

ARMAZENAMENTO DE MAÇÃ 'FUJI' COM INCIDÊNCIA DE PINGO-DE-MEL¹

AURI BRACKMANN²; DANIEL ALEXANDRE NEUWALD³ & CRISTIANO ANDRÉ STEFFENS³

RESUMO - Foram realizados dois experimentos com o objetivo de avaliar o efeito da temperatura e da concentração de O₂, durante o armazenamento em atmosfera controlada (AC) sobre a conservação da maçã 'Fuji' afetada com pingo-de-mel. No experimento 1, utilizaram-se pressões parciais de 0,8; 1,1 e 1,6kPa de O₂ combinado com <0,5kPa de CO₂, na temperatura de 0,5°C. No experimento 2, combinaram-se armazenamento refrigerado (AR) e AC (1,1kPa de O₂ e <0,5kPa de CO₂) com as temperaturas de -0,5°C e 0,5°C. A UR, em ambos os experimentos, foi de 96%. Após sete meses de armazenamento e mais sete dias a 20°C, no experimento 1, a redução da pressão parcial de O₂ diminuiu a degradação dos ácidos, incidência de degenerescência senescente e manteve a cor verde da epiderme. Por outro lado, a incidência de podridão, na saída da câmara, aumentou com a redução da pressão parcial de O₂. No experimento 2, o uso de AC manteve a firmeza de polpa, a acidez titulável mais elevada e a cor da epiderme mais verde dos frutos, na saída da câmara. A incidência de degenerescência senescente e podridões foram menores em AC, e a temperatura de -0,5°C também reduziu a incidência de degenerescência senescente em relação a 0,5°C. A incidência de degenerescência com cortiça foi mais elevada em AC.

Termos de indexação: armazenamento, pingo-de-mel, atmosfera controlada, degenerescência senescente, degenerescência com cortiça

STORAGE OF 'FUJI' APPLES WITH WATER CORE INCIDENCE

ABSTRACT - Were carried out two experiments with the objective to evaluate the effect of temperature and O₂ partial pressure during controlled atmosphere (CA) storage on the quality of 'Fuji' apples affected with water core. In the first experiment the O₂ partial pressures were 0,8; 1,1 and 1,6kPa, combined with <0,5kPa CO₂, at temperature of 0,5°C. In the second experiment cold storage and CA (1,1kPa O₂ <0,5kPa CO₂) were combined with two temperatures: -0,5°C and 0,5°C. RH in both trials was around 96%. After 7 months storage plus 7 days at 20°C, in the first experiment, the reduction of partial pressure reduced the degradation of acids, increased flesh breakdown incidence and maintained the green color of the peel. At the opening of the chambers, rot incidence increased with the reduction of O₂ partial pressure. In the second experiment, the use of CA maintained higher firmness, titratable acidity and the green color of the skin at the opening of the chambers. Flesh breakdown and rot incidence were lower in CA and the temperature of -0,5°C also reduced flesh breakdown incidence in relation to 0,5°C. Brown heart incidence was higher in CA.

Index terms: storage, water core, controlled atmosphere, flesh breakdown, brown heart.

INTRODUÇÃO

Os maiores problemas que ocorrem durante o armazenamento de maçãs 'Fuji' são a ocorrência de degenerescências da polpa e de podridões, principalmente em maçãs colhidas tardiamente, que apresentam pingo-de-mel. De acordo com EBERT (1986), pingo-de-mel é um distúrbio fisiológico pré-colheita muito freqüente em maçãs 'Fuji' e caracteriza-se pela presença de suco com alto teor de sorbitol nos espaços intercelulares, dando uma aparência de tecido encharcado. O pingo-de-mel está relacionado com baixas concentrações de cálcio no tecido e é estimulado por fatores climáticos e de manejo do pomar (FAN, 1992). Esta desordem tende a desaparecer durante o armazenamento dos frutos, desde que a área da polpa afetada não seja grande. Regiões com temperaturas mais amenas durante a fase de crescimento e maturação da maçã apresentam maior incidência de pingo-de-mel, como é o caso de São Joaquim, SC.

