



**ARMAZENAMENTO DE MAÇÃS cv. ROYAL
GALA SOB REFRIGERAÇÃO E ATMOSFERA
CONTROLADA**

LUCIANA COSTA LIMA

1999

LUCIANA COSTA LIMA

T664.80411

Lim

arm

Ac. 32894

**ARMAZENAMENTO DE MAÇÃS cv. ROYAL GALA
SOB REFRIGERAÇÃO E ATMOSFERA CONTROLADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, área de concentração Fisiologia Pós-Colheita, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Auri Brackmann

Co-Orientadora

Prof. Dra. Maria Isabel Fernandes Chitarra

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1999

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Lima, Luciana Costa

Armazenamento de maçãs cv. Royal Gala sob refrigeração e atmosfera controlada / Luciana Costa Lima. – Lavras : UFLA, 1999.

96 p. : il.

Orientador: Auri Brackmann.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Maçã. 2. Armazenamento. 3. Conservação pós-colheita. 4. Refrigeração. 5. Atmosfera controlada. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título

CDD-664.80411

-664.853

LUCIANA COSTA LIMA

**ARMAZENAMENTO DE MAÇÃS cv. ROYAL GALA
SOB REFRIGERAÇÃO E ATMOSFERA CONTROLADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, área de concentração Fisiologia Pós-Colheita, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 9 de abril de 1999

Prof. Dra. Maria Isabel Fernandes Chitarra

UFLA

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

UFLA



Prof. Dr. Auri Brackmann

UFSM

(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Aos meus pais,

Expedito e Nilza,

a minha família,

OFEREÇO!!!

À pessoa que mais amo

André

DEDICO!!!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela tranqüila caminhada, pelos sonhos e o poder de realizá-los.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Ciências dos Alimentos e à Universidade Federal de Santa Maria ao Departamento de Fitotecnia, pelas condições de trabalho.

Ao CNPq e à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao prof. Auri Brackmann, pela oportunidade e orientação.

À prof. Maria Isabel Fernandes Chitarra, pelo estímulo à pesquisa, confiança e pela co-orientação.

Ao prof. Adimilson Bosco Chitarra, pela valiosa participação.

Ao prof. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, pela amizade, pela imprescindível participação na condução do experimento, ensinamentos e exemplo de profissionalismo.

Ao prof. Luiz Carlos de Oliveira Lima, pelo valioso apoio e ensinamentos.

Ao prof. Augusto Ramalho de Moraes e à amiga Janaina Ribeiro Costa, pela orientação na análise estatística.

Aos professores da Pós-graduação da Universidade Federal de Lavras, pelos ensinamentos e formação profissional.

Aos amigos do laboratório do Núcleo de Pesquisa em pós-colheita da Universidade Federal de Santa Maria, pelo valioso apoio na montagem e condução do experimento.

Aos alunos de graduação, Juliana, João Marcelo, Carolina, Ana Carla, Luiza, Alessandra, Ana Vânia, Douglas, Janaine e André, pelo apoio nas análises laboratoriais.

À laboratorista Mércia Magalhães, pela constante ajuda e amizade.

Aos amigos e colegas do Departamento de Ciências dos Alimentos, pela amizade e apoio.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Características da cultivar.....	03
2.2 Ponto de colheita dos frutos.....	04
2.3 Atributos de qualidade.....	05
2.3.1 Aparência.....	06
2.3.1.1 Coloração.....	06
2.3.1.2 Distúrbios fisiológicos.....	08
2.3.2 Sabor.....	11
2.3.2.1 Acidez total titulável (ATT) e pH.....	11
2.3.2.2 Sólidos solúveis totais (SST).....	12
2.3.2.3 Amido e açúcares solúveis.....	13
2.3.3 Firmeza.....	14
2.3.3.1 Parede celular.....	16
2.3.3.1.1 Polissacarídeos.....	17
2.3.3.1.2 Enzimas hidrolíticas.....	19
2.3.3.1.3 Cálcio.....	22
2.4 Armazenamento.....	25
2.4.1 Respiração e etileno.....	25
2.4.2 Armazenamento refrigerado.....	28
2.4.3 Atmosfera controlada.....	29
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1 Procedência e colheita dos frutos.....	35
3.2 Instalação do experimento e armazenamento dos frutos.....	35
3.3 Instalação das atmosferas e controle dos gases nas minicâmaras...	37
3.3.1 Controle da temperatura e da UR na câmara e minicâmaras.....	38
3.4 Análises físicas.....	39
3.5 Preparo das amostras.....	41
3.6 Análises físico-químicas e químicas.....	41
3.7 Análises bioquímicas.....	43
3.8 Compostos de parede celular.....	43
3.9 Delineamento experimental e análise estatística.....	44

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1 Aparência.....	46
4.1.1 Diâmetros e massa.....	46
4.1.2 Coloração.....	49
4.1.3 Distúrbios fisiológicos.....	50
4.2. Acidez total titulável (ATT) e pH.....	51
4.3 Sólidos solúveis totais (SST).....	53
4.4 Amido e Açúcares solúveis.....	55
4.5 Firmeza.....	58
4.5.1 Pectina total (PT) e pectina solúvel (PS) na polpa.....	60
4.5.2 Enzimas.....	64
4.5.3 Componentes da PC.....	65
4.5.3.1 Cálcio total e ligado.....	65
4.5.3.2 Açúcares neutros da parede celular.....	68
5 CONCLUSÕES.....	73
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
ANEXO.....	89

RESUMO

LIMA, L.C. **Armazenamento de maçãs cv. Royal Gala sob refrigeração e atmosfera controlada.** Lavras: UFLA, 1999. 96p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos)*

O armazenamento em AC é largamente utilizado em maçãs para manter a qualidade e prolongar a vida pós-colheita. Estudou-se as modificações físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas dos frutos da macieira da cv. Royal Gala submetidos a diferentes concentrações de O₂, CO₂ e etileno em função do tempo de armazenamento. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Santa Maria, RS, e as análises laboratoriais realizadas na Universidade Federal de Lavras, MG, em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida. As concentrações utilizadas foram : AR - 20,8kPa de O₂ e < 0,2kPa de CO₂, AC 2/3 - 2kPa de O₂ e 3kPa de CO₂, AC 1/1 - 1kPa de O₂ e 1kPa de CO₂, AC 1/3 - 1kPa de O₂ e 3kPa de CO₂, AC 1/3 + BE - 1kPa de O₂ e 3kPa de CO₂, com eliminação de etileno que foi mantido em torno de 0,01 a 0,04ppm, à 0,5 ± 0,2°C e UR 96 ± 2%, sendo as análises realizadas aos 0, 2, 4, 6 e 8 meses, em três repetições. Os diâmetros juntamente com a massa reduzem com o período de armazenamento. A AC retarda a perda de acidez e elevação do pH durante o armazenamento, sem afetar as concentrações de SST, AST, AR, ANR e Ca total na polpa. O armazenamento sob AC reduz a incidência de distúrbios fisiológicos, embora a atmosfera AC - 2/3 eleve a incidência de degenerescência e polpa farinácea. O controle atmosférico retarda a perda de firmeza da polpa, determinando menor solubilização de substâncias pécticas e menor perda líquida de açúcares neutros da PC, principalmente, arabinose e galactose, embora a perda da firmeza não seja, aparentemente, influenciado pelas enzimas PME e PG. A AC prolonga a vida pós-colheita de maçãs 'Royal Gala' em especial o tratamento AC - 1/3 + BE.

* Comitê Orientador: Auri Brackmann - UFSM (Professor Orientador), Maria Isabel Fernandes Chitarra - UFLA, Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA.

ABSTRACT

LIMA, L.C. Storage of apples cv. Royal Gala under refrigeration and controlled atmosphere. Lavras: UFLA, 1999. 96p. (Dissertation - Mastership of Science in Food Science)*

AC storage is largely used in apples to keep in quality and prolong post-harvest life. The physical, physical-chemical, chemical and biochemical modifications of the fruit of the apple tree cv. Royal Gala submitted to different concentrations of O₂, CO₂ and ethilene in terms of storage time. The experiment was conducted at the Federal University of Santa Maria, RS and the laboratory analyses performed at the Federal University of Lavras, MG in a completely randomized design in split plot scheme. The concentrations utilized were: AR - 20,8kPa of O₂ and < 0,2kPa of CO₂, AC - 2/3 - 2kPa of O₂ and 3kPa of CO₂, AC - 1/1 1kPa of O₂ and 1kPa of CO₂, AC - 1/3 - 1kPa of O₂ and 3 kPa of CO₂, AC - 1/3 + BE - 1Kpa of O₂ and 3kPa of CO₂, with removal of ethilene which was maintained around 0,01 to 0,04ppm, at 0,5 ± 0,2°C and RH 96 ± 2%, the analyses being carried out at 0, 2, 4, 6, and 8 months in three replications. The diameters along with the mass reduce with the storage period. AC delays both acidity loss and pH rise during storage, without affecting the concentrations of SST, AST, AR, ANR and total Ca in the pulp. The storage under AC reduces the incidence of physiological disorder, although the AC - 2/3 atmosphere raises the incidence of physiological disorder and mealy pulp. Atmospheric control delays pulp firmness loss, determining decreased solubilization of pectic substances and lower net loss of neutral sugar from PC, chiefly arabinose and galactose, although firmness loss is not apparently influenced by the enzymes PME and PG. AC prolong post-harvest life of 'Royal Gala' apples, in particular the AC - 1/3 + BE treatment.

*Guindance Committee: Auri Brackmann - UFSM (Major Professor), Maria Isabel Fernandes Chitarra - UFLA, Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A macieira (*Malus domestica*, Borkh.), pertencente à família Rosaceae, é originária da Europa e da Ásia. Sua exploração comercial no Brasil foi iniciada na década de 60, em Santa Catarina, e em poucos anos a maçã se transformou em produto de intensa comercialização no país, sendo que, das fruteiras de clima temperado, a macieira foi a que mais se desenvolveu nos últimos anos. É explorada comercialmente no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais.

Os fatores que viabilizaram a atual expansão da cultura da macieira no Brasil foram: a existência de cultivares com adaptação satisfatória às nossas condições de clima e solo, a alta qualidade e sabor das frutas brasileiras, a introdução e desenvolvimento de tecnologias especializadas e a existência de um grande mercado consumidor.

Os produtos perecíveis necessitam de armazenamento para balancear as flutuações de preços no mercado entre o período de safra e entressafra, podendo ainda ser armazenados por um longo período para aumentar o tempo de comercialização, após o final da estação de colheita. A maçã é uma das frutas perecíveis que apresenta grande capacidade de armazenagem, entretanto, o período de armazenamento depende de vários fatores, tais como: características genéticas de cada cultivar, condições de armazenamento, estágio de maturação dos frutos na colheita, teores de minerais na polpa dos frutos, dentre outros.

Para armazenar por períodos prolongados e com melhor manutenção das características qualitativas, o sistema que mundialmente mais se difundiu foi o armazenamento em atmosfera controlada (AC). Seu princípio de funcionamento baseia-se na modificação da concentração de gases da atmosfera natural, ou seja,

a concentração de CO_2 é aumentada e a concentração de O_2 é reduzida, podendo-se ainda eliminar o etileno, produzido naturalmente pelos frutos. Os frutos armazenados em AC permanecem por mais tempo nas câmaras frigoríficas, quando comparados com os armazenados sob o processo tradicional (AR - armazenamento refrigerado), perdendo menos coloração verde da epiderme e mantendo maior firmeza da polpa e outras características físicas, químicas e organolépticas.

A perda de firmeza da polpa é retardada pela baixa temperatura, mas a redução dos níveis de O_2 e etileno e a elevação do nível de CO_2 tendem a reter ainda mais o processo, uma vez que nessas condições, a produção de etileno e a respiração são reduzidas e observa-se também uma maior manutenção da integridade celular.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência das concentrações de O_2 , CO_2 e etileno sobre a qualidade de maçãs cv. Royal Gala, armazenadas sob refrigeração com ou sem atmosfera controlada, através das transformações físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas, visando prolongar o período de conservação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características da cultivar

A maçã é excelente fruta de mesa, sendo consumida na maioria das vezes *in natura* (Gomes, 1981) e, para tal finalidade, os frutos devem ser de tamanho médio, coloração da epiderme de tons avermelhados a totalmente vermelhos, polpa firme, suculenta, de granulação fina e não farinácea. Devem apresentar índices elevados de açúcares, com acidez equilibrada, nos frutos de coloração da epiderme vermelha, e mais acidulado nos de coloração da epiderme verde (Alvarenga e Fortes, 1985).

Das cultivares existentes, as mais plantadas no Brasil são a Gala, a Fuji e a Golden Delicious (Freire et al., 1994). A cultivar Gala, originária da Nova Zelândia, é altamente produtiva, com maturação ocorrendo em fevereiro. O fruto é pequeno de forma cilindro-cônica no sentido longitudinal. A epiderme é rajada de vermelho-claro-brilhante sobre fundo amarelo-claro. Apresenta pontuações castanho-claras de tamanho e densidade médios. A polpa é branco-creme, de textura fina, muito firme e de sabor doce com acidez equilibrada (Alvarenga e Fortes, 1985).

Em pomares de 'Gala', algumas plantas têm apresentado variações espontâneas de coloração da epiderme para maior intensidade de vermelho. Essas plantas são chamadas 'mutações', e dentre elas está a 'Royal Gala', que é considerada uma cultivar semi-precoce e produz frutos com epiderme vermelho-estriada, com tonalidade vermelho intensa e uniforme. A cultivar Royal Gala se enquadra dentro das exigências dos consumidores brasileiros, que preferem frutos de sabor adocicado e epiderme vermelha. Por ter exigência climática semelhante à

da 'Gala', é recomendada para plantio comercial, no Sul do Brasil. As demais características são semelhantes às da 'Gala' (Freire et al., 1994).

2.2 Ponto de colheita dos frutos

A colheita da maçã, se for realizada muito precoce ou tardiamente, prejudica o sabor dos frutos, diminui a conservação e predispõe à ocorrência de diversos distúrbios fisiológicos (Ushirozawa, 1978).

Colhendo-se frutos verdes, os mesmos não amadurecem perfeitamente, o sabor é prejudicado e, durante a conservação, os mesmos tornar-se-ão sensíveis ao murchamento; dependendo da cultivar, a epiderme pode-se tornar escura, distúrbio conhecido como escaldadura. Por outro lado, se o fruto for colhido completamente maduro, a polpa tornar-se-á macia, pouco suculenta, predisposta a tornar-se farinácea, e este será de difícil conservação e transporte (Gomes, 1981; Awad, 1993).

Nos pomares comerciais, verifica-se o ponto ideal de colheita pela firmeza da polpa, a qual é medida com um aparelho denominado penetrômetro; pela quantidade de sólidos solúveis totais, medida com o refratômetro; pela cor de fundo da epiderme através de comparação com tabelas de cores; pelo teste iodo-amido (Freire et al., 1994); pelo número de dias desde a plena floração até a colheita e pela acidez, sendo que os três primeiros índices parecem oferecer a melhor correlação com a maturação, sendo considerados os mais confiáveis (Cantillano et al., 1981).

Diferentes datas de colheita causam um impacto significativo na qualidade de maçãs e em suas propriedades durante o armazenamento (Knee et al., 1989), sendo que a cultivar e as condições agrônômicas contribuem para tal (Tu et al., 1997b). Knee e Smith (1989) confirmam que a qualidade de maçãs armazenadas

é dependente da data de colheita e varia durante o armazenamento. Skrzynski (1994) demonstrou que maçãs 'McIntosh' colhidas tardiamente apresentavam melhor coloração da epiderme, porém eram mais propensas a desenvolver senescência, relacionada a distúrbios fisiológicos durante o armazenamento, em comparação a maçãs colhidas no estágio ótimo de maturação.

Visto que as maçãs são metabolicamente ativas e continuam perdendo a firmeza da polpa após a colheita, o objetivo do armazenamento em câmaras frigoríficas é reduzir o processo metabólico, tornando-o mais lento a fim de prevenir distúrbios e aumentar a vida pós-colheita (Kilili et al., 1996). Assim, é de vital importância a colheita dos frutos no ponto exato de maturação (Ushirozawa, 1978) e, para conservá-los por longo período, torna-se mais seguro colhê-los um pouco depois da maturação fisiológica (Awad, 1993).

