera controlada de pêssego cultivar Eldorado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.73-79, 2000.
- FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; BRECHT, J.K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, n. 52, p.99-119, 2002a.
- FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; FRIAS, J.M.; et al. Modelling respiration rate of shredded Galega kale for development of modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, n. 54, p.299-307, 2002b.
- KADER, A.A. Respiration and gas exchange of vegetables. In: J. WEICHMANN (Ed.). **Postharvest physiology of vegetables**, New York: Marcel Dekker, 1987. p. 25-43.
- KADER, A.A. Biochemical and physiological basis of effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Alexandria, v.40, n.5, p.99-104, 1986.
- KADER, A.A.; MITCHELL, F.G. Maturity and quality. In: **Peaches, plums and nectarines – growing and handling for fresh market**. Oakland: University of California Division of Agricultural and Natural Resources, 1989, p.191-196.
- MAHAJAN, P.V.; GOSWANI, T.K. Enzyme kinetics based modeling of respiration rate of apple. **Journal Agricultural Engineering Research**, Amsterdam, v.79, n.4, p.399-406, 2001.
- MATHOOKO, F.M. Regulation of respiratory metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.9, p.247-264, 1996.
- SAQUET, A.A.; STREIF, J. Respiração e produção de etileno de maçãs armazenadas em diversas concentrações de oxigênio. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8, n.1, p.71-75, 2002.
- SAQUET, A.A.; STREIF, J. Untersuchungen zur Atmung und zur Ethylenbildung einiger neuer Apfelsorten. **Erwerbsobstbau**, Berlin, v.42, p.109-112, 2000.
- SAQUET, A.A.; STREIF, J., BANGERTH, F. Energy metabolism and membrane lipid alterations in relation to brown heart development in 'Conference' pears during delayed controlled atmosphere storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.30, p.123-132, 2003.
- SAQUET, A.A.; STREIF, J., BANGERTH, F. Changes in ATP, ADP and pyridine nucleotide levels related to the incidence of physiological disorders in 'Conference' pears and 'Jonagold' apples during controlled atmosphere storage. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v.75, p.243-249, 2000.
- STREIF, J. **Ernte, Lagerung und Aufbereitung**. In: F. WINTER (Eds.), *Lucas' Anleitung zum Obstbau*. Stuttgart: Eugen Ulmer, 31 Auflage, 1992, p.304-337.
- VELTMAN, R.H.; LENTHERIC, I.; VAN der PLAS, L.H.W.; et al. Internal browning in pear fruit (*Pyrus communis* L. cv Conference) may be a result of a limited availability of energy and antioxidants. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, p.295-302, 2003.
- WATKINS, C. B.; BURMEISTER, D. M.; ELGAR, H. J. et al. A comparison of two carbon dioxide-related injuries of apple fruit. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 7., **Proceedings...**, California, v. 2, 1997, p. 119-124.