O armazenamento em atmosfera controlada (AC) é uma alternativa eficiente para a conservação da maçã 'Fuji' por um longo período, pois reduz a perda de firmeza da polpa (LAU,

1985), acidez e sólidos solúveis totais (BRACKMANN, 1991), permitindo uma conservação da qualidade por períodos muito superiores aos obtidos em armazenamento refrigerado (AR). Porém, no armazenamento em AC, é mais freqüente a ocorrência de degenerescência da polpa, principalmente em maçã afetada por pingo-de-mel.

A degenerescência é influenciada pelo local de produção, em função do clima, solo, nutrição e idade da planta e manejo (FAN, 1992), mas também por uma série de fatores inerentes ao armazenamento, como o tempo de resfriamento dos frutos, temperatura de armazenamento, pressão parcial de O₂ e CO₂ em AC e umidade relativa da câmara (LAU et al., 1987). Baixas temperaturas durante o armazenamento podem atenuar ou agravar certos distúrbios fisiológicos (GRAN & BEAUDRY, 1993), uma vez que não suprimem todos os processos metabólicos na mesma extensão, podendo ocorrer colapso nas células (WILLS et al., 1981).

O uso de uma baixa pressão parcial de O₂ diminui o metabolismo dos frutos e inibe a respiração, degradação das pectinas e ácidos orgânicos (BRACKMANN, 1991; SCHOUTEN,

¹ (Trabalho 206/2000). Recebido: 11/09/2000. Aceito para publicação: 14/09/2001.

² Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS CEP97105-900, e-mail: brackman@creta.ufsm.br.

³ Acadêmico do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria, Bolsista do CNPq

1988). Contudo, LAU et al. (1987) consideram que pressão parcial muito baixa de O₂ pode causar degenerescência da polpa. MEHERIUK (1990) afirma que, em pressão parcial de O₂ próxima a 1kPa, pode ocorrer respiração anaeróbica, e que altos níveis de etanol no fruto podem predispor à degenerescência. Porém, FAN (1992) não observou aumento no teor de etanol quando maçãs 'Fuji' foram armazenadas em pressão parcial ultrabaixa de O₂ (1,0 a 1,5kPa). BRACKMANN et al. (1995) verificaram que pressões parciais de O₂ de 1,0kPa, 1,5kPa e 2,0kPa, combinadas com 0kPa de CO₂, não apresentaram relação com a manifestação de degenerescência.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da temperatura e das pressões parciais de O₂, durante o armazenamento em AC, sobre a conservação de maçãs 'Fuji' afetadas por pingo-de-mel.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no ano de 1999, segundo os tratamentos apresentado na Tabela 1. As maçãs 'Fuji' colhidas em um pomar comercial de São Joaquim – SC, localizado nas coordenadas geográficas 28°18' de latitude, 50°24' de longitude e altitude média de 1400m. O município está localizado na região preferencial para o cultivo da macieira do Estado de SC, apresentando de 600 a 750 horas de frio, temperatura média abaixo de 18°C e grande amplitude térmica dia e noite que confere boa coloração vermelha às maçãs.

As maçãs foram armazenadas durante sete meses em minicâmaras de AC do Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita da Universidade Federal de Santa Maria (NPP/UFSM), quando então uma amostra de frutos foi analisada no dia da saída da câmara e outra amostra foi mantida durante sete dias em uma câmara de climatização a 20°C e, posteriormente, analisada. As amostras experimentais foram compostas de 50 frutos, com três repetições para cada tratamento. Os frutos foram colhidos com a maturação um pouco avançada, pois são estes frutos que apresentam maior índice de pingo-de-mel e que, por isso, apresentam maiores dificuldades na conservação. Os frutos, no momento da colheita, apresentavam índice de iodo amido de 9,5; acidez titulável de 3,82cmol.L⁻¹ e sólidos solúveis totais de 13,8°Brix.