2.3 Atributos de qualidade

Os atributos de qualidade dos frutos estão na dependência de características físicas e químicas e são peculiares a cada espécie e cultivar, estando também em função do clima, solo e tratos culturais. Dentro de cada cultivar, os frutos modificam estas características durante o processo de maturação (Alvarenga e Fortes, 1985; Chitarra, 1998).

As transformações nos frutos ocorrem na célula, envolvendo processos de degradação e síntese de compostos orgânicos, além de mudanças na atividade enzimática, exteriorizando-se como mudanças na coloração da epiderme, firmeza da polpa, sabor e aroma. O conhecimento destas mudanças metabólicas associadas com a maturação é essencial para prolongar a conservação da qualidade dos frutos e prevenir distúrbios fisiológicos (Blanke, 1991).

As características físicas, como a massa, comprimento, diâmetro transversal e coloração da epiderme, influenciam a aceitabilidade do fruto pelo consumidor e rendimento industrial, enquanto que as características físico-químicas, reveladas pelos teores de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e balanço SST/ATT, são indicadoras das características organolépticas, importantes tanto na industrialização, quanto no consumo dos frutos *in natura* (Alvarenga e Fortes, 1985).

Vários métodos estão disponíveis para se fazer a detecção da qualidade dos produtos, sendo que, para maçãs, as características normalmente avaliadas são: perda de massa, firmeza da polpa, acidez total titulável, cor de fundo da epiderme, sólidos solúveis totais, aroma, distúrbios fisiológicos, dentre outras.

2.3.1 Aparência

É o fator de qualidade mais importante que determina o valor de comercialização do produto.

2.3.1.1 Coloração

A coloração é o atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor e varia intensamente com a espécie e mesmo entre cultivares (Chitarra e Chitarra, 1990). As maçãs de coloração de epiderme vermelha são muito apreciadas pelo consumidor (Awad, 1993), embora a coloração, na maioria dos casos, não contribua para um aumento efetivo no valor nutritivo do produto (Chitarra e Chitarra, 1990).

A mudança de cor que se observa durante a maturação de muitos frutos é a transformação óbvia e, muito freqüentemente, o critério mais importante

utilizado pelo consumidor para julgar sua maturidade. A mudança mais comum consiste no desaparecimento da cor verde (com notáveis exceções do abacate e da laranja, em climas tropicais), seguido do aparecimento de várias cores, que variam do amarelo ao vermelho (Awad, 1993).

Os três tipos principais de pigmentos que dão cor aos produtos vegetais são: clorofila, carotenóides e antocianinas e, em alguns produtos, também ocorre formação de antoxantinas (Chitarra e Chitarra, 1990).

A perda de cor verde deve-se à decomposição estrutural da clorofila através de transformações no pH, ativação da enzima clorofilase e presença de sistemas oxidantes. Os carotenóides são, em geral, pigmentos de cor amarela a laranja, predominantes em frutos cítricos, manga, mamão e abacaxi, podendo também apresentar coloração vermelha, como no caso do licopeno, principal pigmento do tomate (Chitarra e Chitarra, 1990). As antocianinas constituem-se no maior grupo de pigmentos solúveis em água e corantes naturais importantes na produção de alimentos industrializados, devido à preferência dos consumidores por cores mais vivas. Estão presentes, sobretudo, no vacúolo das células da epiderme e são responsáveis pela coloração vermelha, púrpura, azul e violeta de muitos frutos. Alguns fatores afetam a síntese de antocianinas e, dentre eles, são citados a luminosidade e a temperatura. No caso da maçã, a luz vermelha promove a síntese de antocianinas vermelhas e as temperaturas noturnas mais baixas e os dias quentes e ensolarados promovem uma síntese mais intensa destes pigmentos (Awad, 1993).

Tabelas com padrões de cores são utilizadas para a classificação visual de muitos produtos quanto ao seu grau de maturação como, por exemplo, para tomate, abacaxi, banana, maçã, dentre outros (Chitarra e Chitarra, 1990).

2.3.1.2 Distúrbios fisiológicos

Os distúrbios fisiológicos compreendem alterações que ocorrem devido a modificações no metabolismo normal ou na integridade estrutural dos tecidos, sendo agrupados em duas categorias: os resultantes de transformações internas como a senescência e os resultantes de condições externas desfavoráveis. Os fatores causais podem ser nutricionais e/ou climáticos, causados pela temperatura, umidade relativa e composição atmosférica (Chitarra e Chitarra, 1990).

Os distúrbios fisiológicos modificam a aparência do produto, sabor, aspecto da epiderme (Ebert, 1986), além de promover perdas durante o armazenamento, os quais se refletem diretamente nos custos da comercialização e, portanto, são de grande preocupação para quem armazena maçãs (Ebert e Stuker, 1989).

Inúmeros distúrbios em maçãs são atribuídos à deficiência de cálcio e ao desequilíbrio dos teores de minerais na polpa fresca do fruto (Suzuki e Argenta, 1994), mas a maturação também é um importante fator. Frutos colhidos verdes são impróprios para o armazenamento, por perderem massa e serem susceptíveis a alterações fisiológicas. Do mesmo modo, frutos sobremaduros são susceptíveis a podridões e têm vida curta após a colheita (Freire et al., 1994).

Polpa farinácea é um distúrbio que se caracteriza pela polpa seca e farinácea que resulta em rachaduras da epiderme e, em casos mais severos, atinge também a polpa (Ebert, 1986).

As células de frutos que apresentam polpa farinácea perdem a adesão, mas mantêm a resistência individual em suas paredes celulares, enquanto que as células de frutos normais perdem também a resistência das paredes, tornando-se mais fáceis ao rompimento e liberação do suco (Harker e Hallett, 1992).

Vários são os distúrbios que causam degenerescência da polpa dos frutos, dentre eles: a degenerescência interna, danos causados por excesso de CO₂, danos causados por baixa temperatura e *core flush* (Fortes e Petri, 1982).

Os primeiros sinais típicos da degenerescência interna consistem de coloração amarronzada e polpa do fruto farinácea, que é visível somente quando o fruto é cortado (Fortes e Petri, 1982). Um sintoma mais avançado inclui também o aparecimento de manchas necróticas na superfície dos frutos afetados. Em fase avançada, a epiderme também escurece e a polpa amolece (Childers, 1975). A mudança bioquímica mais importante no tecido afetado é um acúmulo de aldeído acético. Esta substância é tóxica para a polpa da maçã e induz, sob condições experimentais, à degenerescência da polpa (Chitarra e Chitarra, 1990).

O excesso de CO₂ conduz ao desenvolvimento de odores e sabores estranhos nos produtos, ocorrendo a morte progressiva dos tecidos. Concentrações elevadas de CO₂ inibem a atividade da enzima succinato desidrogenase, resultando no acúmulo de ácido succínico, que é tóxico ao tecido vegetal (Chitarra e Chitarra, 1990).

A temperatura é o principal fator de deterioração de produtos perecíveis. Os distúrbios acarretados ao produto podem ser decorrentes do excesso ou deficiência de calor, que ocorre tanto no campo como no armazenamento (Chitarra e Chitarra, 1990).

Core flush, também conhecido como miolo marrom, corresponde ao aparecimento de uma coloração marrom rosada na parte central (miolo) de algumas cultivares de maçã, depois do armazenamento sob baixas temperaturas. Evidencia-se pelo escurecimento da polpa em volta da cavidade das sementes. É um distúrbio associado à atmosfera e à temperatura de armazenamento. O armazenamento prolongado de cultivares susceptíveis, sob temperatura de -0,5 a 0°C, favorece o aparecimento dos sintomas. O estágio de maturação do fruto na

época da colheita, também está associado ao distúrbio, devendo ser evitada a colheita de frutos imaturos ou sobre-maduros (Chitarra e Chitarra, 1990).

O *bitter pit* tem sido um dos distúrbios mais estudados, haja visto sua grande ocorrência em maçãs no pomar e durante a frigoconservação em todos os países onde a macieira é cultivada. Os sintomas são o aparecimento de pequenas manchas de coloração escura sobre a epiderme, devido à morte das células (Fortes e Petri, 1982). As manchas logo abaixo da epiderme tornam-se de aspecto corticiforme e seco, sendo encontradas, normalmente, na metade inferior do fruto, ou seja, próximo à cavidade pistilar; conferem gosto amargo ao tecido, daí a denominação *bitter pit* (mancha amarga). Este distúrbio relaciona-se com uma desproporção nos níveis de cálcio, magnésio, potássio e fósforo, sendo agravado pelo estresse hídrico (Chitarra e Chitarra, 1990). O armazenamento em AC geralmente controla a ocorrência de *bitter pit* (Johnson, 1984).

O escurecimento da epiderme é o principal sintoma da escaldadura, um distúrbio fisiológico que só se desenvolve com o armazenamento em baixas temperaturas. Nos casos mais severos, há escurecimento da polpa, numa profundidade de $\pm 0,5$ cm. Os frutos imaturos são os mais susceptíveis, bem como aqueles que sofrem estresse hídrico. As causas do distúrbio são complexas, parecendo ser ocasionados pelo acúmulo de voláteis tóxicos na superfície do fruto, como resultado de um processo oxidativo na camada natural de cera que recobre o fruto (Chitarra e Chitarra, 1990).

Alguns dos tipos de escaldadura que podem ser citados são: escaldadura superficial, escaldadura profunda e escaldadura rugosa. Quanto mais verde os frutos forem colhidos, maior a suscetibilidade à escaldadura, sendo que a falta de ventilação adequada durante o armazenamento também contribui para o aparecimento deste distúrbio (Fortes e Petri, 1982).

2.3.2 Sabor

O sabor dos frutos corresponde a um balanço entre os constituintes doces e ácidos, freqüentemente com pequenas proporções de amargor ou adstringência, devido aos taninos. Os principais compostos químicos responsáveis pelo sabor dos frutos são açúcares, ácidos orgânicos e compostos fenólicos (Chitarra e Chitarra, 1990).

2.3.2.1 Acidez total titulável (ATT) e pH

O teor de ácidos de um fruto é dado pela acidez total titulável (ATT), que é medida num extrato do fruto por titulação com hidróxido de sódio (uma base forte) de todos os ácidos presentes, podendo ser útil como referência ao estágio de maturação ou como uma informação objetiva do sabor do fruto (Ulrich, 1970; Kluge et al., 1997). Para alguns frutos, como pêssegos e ameixas, a determinação do ponto de colheita pela ATT é pouco confiável, devido ao fato de haver pouca variação nesta característica no processo de maturação (Kluge et al., 1997).

Os frutos apresentam uma quantidade de ácidos que, em balanço com os teores de açúcares, representam um importante atributo de qualidade. Além disso, muitos deles são voláteis, contribuindo para o aroma característico de muitos frutos. Os ácidos orgânicos são encontrados nos vacúolos das células na forma livre e/ou combinados com sais, ésteres e glicosídeos, sendo fonte importante de energia para o fruto, durante o processo de maturação (Wills et al., 1981).

Durante a maturação e no armazenamento, os ácidos orgânicos sofrem oxidação no ciclo de Krebs, e, conseqüentemente, ocorre uma diminuição nos seus teores. Essa diminuição geralmente é devida ao consumo dos ácidos ou

conversão em açúcares, pois os mesmos são considerados reserva de energia e são utilizados na atividade metabólica no processo da maturação (Wills et al., 1981).

Os ácidos predominantemente encontrados nos frutos são o málico, o cítrico, o tartárico, o acético, o oxálico, o shiquímico, dentre outros (Wills et al., 1981; Kluge et al., 1997), sendo que, na pêra e maçã, o ácido mais importante é o málico (Rhodes, 1980; Awad, 1993). Em maçãs cv. Delicious o teor de acidez apresentado pelos frutos armazenados em diferentes níveis de CO₂ varia de 0,18 a 0,19% (Drake et al., 1993) e para as cvs. Jonagold, Golden Delicious, Granny Smith e Fuji, armazenadas em AC por 60 dias, os teores encontrados são 0,45; 0,35; 0,21; 0,78 e 0,32%, respectivamente (Drake, 1993).

Segundo Kramer (1973), os dois métodos mais comumente utilizados para medir a acidez de frutos são a acidez total titulável (ATT) e o potencial hidrogeniônico (pH), sendo que o primeiro representa todos os grupamentos ácidos encontrados, (ácidos orgânicos livres e na forma de sais e compostos fenólicos), enquanto o segundo determina a concentração hidrogeniônica da solução.

2.3.2.2 Sólidos solúveis totais (SST)

Os sólidos solúveis totais (SST) são compostos solúveis em água e importantes na determinação da qualidade do fruto, sendo obtidos através de refratômetro e expressos em °Brix. Como a solubilidade dos açúcares é dependente da temperatura, é necessário proceder a correção do teor de SST para a temperatura de 20°C (Cantillano, 1988; Kluge et al., 1997). O teor de SST dá um indicativo da quantidade de açúcares existentes no fruto, considerando que outros compostos, embora em reduzidas proporções, também fazem parte, como por exemplo, ácidos, vitaminas, aminoácidos e algumas pectinas. O teor de SST

proporciona a doçura do fruto durante a maturação (Rhodes, 1980) e é um importante atributo na determinação do seu sabor (Kawamata, 1977).

Os SST geralmente aumentam com o transcorrer do processo de maturação do fruto, seja por biossíntese, pela degradação de polissacarídeos ou pela perda de água dos frutos resultando em maior concentração dos mesmos. Já a perda varia com a taxa de respiração, já que os sólidos são substratos utilizados no processo respiratório. O armazenamento de maçãs em AC reduz a respiração, e, conseqüentemente, a perda de sólidos (Fidler e North, 1966) mas, na maioria das ocasiões, não ocorrem grandes variações nos seus teores (Lidster et al., 1980). O teor de SST encontrado para a cv. Gala armazenada em diferentes condições de AC varia de 10,6 a 11,9% (Argenta e Mondardo, 1994) e para a cv. Delicious de 12,2 a 12,7% (Drake et al., 1993), sendo que o mesmo varia conforme a cv. e condições de armazenamento.

2.3.2.3 Amido e açúcares solúveis

A principal transformação quantitativa que ocorre durante a maturação de muitos frutos é a hidrólise de polissacarídeos e, em particular, a de amido e sua conversão em açúcares solúveis, que contribuem para o sabor e textura agradáveis dos frutos (Chitarra e Chitarra, 1990; Awad, 1993).

Os açúcares solúveis, presentes nos frutos na forma livre ou combinada, são responsáveis pela doçura e pelo *flavor*, através do balanço com os ácidos, pela cor atrativa, como derivados das antocianinas e pela textura, quando combinados adequadamente com polissacarídeos estruturais. São também fonte de energia para vários processos metabólicos (Chitarra e Chitarra, 1990; Kluge et al., 1997).

As modificações nos teores de açúcares dos frutos climatéricos ocorrem diferentemente das observadas para os frutos não-climatéricos. Frutos climatéricos, que são colhidos antes de sua completa maturação, têm o teor de açúcares normalmente aumentado após a colheita e durante a maturação por curtos períodos, mas, após o armazenamento prolongado, todos os açúcares decrescem (Chitarra e Chitarra, 1990; Kluge et al., 1997).

Na maçã, os açúcares são transportados para os frutos durante o crescimento na forma de sorbitol, onde são convertidos enzimaticamente a outros açúcares (Inaba, 1993) ou carboidratos de reserva, como o amido (Whiting, 1970). Durante a maturação, o amido se converte em açúcares e esta conversão pode ser estimada pelo teste iodo-amido, que mede a quantidade de amido que foi hidrolisado através da comparação da coloração da polpa do fruto (Wills et al., 1981; Kluge et al., 1997). Neste teste, o fruto é cortado ao meio e a superfície da polpa colocada em contato com solução de iodo, que escurece uma maior ou menor área da polpa; frutos com grande área com tonalidades mais escuras não alcançaram suficiente grau de maturação. Existem escalas específicas para comparação da intensidade de coloração após o teste iodo-amido (Freire et al., 1994), como a elaborada por Streif (1984).

Na maçã, o açúcar predominante é a frutose, estando presente em quantidades três vezes maior que a glucose (Whiting, 1970).

2.3.3 Firmeza

A perda de firmeza da polpa é uma característica comum que ocorre durante a maturação dos frutos (Knee, 1989); é muito importante do ponto de vista econômico, já que afeta a qualidade e a resistência dos produtos ao ataque de microrganismos (Awad, 1993). Em maçãs e pêras, a firmeza da polpa,

juntamente com a coloração da epiderme e o *flavor*, são fatores muito importantes na qualidade dos frutos (Plochanski e Konopacka, 1997). As maçãs classificam-se como frutos que perdem a firmeza da polpa moderadamente durante a maturação, o que lhes confere um longo período de armazenamento (Bourne, 1979).

Das alterações na firmeza da polpa, dois processos podem ser determinantes: a perda excessiva de água dos tecidos, que causa diminuição da pressão de turgor, comum em situação de armazenamento em baixa umidade relativa do ar e as modificações observadas na lamela média e parede celular, principalmente devido à atividade enzimática (Awad, 1993; Kluge et al., 1997).

A firmeza da polpa em maçãs tem sido determinada por métodos subjetivos e objetivos. A avaliação por métodos subjetivos é realizada aplicando-se a pressão dos dedos (Awad, 1993), enquanto os métodos objetivos determinam a firmeza com penetrômetro (Wills et al., 1981), cuja leitura indica o grau de resistência da polpa, sendo os resultados expressos normalmente em Lb/pol² ou Newtons. É recomendada a realização de duas ou mais leituras nos frutos, em regiões opostas, devido ao fato de que a maturação não é uniforme em todos os pontos do fruto (Kluge et al., 1997).

Hardenburg et al. (1986) afirmam que a medida de firmeza da polpa é de grande auxílio para determinar o potencial de armazenamento de maçãs, e que os frutos com firmeza de 71N ou superior teriam maior período de armazenamento.

A refrigeração é uma forma de se reduzir a atividade enzimática, embora o armazenamento em atmosfera controlada seja a melhor técnica para se preservar a firmeza da polpa por períodos longos sendo a degradação da firmeza retardada pela redução do nível de O₂ e pela elevação do nível de CO₂ (Knee, 1989). O estabelecimento rápido da atmosfera desejada, além do rápido

abaixamento da temperatura da câmara, são cruciais na redução dos processos metabólicos dos frutos (Stow, 1986).

A perda de firmeza da polpa tem sido significativamente reduzida no armazenamento em AC quando são utilizados níveis de 1,0-1,5% de O₂, por outro lado Anderson (1967) recomenda níveis mais elevados de 2,5 a 3,0% de O₂.

Lidster et al. (1981), armazenando maçãs 'McIntosh' em atmosfera com baixo O₂ (1,5% CO₂ + 1,0% O₂), obtiveram significante retenção da firmeza da polpa após armazenamento por 29 semanas, quando comparado com maçãs armazenadas em atmosfera convencional (5% CO₂ + 2,8% O₂).

2.3.3.1 Parede celular

A parede celular é constituída por polissacarídeos como a celulose, hemicelulose, pectina e várias proteínas (Seymour e Gross, 1996). Esses polissacarídeos contribuem com 90 a 95% para a estrutura da parede celular, enquanto as glicoproteínas, ricas em hidroxiprolina, contribuem com 5 a 10% (Tuker, 1993).

A parede celular, envolvida pela lamela média, consiste de diversas camadas. A lamela média, oriunda do prato celular, é depositada durante a divisão celular e conecta células adjacentes, atuando como um cimento entre elas. É composta primariamente de substâncias pécticas que têm influência decisiva na textura dos tecidos de frutos. A primeira camada, chamada parede primária, é depositada durante a divisão celular enquanto a célula está crescendo. É geralmente fina e apresenta alto grau de organização em relação à lamela média (Selvedran e O'Neil, 1987).

2.3.3.1.1 Polissacarídeos

Dos polissacarídeos que compõem a parede celular, a celulose tem função de conferir rigidez e resistência ao cisalhamento, enquanto as hemiceluloses e as substâncias pécticas conferem plasticidade e elasticidade (Goodwin e Mercer, 1986). A decomposição de tais polímeros enfraquece as paredes celulares, pois diminui a força coesiva que mantém as células unidas (Lima, 1997; Percy et al., 1997).

A celulose é um polímero linear de β -1,4 glucose, sendo que cada microfibrila é constituída de aproximadamente 47 cadeias paralelas de celulose unidas entre si por grande número de pontes de H. A forte e ordenada compactação das cadeias de celulose tornam-a cristalina, ficando muito difícil o acesso de enzimas às ligações β -1,4 glucose (Awad, 1993).

As hemiceluloses são polissacarídeos heterogêneos, solúveis em álcalis, constituídos por açúcares neutros que interagem tanto com a celulose quanto com as pectinas (Vilas Boas, 1998), que são, normalmente, ácidas constituídas por polímeros de raminose e ácido galacturônico, parcialmente esterificado por grupos metílicos (Fry, 1989).

Na maçã, as moléculas de glucose das hemiceluloses se ligam às microfibrilas de celulose (pontes de H), enquanto moléculas de xilose se ligam às moléculas de galactose das pectinas neutras. A raminose das pectinas ácidas, por sua vez, fica ligada à arabinose das pectinas neutras (Awad, 1993).

As substâncias pécticas são derivadas de ácidos poligalacturônicos e ocorrem na forma de protopectina, ácidos pécticos, pectina e ácidos pectínicos (Salunkhe et al., 1991). Elas são caracterizadas por diferentes solubilidades, dependendo do estágio de maturação do fruto (Abreu, 1995). Quando os grupos carboxílicos encontram-se ligados ao cálcio, formam o pectato de cálcio, que é

insolúvel (protopectina), predominante nos tecidos de frutos imaturos. Com a maturação, há liberação de cálcio e solubilização da protopectina da parede celular. Há, então, modificação na textura, que se torna gradualmente macia (Chitarra e Chitarra, 1990).

Os polímeros pécticos da lamela média são essencialmente lineares com apenas cadeias laterais curtas, consistindo de diferentes açúcares neutros, principalmente arabinose e galactose, que são presos aos resíduos de raminose de cadeias de ramnagalacturonanas. As pectinas da lamela média apresentam, em geral, alto grau de metilesterificação e as cadeias de raminogalacturonanas são formadas de regiões de resíduos não esterificados intercalados com regiões que são altamente esterificadas e altamente ramificadas. As regiões não esterificadas são mantidas juntas por ligações com íons de cálcio, e assim podem ser extraídas por agentes quelantes, que removem o cálcio por complexação. Os polímeros pécticos da parede celular primária são mais altamente ramificados e as cadeias laterais são mais longas. A cadeia de raminogalacturonana tem baixo grau de metilesterificação (Selvedran e O'Neil, 1987).

A taxa de degradação de substâncias pécticas está diretamente correlacionada com a taxa de perda de firmeza da polpa dos frutos. O colapso de carboidratos poliméricos, especialmente, substâncias pécticas e hemicelulose, enfraquece a parede celular e a força coesiva que liga as células. Em estágio inicial de degradação, a textura se torna mais palatável, porém com o decorrer acontece uma desintegração das estruturas do fruto (Wills et al., 1981).

Em muitos frutos a maioria das alterações na composição da parede celular é acompanhada pelo aumento de poliuronídeos solúveis (Labavitch, 1981). Em adição à solubilização de pectinas, a perda líquida de resíduos de açúcares neutros não celulósicos também ocorre (Gross e Sams, 1984).

Durante a maturação, a mudança mais aparente é a perda de polímeros de ácidos urônicos (Wade e Satyan, 1993), a qual é acompanhada pelo aumento de polímeros solúveis e, em alguns frutos, tem sido mostrado uma despolimerização e diminuição de tamanho molecular das pectinas. Além disso, acompanhando a solubilização da pectina, ocorre também perda de resíduos de açúcares neutros não celulósicos, sejam eles hemicelulósicos ou pécticos (Ahmed e Labavitch, 1980; Holland, 1993). Diante disso, a maioria dos frutos está sujeita a mudanças no metabolismo da parede celular, resultando na perda de certos componentes estruturais durante a maturação e armazenamento sendo a perda de firmeza da polpa reflexo dessas mudanças.

Fischer et al. (1994), determinando alterações na parede celular de maçãs 'Golden Delicious' durante crescimento e subsequente armazenamento, encontraram um aumento no teor de ácido galacturônico e uma diminuição nos açúcares neutros, particularmente galactose das frações pécticas da parede celular. Knee et al. (1989) demonstrou que o teor de galactose em córtex da parede celular diminui com a maturação dos frutos.

2.3.3.1.2 Enzimas hidrolíticas

A perda de firmeza da polpa de frutos durante a maturação é freqüentemente atribuída a um grande número de enzimas hidrolíticas da parede celular, que atuam, principalmente, no rompimento das ligações glicosídicas dos polissacarídeos (Pressey e Avants, 1982). Durante a maturação e amaciamento dos frutos, ocorre a liberação de vários compostos solúveis que faziam parte da estrutura molecular da parede celular e da lamela média, onde os mais freqüentemente identificados são: ácidos urônicos, em vários graus de polimerização, galactose, arabinose, glucose, xilose e raminose. A presença de

tais resíduos durante a perda de firmeza dos frutos é o resultado provável da atividade de várias enzimas hidrolíticas. O maior problema consiste em determinar quais delas exercem um efeito significativo (Awad, 1993).

Das principais enzimas, uma que aumenta acentuadamente sua atividade durante o aumento climatérico da respiração e que participa na perda de firmeza progressiva de muitos frutos, é a poligalacturonase (PG) (Awad, 1993), que rompe os enlaces glicosídicos α -1,4 dos polímeros pécnicos.

A forma endo-PG é a mais comum dessa enzima, e sua função é despolimerizar ao acaso o ácido poligalacturônico (polímero α -1,4, insolúvel), formando unidades cada vez menores até chegar ao ácido galacturônico; mas, para que ocorra a atividade dessa enzima, é necessária a presença de grupos carboxílicos livres.

Outra forma de PG é a exo-PG, que retira moléculas de ácido galacturônico não-esterificado da parte terminal do ácido poligalacturônico da lamela média. Seu efeito isolado, na perda de firmeza do fruto, é bem menos pronunciado que o da endo-PG, já que provoca uma dissolução limitada das pectinas e uma perda de firmeza pouco acentuada. A exo-PG foi encontrada em muitos frutos, tais como: maçã, caqui, mamão, pêra, tomate, pêssegos de caroço preso e variedades de frutos mais firmes, utilizados na indústria. Nessas espécies, a atividade da endo-PG é limitada e a solubilização das pectinas é pequena, já que depende quase exclusivamente da atividade da exo-PG (Awad, 1993).

Liang et al. (1982) reportaram um aumento na atividade de poligalacturonase na maturação de maçãs, sendo que a exo-poligalacturonase pode liberar mais que 15% de resíduos de ácidos urônicos totais da parede celular (Bartley, 1978).

Outra enzima importante na perda de firmeza dos frutos é a pectinametilesterase (PME) (Faria et al., 1994), que promove a eliminação dos

grupos metoxílicos da molécula de pectina e nem sempre está presente nos frutos que contêm pectina, como em determinadas cultivares de maçãs; em frutas cítricas e tomate, encontra-se em grandes quantidades (Forcarty, 1975). Este processo, entretanto, não resulta diretamente na perda de firmeza, mas apenas predispõe a molécula à degradação pela PG, que a solubiliza (Faria et al., 1994). Na maioria dos frutos, o aumento na solubilização de pectinas durante a maturação tem sido relacionado a atividade da poligalacturonase (Huber, 1983).

A atividade da PME pode aumentar, diminuir ou permanecer constante durante a maturação, dependendo do tipo de fruto. Além de sua função de desesterificação dos grupos carboxílicos nas pectinas, a PME pode também, isoladamente, contribuir para a perda de firmeza de certos frutos. De maneira geral, a desesterificação das pectinas pode provocar sua desestruturação e solubilização parcial e a perda de rigidez da lamela média e da consistência do fruto. No caso da maçã e da pêra, a desmetilação do ácido poligalacturônico com alto grau de metilação seria responsável pela solubilização de ácido poligalacturônico e perda de firmeza dos frutos (Awad, 1993).

Outras enzimas também participam da liberação de resíduos solúveis da parede celular durante a maturação e perda de firmeza dos frutos. Dentre elas estão a β -glucosidase, a β -xilosidase, a α -galactosidase, a α -manosidase, e a β -1-3-glucanase, cuja influência na perda de firmeza dos frutos ainda não foi determinada (Awad, 1993). Todas estas enzimas convertem substâncias pécticas insolúveis (protopectinas) em formas solúveis (Purvis, 1993).

Na maturação de muitos frutos, outra enzima importante, que aumenta acentuadamente durante o aumento climatérico da respiração, é a celulase ou β -1,4-glucanase. Apesar de observada uma certa dissolução e desorganização das microfibrilas de celulose da parede celular durante a maturação, existem dúvidas

quanto à verdadeira função da celulase na perda de firmeza dos frutos (Awad, 1993).

A β -galactosidase também está presente durante a maturação e perda de firmeza de alguns frutos (Bartley, 1978). Ela libera resíduos abundantes de galactose da parede celular da maçã, do tomate, do morango e da pêra. O significado dessa hidrólise na perda de firmeza dos frutos não está bem esclarecido (Awad, 1993).

2.3.3.1.3 Cálcio

O cálcio é um elemento essencial para a estrutura e funcionamento das membranas e paredes celulares (Chitarra e Chitarra, 1990). Seu papel é: fazer a manutenção das membranas, redução da atividade da poligalacturonase, manutenção da parede celular, ligando-se às pectinas e interagir com hormônios, favorecendo o transporte da auxina em direção ao crescimento da parede celular (Bangerth, 1979). Encontra-se associado com as substâncias pécticas na lamela média, e, de modo geral, com as membranas celulares. Portanto, o cálcio atua reforçando os componentes estruturais das células, conferindo-lhes resistência (Chitarra e Chitarra, 1990). Sua deficiência provoca uma deterioração acentuada das membranas, altera a arquitetura das mesmas, com mudanças na fluidez e permeabilidade à passagem de água (Ebert, 1986; Chitarra e Chitarra, 1990).

O movimento de Ca para o fruto da macieira ocorre com o suprimento de água pelo xilema, na fase de divisão e início da expansão das células do fruto, quando estes ainda participam dos processos de fotossíntese e o fluxo de água é intenso. Já na fase posterior, o suprimento de água passa a ser via floema, no qual a mobilidade do Ca é muito baixa. A troca de transporte do xilema para o floema e a conseqüente diminuição do transporte de Ca para o fruto acontece cerca de 40

dias após a floração (Ebert, 1986). Logo em seguida, devem ser iniciados tratamentos com produtos à base de cálcio, para melhorar o suprimento deste elemento aos frutos. A pulverização quinzenal das plantas e o tratamento em pós-colheita têm como objetivo suprir a deficiência de cálcio nos frutos para reduzir a ocorrência de podridões, além de outros distúrbios fisiológicos, relacionados com o baixo teor deste elemento, que causam depreciação nos frutos, resultando em prejuízos econômicos elevados, por aumentar o descarte na retirada dos frutos da câmara (Treccani e De Stanchina, 1983).

Para um perfeito desempenho técnico e econômico da cultura da macieira, a utilização harmônica de todos os fatores de produção torna-se fundamental. Dentre eles, assume papel importante a qualidade do fruto, principalmente para o armazenamento, destacando-se dois pontos fundamentais: o equilíbrio dos teores minerais na polpa do fruto e o estágio de maturação para a colheita (Suzuki e Argenta, 1994).

A análise química da maçã tem recebido considerável ênfase em estudos de nutrição, devido às influências que os constituintes orgânicos e inorgânicos exercem na qualidade dos frutos. A composição mineral dos frutos pode alterar o tamanho, a coloração, a textura, os teores de açúcares e ácidos, sais solúveis, vitaminas e a ocorrência de *bitter pit* (Trani, 1982), *cork spot*, pingo de mel, depressão lenticelar, degenerescência da polpa, rachaduras e podridões (Treccani e De Stanchina, 1983).

As raízes são normalmente ricas em cálcio, ao passo que os frutos e outros órgãos de reserva são pobres. Naqueles, o cálcio é absorvido via xilema e nestes, o transporte do cálcio se dá via floema, juntamente com os fotoassimilados (Bangerth, 1979). Assim, numa mesma planta, podem coexistir órgãos com acumulação de cálcio e outros manifestando sintomas de deficiência (Ricardo, 1983). Há, então, problemas de distribuição do cálcio na planta, que é tido como

um elemento relativamente imóvel no solo (Malavolta, 1980; Mengel e Kirkby, 1982) e relativamente pouco móvel na planta, quando aplicado via foliar (Bukovac e Witner, 1957). Uma das razões apontadas para esse movimento limitado é a deposição de cálcio na forma de oxalato ou fitato, ou a ligação do cálcio nas paredes celulares, o que o torna indisponível para o transporte. Poovaiah (1985) afirma que muitos experimentos comprovam que as plantas devem ser supridas continuamente com cálcio, já que o cálcio interno não é redistribuído para as regiões meristemáticas.