O índice de pingo-de-mel (IPM) foi obtido pela somatória dos produtos da multiplicação do número de frutos (nf) e respectivo nível de incidência do distúrbio (1 – sem incidência de pingo-de-mel; 2 – incidência média, com menos que 10% da polpa afetada; e 3 – incidência grave com mais de 10% da polpa afetada) e dividido pelo número total de frutos (ntf), conforme a fórmula $IPM = (nf \times 1 + nf \times 2 + nf \times 3) / ntf$. O índice de pingo-de-mel calculado foi de 1,82, comprovando que as amostras apresentavam incidência média desse distúrbio fisiológico.

Os frutos foram armazenados durante sete meses em minicâmaras de AC, com capacidade de 230 litros. A atmosfera foi instalada nas câmaras de AC após a estabilização da temperatura de armazenamento. A instalação da atmosfera foi feita através da injeção de N₂, produzido por um gerador de

TABELA 1 - Condições de armazenamento de maçãs 'Fuji' com incidência de pingo-de-mel.

Experimento	Tratamento	Temperatura (°C)	O ₂ (kPa)	CO ₂ (kPa)
1	1	0,5	1,6	<0,5
	2	0,5	1,1	<0,5
	3	0,5	0,8	<0,5
2	1	0,5	21	<0,5
	2	0,5	1,1	<0,5
	3	-0,5	21	<0,5
	4	-0,5	1,1	<0,5

TABELA 2 - Características físico-químicas de maçãs 'Fuji' com incidência de pingo-de-mel, após sete meses de armazenamento em AC a 0,5°C e mais sete dias de exposição a 20°C. Santa Maria, 1999. (Experimento 1)

	O ₂ (kPa)	Firmeza de Polpa (N)	Acidez (cmol.L ⁻¹)	SST (°Brix)	Cor (a + b)
Saída da Câmara	0,8	58,2 ^{ns}	2,26 ^{ns}	14,2 ^{ns}	42,33 ^{ns}
	1,1	59,3	2,33	14,2	41,07
	1,6	65,8	2,43	14,1	41,98
	Média	60,3	2,34	14,2	41,79
Sete dias a 20°C	0,8	61,4 ^{ns}	2,81*	14,1 ^{ns}	37,37*
	1,1	62,3	2,63	14,3	43,29
	1,6	59,4	2,13	14,3	46,46
	Média	61,0	2,52	14,2	43,37

^{ns} - regressão não significativa

* - Regressão linear significativa a 5% de probabilidade de erro, pelo teste de F

TABELA 3 - Incidência de distúrbios fisiológicos e podridões em maçã 'Fuji' com pingão-de-mel, após sete meses de armazenamento em AC em 0,5°C e mais sete dias de exposição a 20°C. Santa Maria, 1999. (Experimento 1)

	O ₂	Degenerescência Senescente	Degenerescência de Cortiça	Podridão
	(kPa)	(%)	(%)	(%)
	0,8	2,1 ^{ns}	1,9 ^{ns}	21,8 ^{**}
Saída da Câmara	1,1	5,7	4,7	7,5
	1,6	6,8	4,8	4,8
	Média	4,8	3,8	11,4
	0,8	2,0 [*]	6,7 ^{ns}	27,5 ^{ns}
Sete dias a 20°C	1,1	7,5	8,0	23,0
	1,6	14,1	6,2	16,2
	Média	7,9	6,1	22,2

^{ns} - regressão não significativa

^{*} - Regressão linear significativa a 5% de probabilidade de erro, pelo teste de F.

^{*} - Regressão exponencial significativa a 5% de probabilidade de erro, pelo teste de F.

TABELA 4 - Características físico-químicas de maçãs 'Fuji' com incidência de pingão-de-mel, após sete meses de armazenamento refrigerado (AR) e atmosfera controlada (AC) e após 7 dias de exposição a 20°C. Santa Maria, 1999. (Experimento 2).