O cálcio tem recebido considerável atenção em maçãs não somente por causa da relação com os distúrbios fisiológicos, mas também por causa do desejável efeito em prolongar a vida de armazenamento e manter a firmeza da polpa (Siddiqui e Bangerth, 1995a). Todavia, muitos dos tipos de ligações ou interações com o cálcio nem sempre apresentam mesmo efeito quando este é aplicado exogenamente para manter a firmeza da polpa (Siddiqui e Bangerth, 1993).

Nas condições do Brasil, o suprimento de cálcio pelo sistema radicular das macieiras é deficiente, segundo análises foliares realizadas em diversas regiões produtoras de maçã em Santa Catarina (Wiersum, 1966). Outros efeitos desejáveis de teores elevados de cálcio nos frutos se refletem em redução da taxa de respiração, retardamento dos processos de senescência e, conseqüentemente, em prolongamento do armazenamento (Bangerth, 1974). A composição mineral da maçã por ocasião da colheita é de grande importância para o comportamento em frigoconservação (Treccani e De Stanchina, 1983).

2.4 Armazenamento

Processos vitais dos frutos continuam após a colheita. Durante o armazenamento são estabelecidas condições que retardam esses processos, provocando atraso na maturação e deterioração, através da redução da respiração a um mínimo sem provocar danos. Desta forma, mantém-se a qualidade do fruto, garantindo a sua aceitação pelo mercado consumidor (Bortoluzzi, 1997).

2.4.1 Respiração e etileno

A respiração é o processo que envolve a degradação oxidativa de produtos orgânicos, como amido, açúcares e ácidos orgânicos em moléculas mais simples, como CO_2 e água, com produção de energia (ATP) e outras moléculas intermediárias, que são utilizadas em reações de síntese da célula (Rhodes, 1970; Wills et al., 1981). A respiração pode ocorrer na presença de O_2 (respiração aeróbica) ou ausência (respiração anaeróbica, também chamada de fermentação). Nesse caso, a liberação de energia será reduzida e a produção de álcoois e aldeídos afetará negativamente a qualidade do fruto (Kader, 1998).

Na maturação de frutos climatéricos, como é o caso da maçã, a atividade metabólica aumenta grandemente, causando nos frutos transformações físicas e bioquímicas. Este processo é iniciado pela síntese endógena de etileno, que é aparentemente autocatalítica (Brady e Young, 1987) e, por sua vez, estimula a respiração e os demais processos metabólicos, como o amaciamento da polpa, degradação da clorofila, redução da acidez, degradação do amido, aumento de açúcares e o desaparecimento de taninos, responsáveis pela adstringência. Para a conservação dos frutos por longos períodos, é necessário que o processo metabólico seja reduzido, podendo ser feito através de baixas temperaturas ou

através de alteração da concentração dos gases no ambiente, onde o fruto é armazenado (Brackmann e Chitarra, 1998). A temperatura, juntamente com as concentrações de O₂ e CO₂, são os maiores determinantes da respiração. Com o manejo adequado da temperatura e da atmosfera de armazenamento, é possível reduzir a respiração a um nível mínimo sem causar injúrias ao produto (Bender, 1989a). Quando se verifica uma temperatura elevada na conservação, observa-se que a respiração se eleva, aumentando o consumo de nutrientes. Com esse consumo, o fruto torna-se flácido e mais propício a se tornar farináceo (Awad, 1993).

Para várias cultivares, o ponto ideal de colheita para o armazenamento está associado ao estágio de maturação em que a respiração é mínima (pré-climatério) (Abeles, 1972), pois o emprego de atmosfera controlada se torna relativamente menos eficiente quando os frutos são colhidos após o climatério (Massey e Sanford, 1989).

O aumento do teor de etileno endógeno em maçãs promove o início do climatério e concomitante maturação e senescência dos frutos (Massey e Sanford, 1989). Assim, a determinação do início do rápido acúmulo de etileno pode ser um método conveniente para determinar o ponto ideal de colheita (Lau et al., 1986); entretanto, o padrão de maturação e da síntese de etileno de maçãs depende de vários fatores, tais como: localização dos pomares, tipo de poda, fertilidade do solo, cultivares e condições climáticas (Lau, 1988). Para algumas cultivares, não é observado aumento acentuado da síntese de etileno durante a maturação (Watkins et al., 1989), mas em outras, o pico de síntese de etileno ocorre antes ou até mesmo depois do climatério e do período comercial da colheita dos frutos (Massey e Sanford, 1989). Para Dilley (1980), as maçãs devem ser colhidas no estágio em que 30% dos frutos apresentam aumento significativo da síntese de etileno. Na prática, o emprego de parâmetros físicos (coloração da epiderme e

firmeza da polpa) e químicos (teores de ácidos, sólidos solúveis totais e amido), associados à determinação da concentração de etileno, têm proporcionado resultados mais seguros da indicação do ponto de colheita de maçãs (Blankenship e Unrath, 1988).

Dos compostos voláteis que podem acumular na atmosfera de armazenamento, o etileno é o mais importante. Este, mesmo em pequenas quantidades, afeta consideravelmente o metabolismo celular (Chitarra e Chitarra, 1990). As baixas concentrações de O₂ e elevadas de CO₂, na atmosfera controlada, reduzem a síntese de etileno e diminuem a ação deste sobre o metabolismo dos frutos (Brackmann e Chitarra, 1998). A sensibilidade de frutos a ação do etileno ocorre em níveis de O₂ acima de 8% e/ou CO₂ abaixo de 1% (Kader, 1998).

A acumulação de etileno superior ao nível de sensibilidade do fruto ao gás pode reduzir a vida de armazenamento (Wills et al., 1981; Brackmann e Chitarra, 1998). Altas concentrações aceleram o processo de maturação de frutos, sendo que cada cultivar responde de forma diferenciada devido ao fato de que umas são mais sensíveis que outras ao efeito do etileno (Yahia et al., 1985). Algumas cultivares de maçã perdem a firmeza da polpa mais lentamente durante o armazenamento em atmosfera controlada quando o etileno é mantido abaixo de 1 $\mu\text{L.L}^{-1}$ do volume da câmara (Stow, 1988).

Devido ao efeito acelerador no processo de maturação, métodos para a sua retirada do ambiente de armazenamento tornam-se importantes (Wills et al., 1981; Brackmann e Chitarra, 1998). O método mais simples para retirar o etileno do interior das câmaras consiste na ventilação da câmara fria. Entretanto, a admissão de ar externo afeta a temperatura e os níveis de O₂ e CO₂ no interior da câmara. Essas variações devem ser corrigidas rapidamente para fazer com que os frutos retornem às condições ideais de conservação (Awad, 1993). Outro método

é a eliminação através de absorvedores (Yahia et al., 1985), que é recomendado e utilizado nos EUA para retardar o processo de maturação de maçãs (Brackmann e Chitarra, 1998).

Com a remoção do etileno, há uma melhor manutenção da qualidade, com retenção da firmeza da polpa e acidez (Liu, 1977). Com isso, o período de conservação dos frutos é aumentado e diminuem-se as perdas pós-colheita (Tu et al. 1997b; Brackmann e Chitarra, 1998).

2.4.2 Armazenamento refrigerado

O armazenamento refrigerado consiste em um sistema em que apenas controla-se a temperatura e umidade relativa do ar das câmaras. As concentrações de CO₂ e O₂ permanecem similares às encontradas no ar. Câmaras de armazenamento refrigerado são muito utilizadas nas áreas produtoras de maçã do país. Este método é recomendado para armazenamento de maçãs por curtos períodos (Argenta e Denardi, 1994), pois o controle isolado da temperatura não é eficiente para manter a qualidade por longos períodos. Para um armazenamento mais prolongado, recomenda-se o uso de atmosfera controlada. No armazenamento refrigerado, ocorre uma menor eficiência na redução da atividade respiratória e metabólica em comparação à AC e, por conseqüência, maior consumo de substâncias de reserva (Bender, 1989b).

É fundamental o controle correto da temperatura do ar para evitar flutuações, que afetam a vida de armazenamento do fruto. A umidade relativa alta nas câmaras frigoríficas é necessária para evitar a perda de massa dos frutos (murchamento). Faz-se o controle periódico da temperatura e da umidade relativa, teste de maturação e verificação de ocorrência de podridões e distúrbios

fisiológicos, para monitorar a qualidade do fruto e programar seu período de conservação e de comercialização (Freire et al., 1994).

O nível de umidade relativa é um importante fator que afeta a qualidade de frutos durante armazenamento pós-colheita. Tu et al. (1997a), armazenando maçãs das cultivares Braeburn e Jonagold em alta e baixa umidade relativa, verificaram que maçãs armazenadas em alta umidade relativa perderam a firmeza mais lentamente do que maçãs armazenadas em baixa umidade relativa, para ambas as cultivares.

O armazenamento de maçãs em câmaras frigoríficas convencionais está bastante difundida nas regiões produtoras de maçãs do Sul do Brasil. As baixas temperaturas empregadas, na faixa de 0 a 1°C, reduzem a atividade respiratória e simultaneamente os processos de maturação e senescência de frutos (Ebert e Stuker, 1989).

2.4.3 Atmosfera controlada

No metabolismo respiratório, ocorre consumo de O₂ e liberação de CO₂; isso sugere que a alteração da concentração desses gases ao redor e no interior do fruto poderia afetar a velocidade de seu metabolismo, e assim seria possível diminuir a taxa respiratória e prolongar a conservação de frutos. Tal idéia levou Kidd e West em 1927, ao método de armazenamento denominado “atmosfera controlada”, no qual, além da baixa temperatura, os frutos são expostos a concentrações inferiores de O₂ e superiores de CO₂, em relação àquelas encontradas no ar (Chitarra e Chitarra, 1990; Awad, 1993) que são de 78,08% N₂; 20,95% O₂ e 0,03% de CO₂ (Kader, 1998).

Durante o armazenamento, são estabelecidas condições que retardam os processos vitais dos frutos após a colheita, com o intuito de atrasar a maturação e

deterioração através da redução da respiração a um mínimo, sem, no entanto, provocar danos aos frutos (Bortoluzzi, 1997) ou alterar sua fisiologia (Chitarra e Chitarra, 1990). Essas condições são determinadas experimentalmente para que não ocorra respiração anaeróbica ou fermentação devido ao déficit de O_2 e toxicidade pelo alto CO_2 (Salunkhe et al., 1991). Desta forma, mantém-se a qualidade dos frutos, garantindo a sua aceitação pelo mercado consumidor por longos períodos de tempo (Bortoluzzi, 1997).

O armazenamento em AC é usado em combinação com a baixa temperatura (Inaba, 1993) e alta umidade relativa. A baixa temperatura reduz todos os processos metabólicos (Kader, 1986), especialmente a respiração, e com o uso adequado do método, a mesma pode ser reduzida em cerca de 50%, quando comparada com a taxa respiratória do produto armazenado ao ar, nas mesmas condições de temperatura (Chitarra e Chitarra, 1990). A redução na respiração é conseguida com uma concentração de O_2 menor de 3% e de CO_2 até 4% (Bender, 1989a).

As condições ideais de armazenamento variam largamente de produto para produto e, correspondem às condições nas quais estes podem ser armazenados pelo maior espaço de tempo possível, sem perda apreciável de seus atributos de qualidade, tais como: sabor, aroma, textura, coloração e conteúdo de umidade. O período de armazenamento depende sobretudo da atividade respiratória do produto, susceptibilidade à perda de umidade e resistência aos microrganismos causadores de doenças (Chitarra e Chitarra, 1990).

Quando se começou a utilizar a atmosfera controlada, a composição dos gases eram, geralmente, mantidas entre 5-10% de CO_2 e 11-16% de O_2 , mas pesquisas posteriores demonstraram que níveis de O_2 e CO_2 mais baixos propiciaram maior benefício em prolongar a vida de armazenamento (Wills et al., 1981).

Atualmente, a tendência mundial é o uso de concentrações ultra-baixas de oxigênio, que além de prolongar a vida de armazenamento de maçãs, mantêm os frutos com boa qualidade. Bons resultados foram obtidos com concentrações de oxigênio abaixo de 2% (Chen et al., 1985; Lau, 1985) com baixa concentração de dióxido de carbono (Chen et al., 1985). O armazenamento com baixo e ultra-baixo oxigênio foi desenvolvido para cultivares que não obtiveram benefício com as altas concentrações de gases (Johnson, 1997).

Concentrações de O₂ menores que 2% têm como vantagem a melhor preservação da coloração da epiderme, da firmeza da polpa e acidez e inibem alguns distúrbios fisiológicos (Bortoluzzi, 1997); porém, a tolerância a baixos níveis de O₂ varia muito entre diferentes tipos e variedades de frutos.

A adoção da AC no armazenamento, como opção para o prolongamento da vida pós-colheita de frutos e hortaliças, deve ser bem analisada, não só economicamente, mas tecnicamente, havendo consciência de que existem muitas vantagens, mas também, algumas respostas negativas. Dentre os principais benefícios, podem ser citados a inibição do início da maturação (Chitarra e Chitarra, 1990), retardamento do processo de maturação (Drake, 1993), que contribui para a retenção da firmeza da polpa, vitaminas, açúcares e ácidos orgânicos durante o armazenamento (Ke et al., 1991), bem como o retardamento do início da senescência. Condições de AC também propiciam menor perda de massa (Argenta e Denardi, 1994) e inibem o desenvolvimento de fungos (Kader, 1989).

Por outro lado, a AC pode provocar distúrbios fisiológicos, principalmente aqueles provenientes da deficiência de O₂ e excesso de CO₂, aumento na susceptibilidade a doenças e desenvolvimento de *flavor* desagradável (Chitarra e Chitarra, 1990).

O armazenamento em AC é largamente utilizado em maçãs, pêras, kiwis e repolhos para longos períodos de conservação, porém, ultimamente, o uso de AC tem sido ampliado para muitas outras frutas e hortaliças, principalmente no transporte marítimo intercontinental. Acima de 70% do volume transportado em AC são de abacate, frutos de caroço, pêra, manga, aspargo e tangerina. Volumes menores de alface, brócoli, banana e tangerina são transportados nesse sistema (Brackmann e Chitarra, 1998).

O alto CO_2 inibe a respiração em menor grau que a baixa concentração de O_2 , sendo o efeito de 10% de CO_2 similar ao efeito de 2% de O_2 . A soma de 10% de CO_2 e 2% de O_2 têm um efeito que representa o dobro comparado com o efeito isolado de cada gás. Entretanto, concentrações de CO_2 acima de 5% são raramente utilizadas, por serem tóxicas à polpa do fruto. As alterações estruturais induzidas pela toxicidade de CO_2 se assemelham àquelas que ocorrem durante a senescência avançada: desintegração das membranas e do citoplasma e inibição da produção e a ação do etileno, hormônio da maturação (Awad, 1993).

Os avanços no armazenamento em AC incluem tecnologias no estabelecimento de atmosferas desejadas, menor flutuação nos níveis de O_2 e CO_2 , capacidade de transformar a composição atmosférica necessária durante o armazenamento, e capacidade de eliminar o etileno do meio ambiente de armazenamento. O uso comercial do armazenamento em AC é cada vez maior para maçãs e pêras no mundo todo, e é usado também para transporte a longas distâncias (Kader, 1998).

As recomendações atuais para transporte e armazenamento em AC, para maçã, têm sido: temperatura 0-5°C, O_2 1-2%, CO_2 0-3%, umidade relativa de 90-95%. A combinação específica de gases depende da cv., temperatura e duração do armazenamento. Para a maçã cultivar Royal Gala, a concentração recomendada de O_2 é de 1,5% e CO_2 1,8%, sendo a temperatura de 0,2°C para

frutos que serão armazenados por cinco a oito meses (Kader, 1998). Já para Kluge et al. (1997), as maçãs devem ser armazenadas em atmosferas com temperatura de 0-3°C, O₂ de 1-3% e CO₂ de 0,5-4%. Essas recomendações variam conforme o autor.

De maneira geral, o armazenamento de maçãs, em AC, é de cinco a oito meses, exceção para algumas cultivares, como Cox's Orange Pippin, Jonathan e Orin, que é de apenas quatro meses. Períodos de armazenamento de nove a onze meses são também recomendados para algumas cultivares, como Red Delicious e Golden Delicious (Meheriuk, 1989). Normalmente, cultivares de maçãs que apresentam pequeno período de crescimento (período entre a antese e maturação dos frutos) apresentam menor potencial de armazenamento do que aquelas com maior período de crescimento dos frutos (Meheriuk, 1990). O potencial de armazenamento é também significativamente maior quando maçãs são colhidas no estágio de maturação pré-climatérico (Massey e Sanford, 1989), ficando armazenadas em AC, sob condições de O₂ e CO₂ adequadas às exigências de cada cultivar (Little e Peggie, 1987), quando apresentam altos teores de Ca, baixa relação K+Mg/Ca e baixos teores de N na polpa (Lau, 1993).

Após o enchimento da câmara com frutos ou hortaliças, é necessário remover o O₂ do ar atmosférico, que contém 20,8% deste gás (Brackmann e Chitarra, 1998). Isto é feito pela injeção de nitrogênio em forma gasosa que, misturando-se com o ar da câmara, dilui o O₂. Um fluxo constante de nitrogênio é mantido por algumas horas e, quanto mais rápida a redução da concentração de O₂, menor será a atividade respiratória dos frutos e, conseqüentemente, maior o período de conservação (Brackmann e Chitarra, 1998). Quando o O₂ da câmara é reduzido, devido ao processo respiratório, o mesmo é compensado com a injeção de ar na câmara (Awad, 1993), através da abertura de tubulações ou através de forçadores de ar (Brackmann e Chitarra, 1998).

Quando a concentração de CO₂ está acima dos níveis desejados, é necessária a sua eliminação, que pode ser feita através de absorvedores de carvão ativado (Awad, 1993), colocação de cal hidratada dentro da câmara, ou ainda, através de um fluxo de nitrogênio, que dilui o CO₂ da atmosfera da câmara. Dependendo da eficiência, é necessário 1kg de cal para 25-50kg de maçãs para um período de oito meses de armazenamento (Brackmann e Chitarra, 1998).

O etileno é eliminado pela conversão catalítica através da oxidação com permanganato de potássio (Awad, 1993). Ele é comercializado em forma de *pellets*, a granel, ou *pellets*, em sachês. Após a reação com o etileno, os *pellets* mudam de cor, do violeta para marrom, indicando que os mesmos devem ser substituídos. Outra forma de eliminação do etileno é a queima catalítica, que atualmente é o método mais utilizado comercialmente (Brackmann e Chitarra, 1998).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Procedência e colheita dos frutos

Foram avaliados frutos da cultivar Royal Gala, provenientes de pomar comercial da empresa Schio, localizada em Vacaria - RS.

A colheita foi realizada pela manhã (10 horas), conforme estágio de maturação comercial, determinado através das análises do índice de iodo-amido, firmeza da polpa e SST. Ainda na empresa, os frutos foram pré-selecionados quanto às características externas de qualidade, tais como: ausência de injúrias, uniformidade de tamanho e coloração.

Os frutos foram acondicionados em caixas plásticas de 18kg e transportados, via terrestre, para o Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita (NPP) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria - RS, onde foram novamente selecionados quanto às características externas de qualidade, eliminando-se aqueles frutos que sofreram algum tipo de lesão com o transporte.

3.2 Instalação do experimento e armazenamento dos frutos

Os frutos foram embalados em redes plásticas e acondicionados em caixas plásticas com capacidade para 18kg. As mesmas foram colocadas em minicâmaras experimentais com atmosfera controlada, cada qual com capacidade de 232 litros, sendo que cada minicâmara foi submetida a uma combinação de gases, com as concentrações pré-estabelecidas para cada tratamento, conforme Tabela 1. Como controle, foram utilizados frutos armazenados sob refrigeração

(AR) nas condições de temperatura e umidade relativa iguais às utilizadas para os demais tratamentos.

O experimento foi conduzido no NPP/UFSM (Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita da Universidade Federal de Santa Maria - RS), durante o período compreendido entre fevereiro e outubro de 1998.

TABELA 1 Concentrações de O₂ e CO₂ avaliadas no armazenamento em atmosfera controlada em maçãs da cv. Royal Gala. Santa Maria, UFSM, RS, 1999.

Atmosferas	Concentrações	
	kPa O ₂	kPa CO ₂
AR	20,8	< 0,2
AC	2	3
AC	1	1
AC	1	3
AC	1	3 + BE

BE= baixo etileno (mantido em torno de 0,01 a 0,04ppm); AC= atmosfera controlada; AR= armazenamento refrigerado.

Após o acondicionamento das caixas com os frutos, as minicâmaras foram fechadas hermeticamente com tampas de acrílico transparente, e cada uma continha um micro-ventilador para promover a homogeneização da atmosfera. As minicâmaras permaneceram no interior de câmaras frigoríficas com volume de 45m³, com temperatura de 0,5 ± 0,2°C, sendo esta temperatura automaticamente controlada. A umidade relativa dentro das minicâmaras, determinada com um psicrômetro, foi de 96± 2%.

3.3 Instalação das atmosferas e controle dos gases nas minicâmaras

Logo após o fechamento das minicâmaras, procedeu-se a instalação das atmosferas. A redução das concentrações de O_2 foi realizada através da injeção de N_2 gasoso, proveniente de cilindros de alta pressão, que, pelo princípio da diluição, conduziu a concentração desejada. As concentrações de CO_2 foram obtidas através da injeção deste gás nas câmaras.

Para a manutenção constante da concentração desejada de O_2 e CO_2 , que sofrem alteração continuamente em função da respiração dos frutos, foi realizada uma análise e correção diária, com auxílio de analisadores eletrônicos de fluxo contínuo, marca AgriDatalog. Quando o oxigênio era consumido pela respiração dos frutos, o mesmo era repostado através da injeção de ar nas minicâmaras. Quando o CO_2 produzido pela respiração excedia os valores desejados, este era absorvido por uma solução de hidróxido de potássio (40%), pela qual eram conduzidos os gases das minicâmaras. Para concentrações de CO_2 próximas a 0% (AR), utilizou-se cal hidratada no interior de cada minicâmara para absorver e fixar o CO_2 produzido pelos frutos.

Os frutos mantidos em AR permaneceram em minicâmaras parcialmente lacradas, a fim de promover as trocas gasosas com o ambiente e manter a UR elevada, semelhante à AC. O esquema da Figura 1 demonstra o processo de funcionamento da atmosfera controlada.

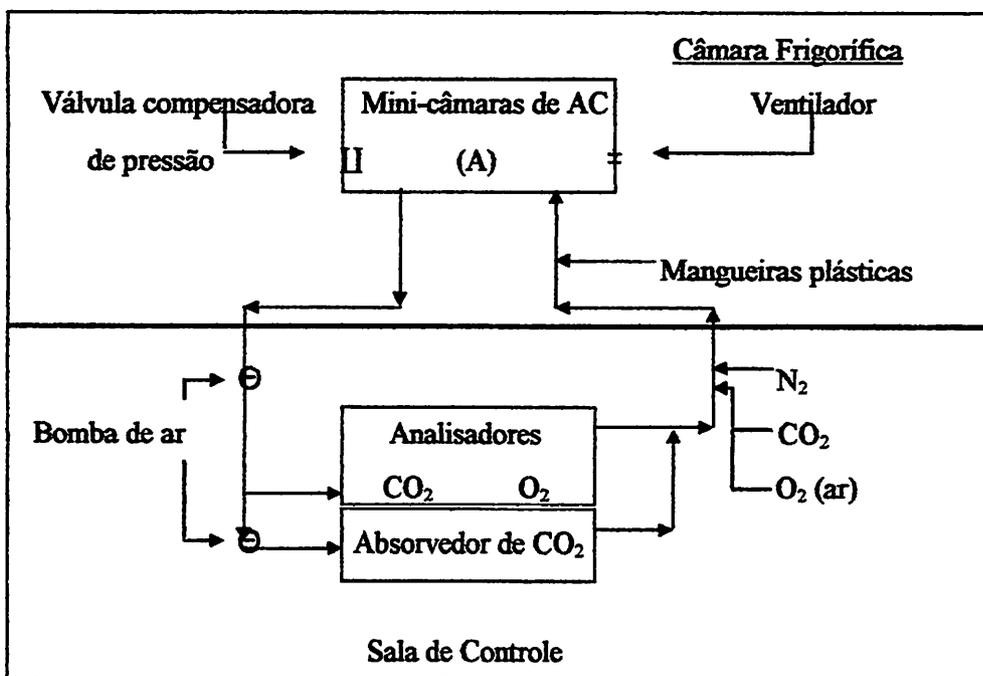


FIGURA 1 Esquema de funcionamento das minicâmaras de atmosfera controlada. Santa Maria, UFSM, RS, 1999.

3.3.1 Controle da temperatura e da UR na câmara e minicâmaras

A temperatura de armazenamento foi de $0,5^{\circ}\text{C}$, com variação de $\pm 0,2$ na polpa do fruto. Seu controle foi realizado por termostatos eletrônicos de alta precisão e diariamente foi realizada uma leitura, utilizando-se termômetros de mercúrio introduzidos na polpa de dois frutos, sendo que um permaneceu fora das minicâmaras de AC e o outro dentro.

A determinação da umidade relativa do ar (UR) foi feita semanalmente com um psicrômetro hermético, pelo qual circulam os gases das minicâmaras, e

posterior utilização de uma tabela psicrométrica para determinar a UR, que foi mantida em torno de $96 \pm 2\%$ em todos os tratamentos.

Na colheita e após cada intervalo de dois meses de armazenamento, os frutos de cada tratamento foram transportados, via aérea e via terrestre, para o Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras - MG, onde foram realizadas as análises laboratoriais das características físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas. Foi computada uma demora de 24 horas entre a saída dos frutos das minicâmaras de Santa Maria até a chegada em Lavras para proceder a realização das análises.

3.4 Análises físicas

Diâmetro do fruto - determinado, em centímetros, na secção transversal e longitudinal do fruto com auxílio de paquímetro.

Massa do fruto - determinado, em gramas, com auxílio de balança semi-analítica Mettler modelo PC 2000.

Coloração de fundo da epiderme - determinada através de uma tabela de cores, elaborada no NPP/UFSM, a qual contém níveis que variam de 01 a 10, sendo que o nível 01 corresponde à cor totalmente verde e, o nível 10, à cor amarelo ouro. O número de frutos de cada nível foi multiplicado pelo respectivo nível. O somatório foi dividido pelo número total de frutos da amostra, dando origem ao índice médio de cor da amostra. Esta variável foi determinada apenas na colheita dos frutos para caracterização da cor no início do experimento.

Distúrbios fisiológicos - através da observação visual dos frutos, calculando-se a média por tratamento (45 frutos cada), expressando-se os resultados em porcentagem.

a) Frutos murchos e polpa farinácea - foram considerados frutos murchos aqueles que se deformavam facilmente com a pressão do penetrômetro e apresentavam epiderme com aspecto enrugado, e frutos farináceos, aqueles que, através da observação visual da polpa, apresentavam pouca suculência e polpa quebradiça com aspecto farináceo.

b) Frutos rachados - determinado através da contagem de frutos com a epiderme rachada.

c) Degenerescência da polpa - caracterizada pela contagem de frutos que apresentavam escurecimento interno da polpa.

Firmeza da polpa - determinada como sendo a resistência à penetração da polpa. Fez-se a retirada da casca em dois pontos da região equatorial de cada fruto, sendo uma, no lado da cor mais verde da epiderme e outra, no lado com cor mais vermelha (lado do sol), e a firmeza determinada com auxílio de um penetrômetro Mc-Cormick com ponta de diâmetro 5/16 polegadas. O penetrômetro foi inserido perpendicularmente à região mediana do fruto e os resultados obtidos, em lb (libras), foram convertidos para N (Newtons) através do fator 4,448. Os valores mais altos correspondem a frutos mais firmes.

3.5 Preparo das amostras

Após a avaliação das características físicas dos frutos, procedeu-se a preparação das amostras para as análises físico-químicas e químicas. Padronizou-se cortar uma fatia mediana ($\pm 2\text{cm}$) de cada fruto eliminando-se as sementes ou carpelo, homogeneizar e triturar em liquidificador doméstico por três minutos na proporção 1:1 (fruto:água destilada). Após filtração em gase, o extrato foi utilizado para as avaliações de pH, sólidos solúveis totais e acidez total titulável. O restante ($\pm 800\text{g}$) dos frutos foi congelado em nitrogênio líquido, acondicionado em sacos plásticos e mantido a -18°C para as análises posteriores.

3.6 Análises físico-químicas e químicas

Teste iodo-amido - realizado, só no início do experimento, para caracterização da maturação dos frutos pelo teste do iodo com o amido, através de uma solução contendo 12g de iodo metálico e 24g de iodeto de potássio, diluídos em um litro de água destilada. Os frutos foram cortados transversalmente na parte mediana e as superfícies das metades pedunculares foram imersas na solução de iodo por 30 segundos. O amido, na presença de iodo, torna-se escuro, e quanto mais intensa a coloração, menor o grau de hidrólise do amido. A coloração adquirida pela polpa dos frutos foi comparada com uma tabela de fotos elaborada por Streif (1984), com índices que variam de 01 a 10, onde o índice 01 indica o teor máximo de amido, e o índice 10 representa o amido totalmente hidrolisado. Calculou-se um índice médio multiplicando o número de frutos pelos seus respectivos níveis.

pH - medido em potenciômetro Digimed modelo DMpH-2.

Acidez total titulável (ATT) - medida por titulação do filtrado com NaOH 0,1N e fenolftaleína como indicador, segundo técnica estabelecida pelo Instituto Adolfo Lutz (1985), sendo os resultados expressos em % de ácido málico.

Sólidos solúveis totais (SST) - medidos em refratômetro digital ATAGO PR-1000 com compensação de temperatura automática, conforme a metodologia da AOAC, (1990). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Açúcares solúveis totais - através da extração com álcool 75% e determinados pelo método de Antrona (Dische, 1962), expressando-se os resultados em % de glucose no fruto.

Açúcares redutores - doseados, seguindo-se a técnica de Somogyi adaptada por Nelson (1944), sendo os resultados expressos em % de glucose no fruto.

Açúcares não redutores - foram calculados a partir da seguinte fórmula: (Açúcares solúveis totais - Açúcares redutores) x 0,95, e os resultados expressos em % de sacarose no fruto.

Pectina total e solúvel - extraídas segundo técnica descrita por McCready e McComb (1952) sendo a determinação realizada colorimetricamente através da reação com Carbazol, segundo Bitter e Muir (1962), expressando-se os resultados em mg de ác. galac./ 100g de polpa.

Cálcio total - analisado por espectrofotometria de absorção atômica, conforme metodologia estabelecida por Jones e Isaac (1969). Os resultados foram expressos em ppm.

3.7 Análises bioquímicas

Extração enzimática - realizada segundo técnica de Buecher e Furmanski (1978).

Atividade de pectinametilesterase - determinada segundo Hultin, Sun e Bulger (1966) e Ratner, Goren e Monseline (1969). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalizar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1nmol de NaOH por minuto, sob as condições de ensaio.

Atividade de poligalacturonase - determinada segundo técnica de Markovic, Heinrichová e Lenkey (1975). Doseou-se, então, o teor de açúcares redutores, segundo método de Somogyi adaptado por Nelson (1944). Uma unidade de atividade de PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de 1nmol de açúcar redutor por minuto sob as condições de ensaio. Os resultados foram expressos em nmol/g/min de peso fresco.

3.8 Compostos de parede celular

Extração do material de parede celular - A parede celular foi extraída da polpa dos frutos juntamente com a casca, como descrito por Chitarra, Labavitch e Kader (1989).

Cálcio ligado - utilizou-se a mesma técnica empregada para análise de cálcio total (item 3.6). Os resultados foram expressos em mg/100g do material de parede celular.

Cromatografia gasosa - Após a obtenção do material de parede celular (MPC), foi conduzida a derivatização (derivados alditol acetato) dos açúcares neutros, seguindo as recomendações de Albersheim et al. (1967), procedendo-se a hidrólise, redução e acetilação dos polissacarídeos.

Análise cromatográfica - As amostras derivatizadas foram diluídas com 0,2mL de acetona e injetadas (2µL) em cromatógrafo a gás, marca Intralab, modelo 3000, tendo como fase estacionária coluna capilar OV-DB 225, 0,25mm de diâmetro interno e 30m de comprimento, acoplado a Integrador Intralab Mod 4290. Como fase móvel, foram utilizados N₂ e H₂, como gases de arraste.