Avaliação	Condição	Firmeza de polpa		Acidez Titulável			SST			Cor da Epiderme			
		(N)		(cmol.L ⁻¹)			(°Brix)			CIE L* a* b* (a+b)			
		Temperatura (°C)											
		-0,5°C	0,5°C	Média	-0,5°C	0,5°C	Média	-0,5°C	0,5°C	Média	-0,5°C	0,5°C	Média
Saída da Câmara	AR	55,9Aa*	47,7Bb		1,22	1,51	1,37b	13,9	14,3	14,1a	43,1	49,8	46,5a
	AC**	59,4Aa	59,4Aa		2,33	2,46	2,39a	13,9	14,2	14,1a	40,5	41,1	40,8b
	Média				1,98A	1,78A		13,9B	14,2A		41,8A	45,4A	
	C. V. (%)	3,68			9,72			0,84			8,82		
Sete dias a 20°C	AR	48,3	49,5	48,9b	1,3Ab	1,2Ab		13,9	13,9	13,9a	46,6Aa	48,3Aa	
	AC	59,2	62,3	60,7a	2,2Ba	2,6Aa		14,0	14,3	14,2a	45,1Aa	43,3Ab	
	Média	53,7A	55,9A					14,0A	14,1A				
	C. V. (%)	4,82			10,37			1,72			2,47		

*Médias seguidas de mesma letra minúscula, na vertical, e maiúscula, na horizontal, não diferem estatisticamente, a nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Duncan.

** AC = 1,1kPa O₂/ $<$ 0,5kPa de CO₂.

TABELA 5 - Incidência de distúrbios fisiológicos e podridões em maçã 'Fuji' com incidência de pingão-de-mel, após sete meses de armazenamento refrigerado (AR) e atmosfera controlada (AC) e após 7 dias de exposição a 20°C. Santa Maria, 1999. (Experimento 2).

Avaliação	Condições	Degenerescência Senescente			Degenerescência de Cortiça			Podridão		
		Senescente (%)			Cortiça (%)			Podridão (%)		
		Temperatura (°C)								
		-0,5°C	0,5°C	Média	-0,5°C	0,5°C	Média	-0,5°C	0,5°C	Média
Saída da Câmara	AR	1,0	9,7	5,4a*	3,8	0,0	1,9a	13,1Ba	30,2Aa	
	AC**	0,0	5,7	2,8a	0,0	4,7	2,3a	11,5Aa	7,5Ab	
	Média	0,5B	7,7A		1,9A	2,3A				
	C. V. (%)	52,68			129,72			22,62		
Sete dias a 20°C	AR	20,4	20,4	20,4a	0,0	0,0	0,0a	52,2	53,2	52,7a
	AC	8,3	7,5	7,9b	4,3	8,0	6,2b	45,1	23,0	34,0b
	Média	14,4A	14,0A		2,2A	4,0A		48,6A	38,1A	
	C. V. (%)	51,19			70,37			16,33		

* Médias seguidas de mesma letra minúscula, na vertical, e maiúscula, na horizontal, não diferem estatisticamente, a nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Duncan.

** AC = 1,1kPa O₂/ $<$ 0,5kPa de CO₂.

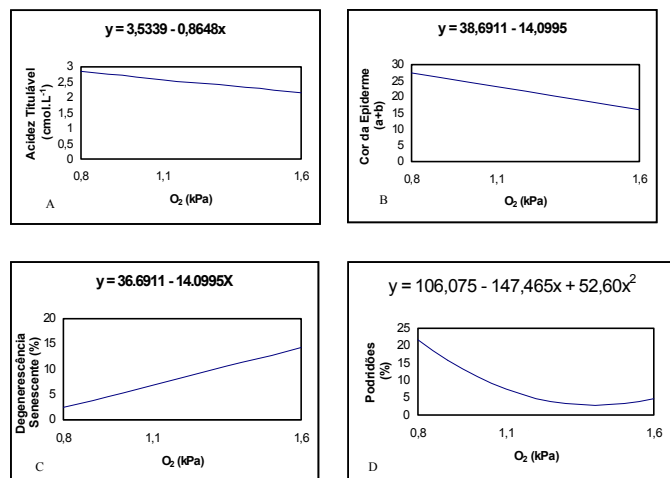


FIGURA 1- Efeito da redução de O_2 na acidez titulável (A), cor da epiderme (B), incidência de degenerescência senescente (C), e ataque de fungos (D) em maçãs 'Fuji' com alta incidência de pingo-de-mel, após sete meses de armazenamento. Santa Maria-RS, 1999.