Utilizou-se sensibilidade 10⁻¹¹ e atenuação 8. A pressão da coluna foi de 23psi, e os fluxos na coluna, hidrogênio, *make-up* e ar sintético acumulados, foram, 0,66 mL/min, 30,66mL/min, 60,66mL/min e 360,66mL/min, respectivamente. Foram utilizadas as seguintes temperaturas: coluna 210°C, injetor 250°C e detector 300°C, sendo que a razão do split foi de 1:90 e o tempo total de cada determinação de 28 minutos.

Utilizou-se como padrão uma mistura dos açúcares composta por: raminose, fucose, arabinose, xilose, manose, galactose, glucose e inositol (padrão interno), todos na concentração de 200µg / 0,2mL.

3.9 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, (DIC) com três repetições, sendo que cada unidade experimental constou de 15 frutos. Os tratamentos foram: [AR - (20,8kPa de O₂ e < 0,2kPa de CO₂), AC 2/3 - (2kPa de O₂ e 3kPa de CO₂), AC 1/1 - (1kPa de O₂ e 1kPa de CO₂), AC 1/3 - (1kPa de O₂ e 3kPa de CO₂) e AC 1/3 + BE - (1kPa de O₂ e 3kPa de CO₂, com

eliminação de etileno que foi mantido em torno de 0,01 a 0,04ppm) dispostos num esquema de parcelas subdivididas. As concentrações de O₂ e CO₂ foram considerados os tratamentos das parcelas e os tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 meses) as subparcelas, visto que em cada combinação de O₂ e CO₂ é que foram avaliados os tempos de armazenamento.

Os resultados foram submetidos a análise de variância de acordo com modelo sugerido por Banzatto e Kronka (1992) para experimentos em parcelas subdivididas. Quando houve efeito significativo para concentrações de O₂ e CO₂ as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%) com auxílio do programa SISVAR- Sistema de Análise de Variância de Dados Balanceados (Ferreira, 1999). Para o tempo de armazenamento foi aplicado a análise de regressão considerando a variável em estudo em função dos meses, sendo as equações de regressão escolhidas de acordo com a significância do teste F e dos valores do coeficiente de determinação (R²). As avaliações relativas ao material de parede celular, enzimas PME e PG e distúrbios fisiológicos não foram submetidas à análise estatística.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aparência

4.1.1 Diâmetros e massa

Os diâmetros longitudinal e transversal dos frutos sofreram influência somente do tempo de armazenamento (Tabela 1A - Anexo). O diâmetro transversal variou de 5,46 a 5,84cm, apresentando um comportamento que pode ser descrito por uma equação quadrática, onde os valores reduziram-se até o sexto mês de armazenamento, aumentando levemente até o oitavo mês, provavelmente devido ao uso de amostras diferentes para cada época de avaliação (Figura 2). No diâmetro longitudinal houve um decréscimo linear com o tempo de armazenamento, enquadrando-se os valores na faixa de 6,22 a 6,34cm (Figura 2).

Um importante atributo de qualidade para frutos e hortaliças é a aparência do produto, a qual é visualizada pelo tamanho, forma, cor, brilho, defeitos e deteriorações (Wills et al., 1981; Chitarra, 1998).

As propriedades físicas, tais como massa, diâmetros, firmeza da polpa e coloração da casca; e químicas, como açúcares e teor de ácidos devem ser determinadas antes, durante e após o armazenamento (Sass e Lakner, 1996), sendo os diâmetros longitudinal e transversal índices físicos de grande utilidade para produtos destinados ao consumo *in natura* (Chitarra e Chitarra, 1990).

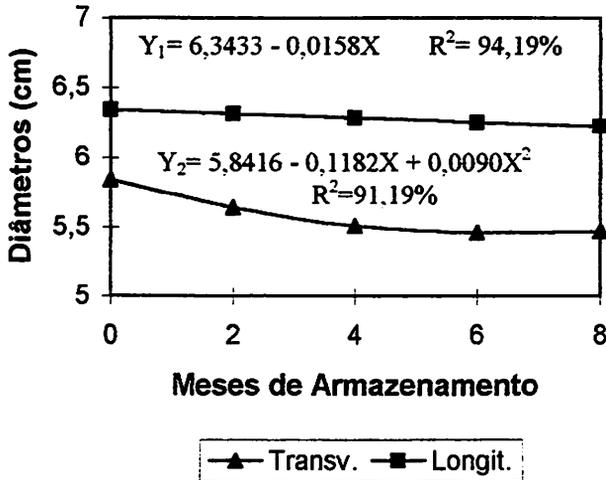


FIGURA 2 Variação dos diâmetros longitudinal (Y_1 - ■) e transversal (cm) (Y_2 - ▲) de maçãs da cv. Royal Gala em função do tempo de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

A massa dos frutos não foi influenciada pelas concentrações de O_2 e CO_2 , nem tampouco pela interação entre este fator e o tempo de armazenamento, embora uma redução desta variável tenha sido verificada em função do último fator ($p < 0,05$) (Tabela 1A - Anexo). Os valores reduziram-se de 117,82 para 106,11g (Figura 3), ou seja, uma perda de 9,94%.

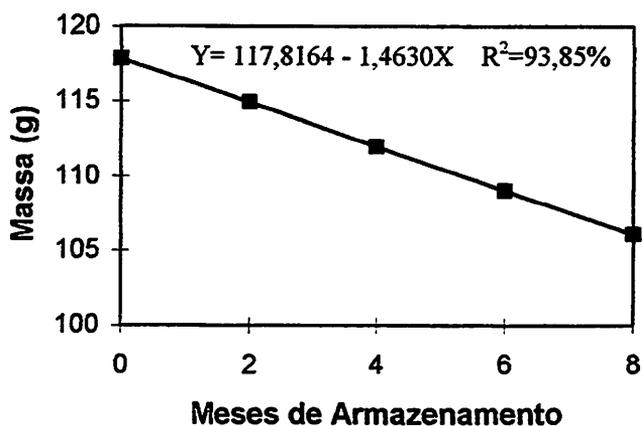


FIGURA 3 Variação da massa (g) de maçãs da cv. Royal Gala em função do tempo de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

As perdas de massa durante o armazenamento comercial de maçãs geralmente não alcançam o valor de 5%. A perda de quase 10% de massa observada no presente experimento provavelmente deve-se à demora de 24 horas entre a saída dos frutos da câmara e a pesagem dos mesmos, e também à utilização de diferentes amostras em cada avaliação.

Dois fatores estão envolvidos na perda de massa dos frutos: o consumo das substâncias armazenadas durante o desenvolvimento do fruto, através da respiração, e a perda de água pela transpiração, que resulta na maior parte da perda (Hardenburg et al., 1986). Segundo Argenta e Denardi (1994), maçãs da cv. Gala, em AC, respiram menos e perdem menos massa, mas tal comportamento não foi observado para a cv. Royal Gala, em que as diferenças

detectadas ocorreram somente com o decorrer do armazenamento e não entre as concentrações de O₂ e CO₂, o que sugere que a perda foi devido à transpiração.

A perda de massa não somente resulta em considerável murchamento, mas também em um produto menos atrativo e de baixa qualidade (Kader, 1986; Fan, 1992). Mesmo não sendo observado um murchamento visível, tal fenômeno pode acarretar mudanças na coloração e palatabilidade dos frutos (Wills et al., 1981).

4.1.2 Coloração

A análise de cor de fundo da epiderme foi realizada somente no início do experimento, para caracterização dos frutos quanto ao seu estágio de maturação.

Com relação à coloração de fundo da epiderme, o resultado obtido foi 8,62, indicando que os frutos já estavam um pouco amarelados, ou seja, em estágio de maturação avançado no momento da colheita. Pela tabela de cores elaborada no NPP-UFSM, o índice 01 corresponde à cor totalmente verde, e o índice 10, à cor amarelo ouro. Para Wills et al. (1981), a coloração é a maior alteração que ocorre em muitos frutos e é, freqüentemente, o critério mais utilizado pelo consumidor para determinar sua maturação.

Em maçãs, apenas a observação do desenvolvimento da cor vermelha pode se constituir num indicador pouco eficaz para se determinar o tempo apropriado da colheita (Argenta e Mondardo, 1994), sugerindo, Chitarra e Chitarra (1990), que os atributos físicos, sensoriais e a composição química devem ser considerados e as associações e relações entre as medidas objetivas e subjetivas devem ser realizadas, para um melhor entendimento das transformações que ocorrem nos frutos.

4.1.3 Distúrbios fisiológicos

Durante o armazenamento, pode-se observar que os frutos do tratamento AR quase sempre apresentaram a maior ocorrência de distúrbios, embora os resultados não tenham sido comparados estatisticamente. Estes frutos apresentaram qualidade adequada até o sexto mês de armazenamento, sendo que, após este período, foram considerados impróprios para consumo (Tabela 2). A grande porcentagem de frutos com polpa farinácea evidencia que condições de AR antecipam o processo de maturação dos frutos, promove solubilização de substâncias pécticas na lamela média e conduz a perda de adesão intercelular tornando o fruto farináceo.

TABELA 2 Distúrbios fisiológicos (%) em maçãs da cv. Royal Gala conservadas em AC e em AR. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos	PF(%)		D(%)		FM (%)		FR (%)	
	6m	8m	6m	8m	6m	8m	6m	8m
AR	11,11	35,55	11,11	22,32	6,67	80,0	0,00	4,44
AC - 2/3	0,00	28,89	8,89	35,55	0,00	2,22	0,00	8,89
AC - 1/1	11,11	15,55	8,89	22,22	0,00	0,00	0,00	8,89
AC - 1/3	0,00	15,55	4,44	4,44	0,00	2,22	0,00	2,22
AC - 1/3+BE	0,00	15,55	0,00	11,11	0,00	0,00	0,00	8,89

PF= polpa farinácea; D=degenerescência; FM= frutos murchos; FR= frutos rachados.

Os frutos dos demais tratamentos conservaram-se bem até o oitavo mês de armazenamento, sendo que o tratamento AC -1/3, resultou em frutos de melhor

qualidade para consumo, por apresentarem as menores porcentagens de distúrbios fisiológicos. Dessa forma ficou evidente que o armazenamento em AC, especialmente em 1kPa de O₂ e 3kPa de CO₂, reduz a incidência de distúrbios. Lunardi et al. (1997) confirmam tais resultados, pois, trabalhando com maçãs da cv. Gala, observaram que frutos armazenados em 1% de O₂ e 3% de CO₂ à 1°C apresentaram a menor incidência de degenerescência interna e podridões. Nos frutos submetidos ao tratamento com a eliminação de etileno (AC - 1/3 + BE) foi observada uma maior incidência de degenerescência e frutos rachados no oitavo mês, demonstrando dessa forma que taxas reduzidas de etileno aumentam os distúrbios degenerescência e rachaduras.

Concentrações mais elevadas de O₂ e CO₂ (AC - 2/3) determinaram, no oitavo mês, 35,55% de frutos com degenerescência e elevado percentual de frutos com polpa farinácea (28,89%), enquanto que concentrações mais baixas de O₂ e CO₂ (AC - 1/1) determinaram índices de 22,22 e 15,55%, respectivamente. Schouten (1988) encontrou resultados semelhantes para distúrbios que ocorrem no armazenamento. Estes, em sua maioria, são acentuadamente reduzidos em concentrações de baixo O₂ (1%), aumentando a vida de prateleira dos frutos.

4.2 Acidez total titulável (ATT) e pH

Observou-se interação entre tempo de armazenamento e concentrações de O₂ e CO₂ na análise dos dados das variáveis acidez e pH (Tabela 1A - Anexo).

Até o segundo mês de armazenamento, não foi possível verificar nenhuma diferença na ATT e pH influenciada pelas concentrações de O₂ e CO₂, possivelmente devido ao curto período de tempo que os frutos ficaram expostos a tais concentrações nas câmaras (Tabela 3).

TABELA 3 Acidez total titulável (ATT- % de ácido málico) e pH de maçãs da cv. Royal Gala conservadas em AC e em AR. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos	Meses de Armazenamento				
	0	2	4	6	8
Acidez total titulável (% ác. málico)					
AR	0,33a	0,38a	0,21a	0,20a	0,16a
AC - 2/3	0,33a	0,36a	0,40b	0,29a	0,21ab
AC - 1/1	0,33a	0,35a	0,37b	0,29a	0,31b
AC - 1/3	0,33a	0,38a	0,36b	0,28a	0,27ab
AC - 1/3 + BE	0,33a	0,39a	0,39b	0,28a	0,27ab
pH					
AR	4,05a	3,87a	3,88b	4,39b	4,44b
AC - 2/3	4,05a	3,90a	3,66a	4,03a	4,00a
AC - 1/1	4,05a	3,88a	3,80ab	3,99a	3,95a
AC - 1/3	4,05a	3,78a	3,71a	4,02a	3,94a
AC - 1/3 + BE	4,05a	3,78a	3,71a	3,95a	3,95a

Letras diferentes em cada coluna representam diferenças significativas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As mudanças começaram a ser observadas no quarto mês, quando os frutos em AR apresentaram menor teor de ácidos orgânicos e maior pH. Segundo Chitarra e Chitarra (1990), o pH aumenta com a redução da acidez. Brackmann (1990) cita que os ácidos são as substâncias mais prontamente disponíveis para obtenção de energia pela célula, pois fazem parte do ciclo de Krebs (ácidos tricarbóxicos).

Ao final do armazenamento, a maior retenção da ATT foi obtida nos frutos que permaneceram armazenados em AC - 1/1, tratamento este que diferiu significativamente do tratamento AR. Embora sem diferença estatística, a acidez nos tratamentos em AC, a partir do quarto mês, sempre foi superior a dos frutos em AR, e o pH inferior evidencia, desta forma, que o armazenamento em AC foi eficiente em reter a elevação no pH e a degradação dos ácidos nos frutos submetidos a tais condições. A manutenção de níveis mais elevados de acidez nos tratamentos em AC provavelmente deve-se à redução da atividade respiratória.

Brackmann e Saquet (1995), trabalhando com maçãs 'Gala', verificaram que concentrações de O₂ próximas ou menores que 1% mantêm a acidez mais elevada. Resultados semelhantes também foram obtidos por Lidster et al. (1981), sendo que maçãs 'McIntosh', armazenadas em atmosfera com baixo O₂ (1,5% de CO₂ e 1% de O₂), resultaram em frutos com maior retenção da acidez, quando comparados com frutos armazenados em AC convencional (5% de CO₂ e 2,8% O₂). Os resultados obtidos também são condizentes aos encontrados por Bortoluzzi (1997) que, trabalhando com maçãs 'Fuji', observou que as mesmas perdem mais acidez em AR que em AC.

4.3 Sólidos solúveis totais (SST)

O teor de SST foi influenciado apenas pelo tempo de armazenamento (Tabela 2A - Anexo) atingindo valor máximo no quinto mês, com pequena redução após este intervalo. O teor de SST oscilou de 10,01 a 10,98% durante o período de armazenamento (Figura 4).

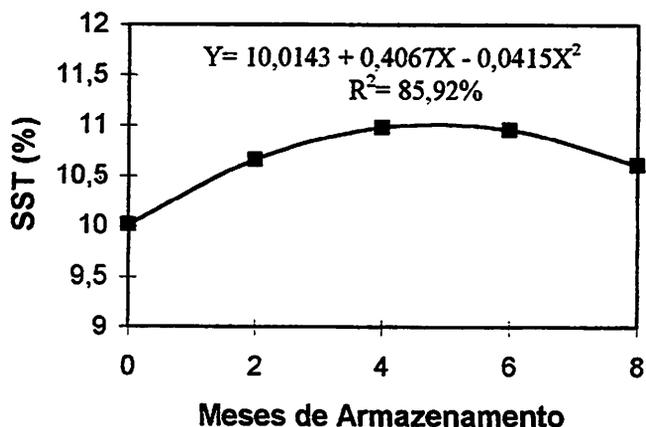


FIGURA 4 Teores de sólidos solúveis totais (SST - %), de maçãs da cv. Royal Gala em função do tempo de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Segundo Fan (1992), com a hidrólise da amilopectina a açúcares solúveis, há um incremento no teor de SST durante o armazenamento de maçãs 'Fuji'. O aumento no teor de sólidos também pode ser devido a uma maior degradação da protopectina em frações de baixo peso molecular e de alta solubilidade (Wills et al., 1981). A perda de massa também tem relação com o aumento no teor de SST, pois, com a perda de água, ocorre uma maior concentração dos sólidos na polpa dos frutos, acarretando elevação nos seus teores. Porém, a queda observada na segunda metade do armazenamento, provavelmente se justifica pelo consumo dos substratos no metabolismo respiratório das maçãs.