nitrogênio, que funciona pelo princípio "Pressure Swing Adsorption – PSA". A pressão parcial dos gases (O_2 e CO_2) das câmaras de AC foi monitorada com um equipamento totalmente automatizado da marca Kronenberger, o qual permitiu uma oscilação máxima de $\pm 0,1$ kPa da pressão parcial desejada.

Os parâmetros de qualidade avaliados foram: firmeza da polpa, SST, acidez titulável, degenerescência senescente, degenerescência com cortiça e ocorrência de podridões, obtidas de acordo com a metodologia descrita em MEDEIROS (1999). A cor da epiderme foi determinada com um colorímetro, marca MINOLTA, modelo CR-310, com a leitura de cores pelo sistema tridimensional CIE $L^* a^* b^*$. O eixo "a" avalia a cor do fruto do verde ao vermelho e o eixo "b" da cor azul ao amarelo. Foram feitas as leituras da cor da epiderme para avaliar a evolução da degradação da clorofila e os resultados expressos em $a^* + b^*$.

Os resultados de cada parâmetro, avaliado na saída dos frutos das câmaras e após sete dias de exposição à temperatura de $20^\circ C$, foram submetidos à análise de regressão no experimento 1 e, no experimento 2, foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas estatisticamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade de erro. Dados expressos em percentagem foram transformados pela fórmula $\arcsen \sqrt{x}$ antes da análise da variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

EXPERIMENTO 1

A firmeza da polpa não apresentou diferença estatística entre os tratamentos conforme análise de regressão, mantendo a firmeza da polpa dos frutos (Tabela 2). Provavelmente, as pressões maiores parciais de O_2 usadas não foram suficientemente elevadas para que acelerassem a perda da firmeza da polpa.

Na saída das câmaras, não houve regressão estatística significativa para acidez titulável (Tabela 2). Já aos sete dias, ocorreu uma relação entre a redução de O_2 e a manutenção da acidez, sendo que quanto mais baixa a pressão parcial de O_2 , menor a degradação dos ácidos (Figura 1A), provavelmente

devido à inibição da degradação dos mesmos pelo processo respiratório. Este resultado também foi obtido por BENDER (1989).

Os SST não apresentaram regressão significativa (Tabela 2). Normalmente não se percebem grandes alterações nos SST, durante o armazenamento em AC, pois os açúcares são substratos, cujo início de utilização na respiração ocorre após acentuado consumo dos ácidos orgânicos (BRACKMANN & SAQUET, 1995)

A cor da epiderme na saída das câmaras não apresentou regressão significativa (Tabela 2). Após sete dias, observou-se uma relação positiva entre a redução da pressão parcial de O_2 e a manutenção da coloração verde da epiderme dos frutos (Figura 1B).

A degenerescência senescente não apresentou regressão significativa na saída das câmaras (Tabela 3). Após sete dias, a redução da pressão parcial de O_2 proporcionou menor incidência deste distúrbio (Figura 1C). Maçãs que possuem pingo-de-mel, apresentam no seu conteúdo celular alta concentração de sorbitol, dificultando as trocas gasosas (O_2 e CO_2), ocorrendo o acúmulo de CO_2 no interior do fruto, podendo chegar a um nível crítico, causando a degenerescência senescente. Provavelmente, a redução da pressão parcial de O_2 inibiu a respiração, proporcionando menor acúmulo de CO_2 . Este resultado concorda com os encontrados por BRACKMANN & SAQUET (1995), que observaram um aumento da degenerescência da polpa em maçã 'Fuji' com o aumento da pressão parcial de O_2 . Também FAN (1992) não observou a ocorrência de degenerescência senescente quando reduziu a pressão parcial de O_2 até $0,5$ kPa. Porém, LAU (1985) afirma que a ocorrência de degenerescência senescente está relacionada com baixos níveis de O_2 durante o armazenamento.

A degenerescência com cortiça não apresentou nenhuma regressão significativa, nem na saída das câmaras, nem após sete dias (Tabela 3). BRACKMANN & SAQUET (1995) também obtiveram resultados semelhantes. Portanto, verifica-se que a baixa concentração de O_2 não afeta a degenerescência com cortiça e diminui a incidência de degenerescência senescente da maçã 'Fuji' afetada por pingo-de-mel.

A incidência de podridão (Tabela 3) foi mais elevada com a redução da pressão parcial de O_2 na saída da câmara (Figura 1D). Aos sete dias, verificou-se o mesmo comportamento, porém sem regressão significativa. Possivelmente, a pressão parcial de $0,8$ kPa de O_2 causou estresse aos frutos já bastante maduros que se tornaram mais sensíveis ao ataque de patógenos.

EXPERIMENTO 2

A firmeza da polpa e a acidez titulável apresentaram-se mais elevadas nos frutos armazenados em AC (Tabela 4). LAU (1985) justifica este resultado afirmando que o armazenamento em AC inibe a respiração e a produção de etileno pelos frutos, contribuindo para uma maior retenção da firmeza da polpa. BRACKMANN & SAQUET (1995) também observaram que maçãs armazenadas próximo a 1 kPa de O_2 mantêm acidez mais elevada.

Os níveis de SST foram mais elevados nos frutos armazenados na temperatura de $0,5^\circ C$ (Tabela 4). Provavelmente, devido à maturação mais avançada destes frutos em virtude de a temperatura de armazenamento ser mais elevada. Segundo WILLS et al. (1981), a degradação da protopectina de baixo peso molecular

pode contribuir para a elevação dos sólidos solúveis totais.

A coloração da epiderme apresentou-se mais verde nos frutos armazenados em AC (Tabela 4), provavelmente, devido ao baixo O₂ inibir a degradação da clorofila. Este resultado também foi encontrado por (MEDEIROS, 1999). Já aos sete dias de climatização a 20°C, o tratamento com temperatura de 0,5°C apresentou a menor degradação de clorofila (Tabela 4).

Os frutos armazenados na menor temperatura (-0,5°C) apresentaram menor incidência de degenerescência senescente, na saída da câmara (Tabela 5). Provavelmente, estes frutos com pingo-de-mel, armazenados a -0,5°C, tiveram menor taxa respiratória que aqueles que estavam a 0,5°C, ocorrendo um menor acúmulo de CO₂ e, conseqüentemente, diminuindo a incidência de degenerescência senescente. A baixa ocorrência de degenerescência senescente (<10%) contraria os resultados obtidos por BENDER (1991), que observou que esta cultivar é suscetível a danos em temperatura de armazenamento inferior a 1,5°C. MEDEIROS (1999), por sua vez, não verificou diferença entre as temperaturas de 0,5°C e -0,5°C na incidência deste distúrbio. Após sete dias a 20°C, este distúrbio também foi menor com o uso de AC. Possivelmente, a menor incidência deste distúrbio esteja relacionada a AC proporcionar uma menor taxa respiratória e, conseqüentemente, menor acúmulo de CO₂ no interior do fruto. Já a degenerescência com cortiça foi mais elevada em AC após sete dias a 20°C. No entanto, a temperatura de armazenamento não influenciou na manifestação desse distúrbio (Tabela 5). Este resultado concorda com o obtido por KE & KADER (1989), que observaram que tratamentos com baixo O₂ podem aumentar a incidência deste distúrbio fisiológico em maçã armazenada por longos períodos.

A menor incidência de podridão foi na combinação da temperatura de -0,5°C com AC, na saída da câmara (Tabela 5). A baixa temperatura e a baixa pressão parcial de O₂ afetam diretamente no crescimento de fungos e indiretamente retardam o amadurecimento de frutos (KADER, 1989). Após sete dias a 20°C, não houve diferença estatística na ocorrência de podridões entre as temperaturas, e o uso de AC proporcionou menor incidência de podridões.