Argenta e Denardi (1994) encontraram comportamento semelhante para maçãs 'Gala' e 'Fuji', verificando aumento no teor de SST com o armazenamento em AC e AR, passando por valores máximos entre o terceiro e quarto meses, diminuindo em seguida. Na colheita de maçãs 'Gala', Argenta e Mondardo (1994) obtiveram valores que oscilaram de 10,1 a 11,9%, estes condizentes aos do presente trabalho.

4.4 Amido e Açúcares solúveis

O teste iodo-amido foi utilizado para caracterizar o estágio de maturação dos frutos no momento da colheita. O índice encontrado para a cv. Royal Gala foi de 5,9. Comparando-se o valor encontrado com maçãs da cv. Gala estudadas por Argenta e Mondardo (1994), no ponto ideal de colheita, apresentavam índice de iodo-amido de 3 a 5,3, indicando que as maçãs do presente experimento se encontravam em estágio de maturação mais avançado. Níveis de amido de 3,5 a 4,5 indicam maturidade ideal para o armazenamento de maçãs (Tugwell e Chvyl, 1995).

Para Brookfield et al. (1996), o metabolismo do amido é um fator chave na qualidade de maçãs. A indicação da hidrólise pelo teste iodo-amido é bastante usada para determinar a colheita, contudo, poucos estudos quanto às alterações quantitativas de amido em maçãs têm sido reportados.

Diferenças significativas para as variáveis açúcares solúveis totais (AST) e sacarose foram detectadas somente com o tempo de armazenamento (Tabela 2A - Anexo), sendo que as concentrações de O₂ e CO₂ não influenciaram o comportamento das mesmas. Ocorreu um decréscimo dos AST e da sacarose até o segundo e quarto meses, respectivamente, com posterior acréscimo até o final do armazenamento, conforme Figura 5.

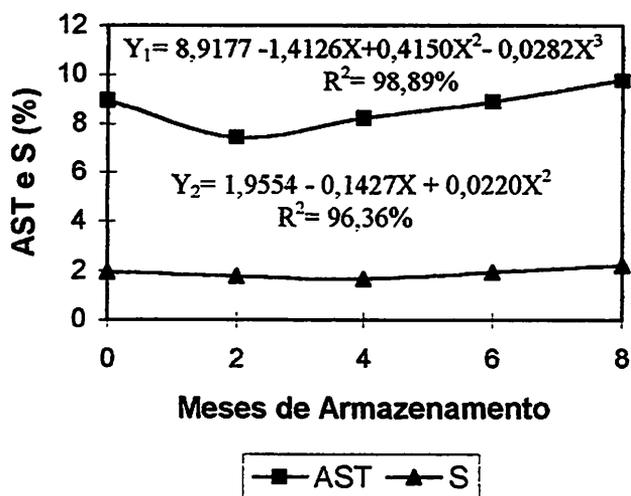


FIGURA 5 Concentração de açúcares solúveis totais (AST- Y_1 -■) e sacarose (%) (S- Y_2 -▲), de maçãs da cv. Royal Gala, em função do tempo de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

A maçã, desde a sua retirada da planta até a deterioração, mantém-se em atividade respiratória para continuar sua ação vegetativa, sendo tal processo realizado com suas próprias reservas (Awad, 1993). O amido e os açúcares são reservas energéticas dos frutos, que são utilizadas no processo respiratório (Bender, 1989b), podendo o decréscimo inicial dos açúcares ser devido, provavelmente, ao consumo dos mesmos na respiração, sem a suficiente degradação de amido.

A elevação dos AST e da sacarose até o final do armazenamento, pode ser devida à hidrólise de amido (Whiting, 1970), à desidratação dos frutos, que resulta em concentração dos açúcares, ou à degradação de polissacarídeos da parede celular (Chitarra e Chitarra, 1990). Ötles (1992) encontrou valores de

açúcares solúveis totais para maçãs das cvs. Golden Delicious e Jonathan de 10,99 e 10,06%, respectivamente, valores estes superiores aos encontrados no presente experimento que oscilaram de 7,52 a 9,74% de glucose.

A sacarose variou de 1,74 a 2,22%, sendo tais valores condizentes aos encontrados para a cv. Delicious (Alvarenga et al., 1975), que apresentaram teor médio de sacarose de 2,00%.

A variável açúcares redutores apresentou-se afetada interativamente pelo tempo de armazenamento e concentrações de O₂ e CO₂ (Tabela 4).

TABELA 4 Açúcares redutores (% de glucose) de maçãs da cv. Royal Gala conservadas em AC e em AR. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos	Meses de Armazenamento				
	0	2	4	6	8
AR	6,89 a	5,72 b	7,04 bc	7,59 a	6,98 a
AC - 2/3	6,89 a	5,52 b	6,18 a	7,21 a	7,14 a
AC - 1/1	6,89 a	5,43 b	6,29 ab	7,12 a	7,13 a
AC - 1/3	6,89 a	5,34 ab	6,25 ab	7,26 a	8,01 b
AC - 1/3 + BE	6,89 a	4,50 a	7,45 c	7,19 a	7,32 ab

Letras diferentes em cada coluna representam diferenças significativas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os frutos submetidos aos tratamentos AC - 1/3 e AC - 1/3 + BE apresentaram as maiores concentrações de açúcares redutores no oitavo mês de armazenamento. Nestes tratamentos, a taxa de respiração é menor, resultando em acúmulo de açúcares solúveis nos tecidos (Chitarra e Chitarra, 1990) devido a

menor degradação dos mesmos (Bender, 1989b) podendo também tal aumento ser devido a uma maior atividade da invertase.

A média de açúcares redutores foi da ordem de 6,68% de glucose, valor este superior ao encontrado para as maçãs da cv. Delicious (Alvarenga et al. , 1975), que apresentaram teor médio de glucose de 4,59%.

4.5 Firmeza

Efeitos interativos entre as concentrações de O₂ e CO₂ e tempo de armazenamento influenciaram a variável firmeza significativamente (Tabela 2A - Anexo). No quarto e sexto meses, os frutos submetidos aos tratamentos AC - 1/3 e AC - 1/3 + BE, alcançaram os maiores valores de firmeza (Tabela 5) e o menor valor foi observado para os frutos do tratamento AR (66,57 e 55,31).

A maior perda de firmeza observada no armazenamento refrigerado, provavelmente, pode ser devida a maturação antecipada dos frutos em comparação aos tratamentos em AC. Lau (1985) cita que o armazenamento em AC reduz a respiração e produção de etileno dos frutos, contribuindo para uma maior retenção da firmeza da polpa.

Saquet (1997), na avaliação realizada em maçãs da cv. Gala, no sexto mês de armazenamento, em ambas as temperaturas avaliadas, 0 e 1°C, tanto na abertura das câmaras como após sete dias de exposição dos frutos à temperatura ambiente, observou que frutos submetidos ao AR sofrem acentuada perda de firmeza, apresentando valores muito baixos comparados aos tratamentos com AC devendo o período de armazenamento em AR ser de até seis meses, pois a perda de firmeza é muito grande neste período, além da ocorrência de distúrbios fisiológicos.

TABELA 5 Firmeza da polpa (N) de maçãs da cv. Royal Gala conservadas em AC e em AR. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos	Meses de Armazenamento				
	0	2	4	6	8
AR	84,35 a	78,94 a	66,57 a	55,31 a	67,72 c
AC - 2/3	84,35 a	77,66 a	67,35 ab	60,71 b	48,15 a
AC - 1/1	84,35 a	78,38 a	72,18 bc	61,54 b	58,40 b
AC - 1/3	84,35 a	79,39 a	74,29 c	68,18 c	58,49 b
AC - 1/3 + BE	84,35 a	79,96 a	73,60 c	72,02 c	67,57 c

Letras diferentes em cada coluna representam diferenças significativas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ao final do armazenamento (no oitavo mês), os frutos submetidos ao tratamento AC - 2/3 apresentaram firmeza da polpa significativamente inferiores da dos demais tratamentos, constituindo-se nos frutos de menor firmeza (48,15N), possivelmente devido a alta percentagem de distúrbios apresentada pelos frutos. O tratamento AR, determinou frutos com valores de firmeza elevados. A alta firmeza apresentada por estes frutos pode ser justificada pela perda excessiva de massa que acarretou uma grande percentagem de frutos murchos. Fortes e Petri (1982) explicam que com a excessiva perda de água o tecido interno perde a turgidez e encolhe, o que causa enrugamento da epiderme e confere aos frutos uma leve elasticidade dificultando a entrada do penetrômetro, dessa forma a leitura obtida apresenta-se com valores elevados mascarando a real condição do fruto.

O tratamento AC - 1/3 + BE foi considerado o melhor ao final do armazenamento pois resultou em frutos com alta firmeza. Liu et al. (1986)

verificaram que valores de firmeza da polpa mais elevados são conseguidos quando há eliminação de etileno da câmara. A cv. Royal Gala também reage positivamente à eliminação de etileno, mantendo a firmeza mais elevada, como já observado por Brackmann (1990).

Comportamento semelhante foi observado por Bortoluzzi (1997), que verificou na cv. Fuji, avaliada aos sete e nove meses e depois da exposição dos frutos à temperatura ambiente, que as condições de AC mantêm a firmeza da polpa mais elevada comparados com AR.

4.5.1 Pectina total (PT) e pectina solúvel (PS) na polpa

A variável pectina total (PT) foi afetada pelas concentrações de O₂ e CO₂ e pelo tempo de armazenamento, sendo que uma interação entre os fatores não foi verificada (Tabela 3A - Anexo).

Os tratamentos AC - 1/3 e AC - 1/3 + BE, determinaram os menores teores de PT que foram em média 593,07 e 587,11mg de ác. galac./100g de polpa respectivamente, mostrando-se inferiores aos determinados pelo tratamento AC - 1/1, com teor médio de 659,88mg ác. galac./100g polpa (Tabela 6). Os demais tratamentos (AC - 2/3, juntamente com AR) apresentaram teores de PT semelhantes, que foram da ordem de 633,33 e 636,35mg ác. galac. / 100g polpa, respectivamente.

Com o decorrer do armazenamento, observaram-se oscilações no comportamento da PT, onde elevação e redução foram observadas (Figura 6) podendo tais oscilações serem devidas a um *turnover* de tais substâncias (Knee, 1978).

TABELA 6 Pectina total (mg de ác. galac. / 100g polpa) de maçãs da cv. Royal Gala conservadas em AC e em AR. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos				
AR	AC - 2/3	AC - 1/1	AC - 1/3	AC - 1/3 + BE
636,35ab	633,33ab	659,88b	593,07a	587,11a

Letras diferentes na mesma linha representam diferenças significativas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No caso da PS, observou-se interação significativa entre os fatores concentrações de O₂ e CO₂ e tempo de armazenamento (Tabela 3A - Anexo).

No segundo mês de armazenamento, a concentração de gases atmosféricos exerceu pouca influência sobre a variável PS, embora os frutos submetidos a AC - 1/1 tenham apresentado um teor de PS ligeiramente superior aos submetidos ao tratamento AC - 1/3 + BE.

Uma influência nítida do controle atmosférico sobre a variável PS começou a ser visualizada a partir do quarto mês de armazenamento, visto que frutos armazenados sob AC apresentaram um menor teor de PS, quando comparados com os frutos conservados em AR, destacando-se o tratamento AC - 1/3, que determinou o menor teor de PS, concordante com a maior firmeza de polpa apresentada por estes frutos.

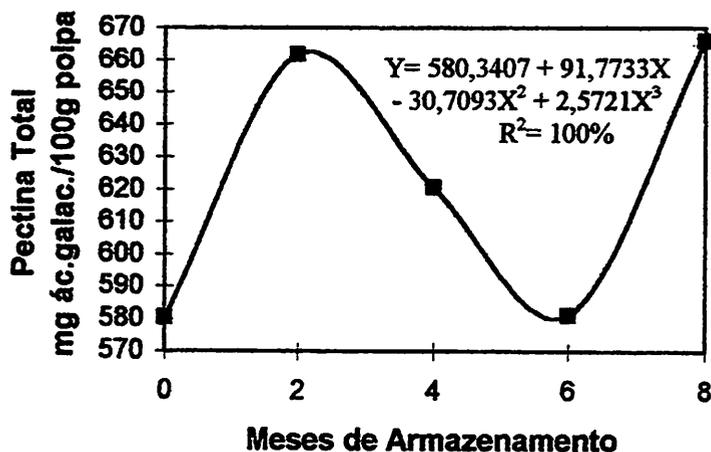


FIGURA 6 Teores de pectina total na polpa (mg ác. galac./ 100g polpa) de maçãs da cv. Royal Gala em função do tempo de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

O tratamento AR, por apresentar concentrações mais elevadas de O_2 e reduzidas de CO_2 , provavelmente pode ter influenciado a atividade das enzimas e a respiração dos frutos, aumentando a solubilização das pectinas com conseqüente redução nos seus teores. Tijskens et al. (1997) explicam que, dependendo das concentrações dos gases (oxigênio e dióxido de carbono), a intensidade da respiração de maçãs se altera. Quanto maior o O_2 , maior a respiração e, conseqüentemente, maior a degradação de pectinas. Em mangas a perda de firmeza da polpa também é marcada por um aumento na solubilidade das substâncias pécnicas (Bartley e Knee, 1982), e Faria et al. (1994) sugerem que a elevação no conteúdo de pectina solúvel deve-se a ação da PG e PME.

A firmeza das maçãs é um importante critério de qualidade, que é usado para determinar o período de armazenamento, sendo a composição e estrutura da parede celular determinantes da firmeza (Mohsenin, 1970), onde os componentes mais importantes são a pectina, celulose e hemicelulose (Martens e Baardseth, 1987). Dessa forma, a maior solubilização das pectinas, observada nos frutos do tratamento AR, provavelmente é responsável pela perda de firmeza da polpa (Tabela 7). Diversos autores já observaram comportamento semelhante em diferentes frutos (Knee e Sharples, 1981).

No sexto mês e final do armazenamento, o tratamento com eliminação de etileno (AC - 1/3 + BE) apresentou o menor teor de PS, e o tratamento AR apresentou os mais elevados teores. Dessa forma, conclui-se que a eliminação de etileno retarda a solubilização de pectinas.

TABELA 7 Teores pectina solúvel na polpa (mg ác. galac./100 g polpa) de maçãs da cv. Royal Gala conservadas em AC e em AR. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos	Meses de Armazenamento				
	0	2	4	6	8
AR	25,87 a	34,90 ab	61,26 b	75,67 c	91,82 c
AC - 2/3	25,87 a	36,31 ab	32,41 a	30,79 a	38,76 b
AC - 1/1	25,87 a	37,32 b	30,17 a	40,44 b	43,90 b
AC - 1/3	25,87 a	33,27 ab	25,30 a	38,66 b	44,18 b
AC - 1/3 + BE	25,87 a	29,36 a	27,85 a	25,86 a	27,13 a

Letras diferentes em cada coluna representam diferenças significativas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.5.2 Enzimas

Aparentemente os frutos do tratamento AC - 1/3 apresentaram em média a menor atividade de PME (637,90U/min) fato que pode justificar uma maior firmeza apresentada por estes frutos até o sexto mês de armazenamento. Uma maior atividade foi observada nos frutos submetidos aos tratamentos AR e AC - 1/1 (Tabela 8).

TABELA 8 Atividade da enzima PME (nmol/g/min) de maçãs da cv. Royal Gala conservadas em AC e em AR. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos				
AR	AC - 2/3	AC - 1/1	AC - 1/3	AC - 1/3 + BE
820,18	698,65	825,27	637,90	693,62

Quanto a PG aparentemente foi observada variações entre os tratamentos (Tabela 9), sendo o valor médio encontrado de 0,59 U/min, este superior ao encontrado por Bartley (1978) que foi de 0,36 U/min. Deve-se salientar portanto que os valores encontrados no presente experimento e pelo autor são muito baixos. Valores encontrados para banana prata por Vilas Boas (1995) para PME e PG oscilaram de 40,00 a 1813,00 e 1,87 a 98,73 nmol/g/min, respectivamente. Dessa forma, a perda de firmeza dos frutos do presente experimento provavelmente não foi influenciada pelas enzimas PME e PG sugerindo que outra enzima possa estar envolvida em tal processo.