CONCLUSÕES

O armazenamento em AC de maçãs 'Fuji' afetadas com pingo-de-mel manteve os frutos com melhor qualidade, quando comparado ao AR, sendo 0,8 a 1,1kPa de O₂ as condições de armazenamento que reduziram a transformação de pingo-de-mel em degenerescência, embora o uso de 0,8kPa de O₂ possa aumentar a suscetibilidade a podridões. As duas temperaturas de armazenamento (-0,5 e 0,5°C) tiveram resultados semelhantes na manifestação de degenerescências e podridões, bem como na qualidade físico-química da maçã 'Fuji'.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENDER, R. J. Frigoconservação convencional e em atmosfera controlada de maçã cv. Gala. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v.11, n.1, p.45-50, 1989.

BENDER, R. J. Maçã 'Fuji' em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.13, n.3, p.301-304, 1991.

BRACKMANN, A. Influência da concentração de oxigênio e etileno sobre a qualidade de maçãs armazenadas em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.12, n.3, p.235-242, 1991.

BRACKMANN, A.; MAZARO, S.M.; BORTOLUZZI, G. Qualidade da maçã 'Fuji' sob condições de atmosfera controlada. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.2, p.215-218, 1995.

BRACKMANN, A.; SAQUET, A. A. Efeito das condições de atmosfera controlada sobre a ocorrência de degenerescência em maçã 'Fuji'. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, n.2, p.263-267, 1995.

EBERT, A.; Distúrbio fisiológicos. In: **MANUAL DA CULTURA DA MACIEIRA**. Florianópolis: EMPASC, 1986. 562p. p.493-520.
FAN, X. **Maturity and storage of 'Fuji' apples**. Washington State University, 1992, 203 p. M. Sc. Thesis in Horticulture - Department of Horticulture and Landscape Architecture, Washington State University, 1992.

GRAN, C. D., BEAUDRY, R. M.; Modified atmosphere packaging determination of lower oxygen limits for apple fruit using respiratory quotient and ethanol accumulation. In **INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE**, 6, 1993, Ithaca, **Proceedings...** Cornell University, Ithaca, New York, 1993. v.1, p.54-62.

KADER, A. Tolerance and responses of fresh fruit to oxygen levels at or below 1%. In: **INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE**, 5, Washington, 1989. **Proceedings...** Washington, 1989. v.2, p.209-216.

KE, D.; KADER, A. A tolerance and responses of fresh fruit to oxygen levels. In: **INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE**, 5, Washington, 1989. **Proceedings...** Washington, 1989. v.2, p.209-216.

LAU, O.L. Storage procedures, low oxygen and low carbon dioxide atmospheres on storage quality of 'Golden Delicious' and 'Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.110, n.4, p.541-547, 1985.

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 the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.111, n.6, p.93-99, 1987.

MEDEIROS, E. A. A.; Efeito do tempo de resfriamento, temperatura de armazenamento e concentração de oxigênio sobre a qualidade da maçã 'Fuji' conservada em atmosfera controlada. Santa Maria, RS: UFSM, 1999. 54p. Tese Mestrado.

MEHERIUK, M. Controlled atmosphere storage of apples: a

survey. **Postharvest News and Information**, London, v.1, n.2, p.119-121, 1990.

SAQUET, A. A. Efeito das temperaturas e concentrações de CO₂ e O₂ sobre a qualidade da maçã cultivar Gala durante o armazenamento em atmosfera controlada. Santa Maria, RS: UFSM, 1997. 105p. Tese Mestrado.

SCHOUTEN, S. P.; ULO, Ethylene in kwaliteit. **Fruiteelt**, n.78, p.20-23, 1988.

WILLS, R. H., LEE, T. H., GRAHAM, D. et al. **Postharvest: na introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. London: Granada, 1981. 162p.