TABELA 9 Atividade da enzima PG (nmol/g/min) de maçãs da cv. Royal Gala conservadas em AC e em AR. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos	Meses de Armazenamento					Média
	0	2	4	6	8	
AR	1,22	0,67	0,14	0,46	0,18	0,53
AC - 2/3	1,22	0,41	0,46	0,96	0,15	0,64
AC - 1/1	1,22	0,09	0,78	0,33	0,22	0,53
AC - 1/3	1,22	1,64	0,49	0,35	0,21	0,78
AC - 1/3 + BE	1,22	0,11	0,46	0,13	0,30	0,44
Média	1,22	0,58	0,47	0,45	0,21	0,58

Bartley (1978) cita que outra glucosidase capaz de atacar pectinas e encontrada em muitos frutos é a β -galactosidase, sendo que o mesmo autor observou aumento na atividade desta enzima durante a maturação.

4.5.3 Componentes da PC

O rendimento médio de extração da PC a partir da polpa congelada de maçãs da cv. Royal Gala foi 2,30%. Foi verificada a influência do tipo de armazenamento sobre os compostos da PC.

4.5.3.1 Cálcio total e ligado

Os teores de cálcio total variaram significativamente com o tempo de armazenamento (Tabela 3A- Anexo). Os teores reduziram-se até o terceiro mês,

atingindo valor mínimo de 54,70ppm, aumentando após este período até o final do armazenamento, conforme mostra a Figura 7. A elevação no teor de cálcio pode ser devida a concentração de tal mineral devido a perda de água do material utilizado nas análises já que o mesmo foi determinado em material liofilizado, ou seja, material que apresentava umidade.

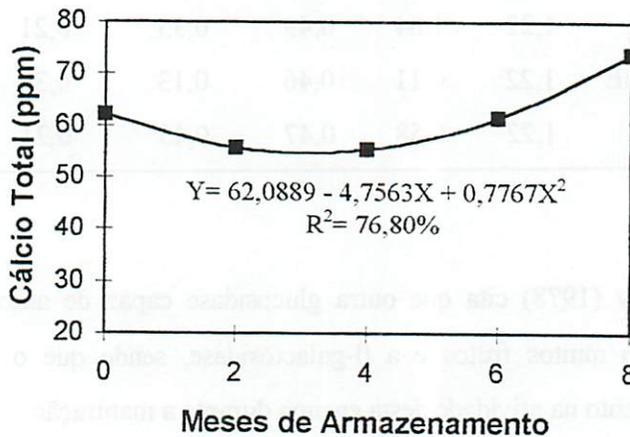


FIGURA 7 Teores de cálcio total na polpa liofilizada (ppm) de maçãs da cv. Royal Gala em função do tempo de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Os valores encontrados para a cv. Royal Gala do presente experimento foram da ordem de 55,49 a 73,74ppm, valores equivalentes aos apresentados por Perring (1979), que são de 60ppm de Ca na polpa fresca. Pela revisão feita por Vang-Petersen (1980), frutos contendo teores de Ca menores que 50ppm na polpa fresca tornam-se susceptíveis ao *bitter pit* e a outros distúrbios internos.

Para a cultivar Gala, estudada por Suzuki e Argenta (1994), as amostras concentraram-se nos intervalos de 35 a 45ppm de Ca na polpa fresca, a cultivar Golden Delicious nos intervalos de 20 a 35ppm e a cv. Fuji nos intervalos de 30 a 40ppm.

Com relação ao cálcio ligado, aparentemente, os teores oscilaram pouco durante o armazenamento (Tabela 10). Observou-se uma ligeira oscilação nos teores de Ca ligado em função das diferentes concentrações de O₂ e CO₂ talvez devido à desidratação dos frutos e a realização da análise em amostras diferentes.

TABELA 10 Teores de cálcio ligado à parede celular (mg/100g de MPC) e seus respectivos erros-padrão de maçãs da cv. Royal Gala conservadas em AC e em AR. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos	Meses de Armazenamento					Média
	0	2	4	6	8	
AR	123,465 (1,28)	180,371 (1,35)	158,015 (2,71)	154,00 (2,66)	158,02 (2,61)	158,02
AC - 2/3	123,465 (1,28)	171,226 (1,52)	124,482 (3,02)	121,350 (2,70)	128,680 (4,64)	133,84
AC - 1/1	123,465 (1,28)	153,951 (1,26)	144,297 (0,66)	147,52 (0,19)	148,82 (2,19)	143,61
AC - 1/3	123,465 (1,28)	186,468 (5,05)	155,475 (1,49)	149,62 (5,04)	140,320 (3,05)	151,07
AC - 1/3 + BE	123,465 (1,28)	179,863 (1,23)	153,443 (1,61)	156,11 (0,62)	153,21 (1,24)	153,22
Média	123,465	174,376	147,142	145,72	145,81	

Modificações na parede e outros eventos, como por exemplo alterações na distribuição de Ca na parede durante a maturação, não são completamente estudadas, porém, provavelmente envolvem alterações no grau de esterificação de poliuronídeos e podem envolver a solubilização e talvez remoção de Ca da parede celular (Seymour e Gross, 1996).

Siddiqui e Bangerth (1995b), estudando maçãs da cv. Golden Delicious armazenadas por 20 dias, encontraram teores de Ca na parede celular de 181mg/100g de peso seco, valor este próximo ao do presente trabalho.

Alta proporção do total de Ca^{2+} nos tecidos da planta está localizado na parede celular, resultado da abundância de sítios de ligação para Ca^{2+} na parede celular, bem como ao reduzido transporte de Ca^{2+} através da membrana plasmática (Marschner, 1985).

O Ca funciona como elemento estabilizador das pectinas, evitando, portanto, sua degradação. Isso, entretanto, só ocorre quando o grupo carboxílico do C_6 do ácido galacturônico não está metilado, permitindo, a formação de pectatos de Ca insolúveis. Sendo assim, o grau de metilação passa a ser, dessa forma, um importante parâmetro na verificação do grau de firmeza dos tecidos (Knee, 1973).

4.5.3.2 Açúcares neutros da parede celular

No presente estudo, os açúcares neutros predominantes na PC dos frutos submetidos a diferentes concentrações de O_2 e CO_2 foram arabinose, galactose, xilose e glucose. Conforme figuras 8, 9 e 10, os açúcares neutros se mantêm mais elevados em frutos submetidos a AC sendo que durante o armazenamento a arabinose e galactose apresentam-se em níveis mais elevados.

A predominância da arabinose sobre a glicose no armazenamento, pode ser justificado pelo fato de serem os principais açúcares neutros componentes de pêssegos e nectarinas conforme Gross e Sa

Estudos recentes, relativos a perda de açúcares neutros em solução aquosa de resíduos de açúcares neutros da PC durante o armazenamento, é atribuída à perda de cadeias laterais das pectinas (Fischer et al., 1999).

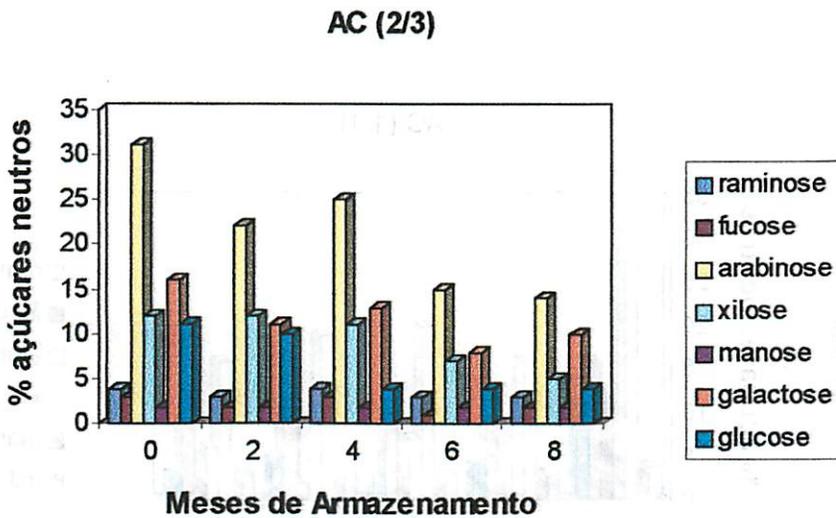
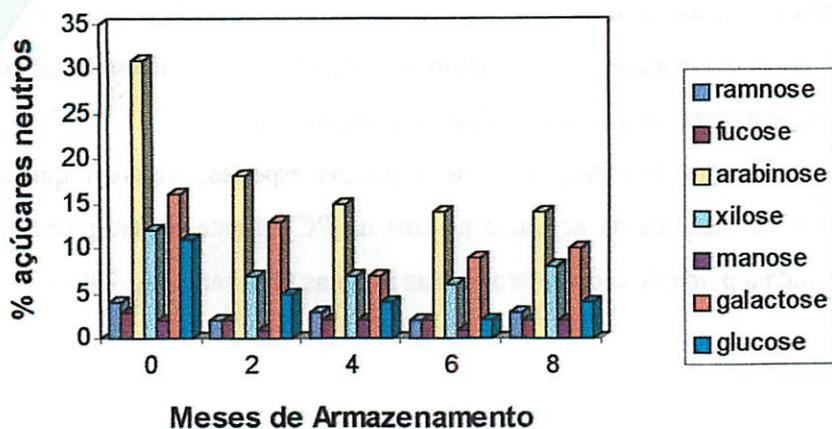


FIGURA 8 Perfil cromatográfico de açúcares neutros da PC (%) do tratamento AC - 2/3, em função do tempo de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

AC (1/3)



AC (1/1)

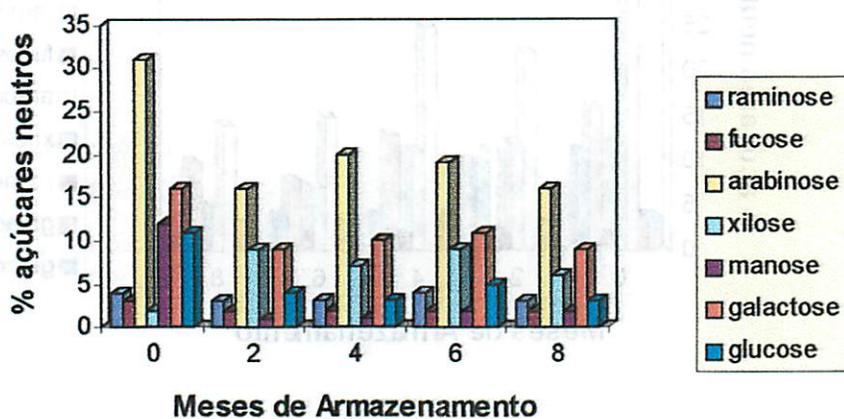
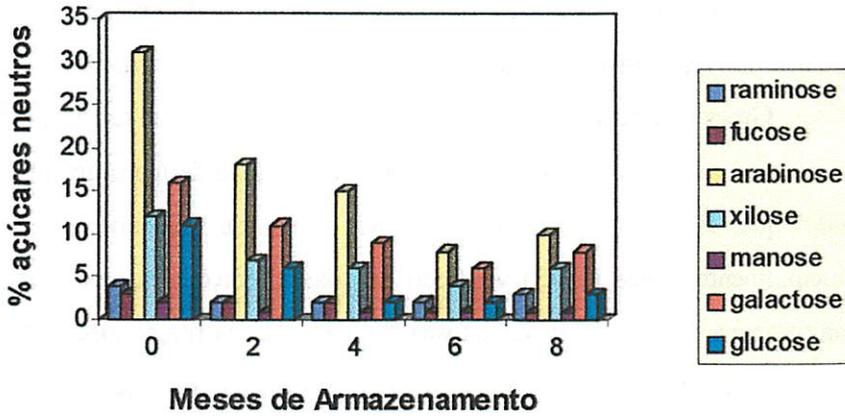


FIGURA 9 Perfil cromatográfico de açúcares neutros da PC (%) dos tratamentos AC - 1/3 e AC - 1/1, em função do tempo de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

AR



AC (1/3 + BE)

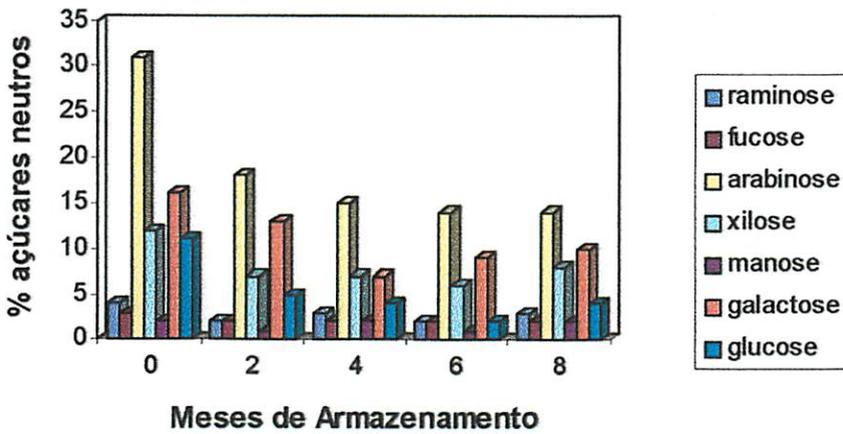


FIGURA 10 Perfil cromatográfico de açúcares neutros da PC (%) dos tratamentos AR e AC - 1/3 + BE, em função do tempo de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

A PME causa parcial desmetilação, para permitir o acesso e ação da PG. Com a desesterificação promovida pela PG tem ocorrido a perda de ramificações laterais de galactose e arabinose das pectinas o que pode explicar, em parte, a perda de tais resíduos durante a maturação (Ahmed e Labavitch, 1980).

Gross e Sams (1984) observaram no amolecimento de tecidos, uma perda de açúcares neutros não celulósicos durante o processo de maturação em maçãs, sendo que Bartley (1976) sugere uma perda de resíduos de galactose, principalmente. Knee (1973) verificou que das alterações que ocorrem na PC, uma delas é a diminuição de galactose e da arabinose na fração insolúvel em água da PC. Knee et al. (1975) explicam que a perda de resíduos de galactose é proveniente da hidrólise de galactanas da PC primária pela ação da β -galactosidase.

Gross e Sams (1984) também encontraram altos níveis de arabinose, xilose e galactose na PC de maçãs, resultado condizente aos encontrados para os frutos da cv. Royal Gala do presente estudo.

5 CONCLUSÕES

Sob as condições experimentais estudadas pode-se concluir que:

- a) O armazenamento em AC prolonga a vida pós-colheita de maçãs 'Royal Gala', reduzindo a perda de acidez e elevação do pH durante o armazenamento, sem afetar as concentrações de SST, AST, ANR, PT e Ca total na polpa da maçã 'Royal Gala'.
- b) As condições de AC retarda a perda de firmeza da polpa de maçãs 'Royal Gala' durante o seu armazenamento, determinando menor solubilização de substâncias pécticas e menor perda líquida de açúcares neutros da PC, principalmente arabinose e galactose, embora este amaciamento da polpa não seja, aparentemente, influenciado pelas enzimas PME e PG.
- c) O armazenamento de maçãs 'Royal Gala' sob AC reduz a incidência de distúrbios fisiológicos, embora a atmosfera AC - 2/3 eleve a incidência de degenerescência e polpa farinácea.
- d) A combinação de 1kPa de O₂ e 3 kPa de CO₂ é a condição de AC que melhor conserva a qualidade da maçã.
- e) A absorção de etileno, em combinação com 1kPa de O₂ e 3 kPa de CO₂ mantém a firmeza da polpa significativamente mais elevada.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELES, F.B. Biosynthesis and mechanism of action of ethylene. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.23, p.259-292, 1972.
- ABREU, C.M.P. Efeito da embalagem de polietileno e da refrigeração no escurecimento interno e composição química durante a maturação do abacaxi cv. *Smooth Cayenne*. Lavras: UFLA, 1995. 94p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- AHMED, A.E.; LABAVITCH, J.M. Cell wall metabolism in ripening fruit. **Plant Physiology**, Washington, v.65, n.5, p.1009-1113, May 1980.
- ALBERSHEIM, P.; NEVINS, D.J.; ENGLISH, P.D.; et al. A method for the analysis of sugars in plant cell wall polysaccharides by gas-liquid chromatography. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v.5, p.340-345, 1967.
- ALVARENGA, L.R.; NOGUEIRA, D.J.P.; SUSUKAWA, Y.; et al. Projeto Fruticultura: Relatório 74/77, Belo Horizonte, 1975, p.266-267.
- ALVARENGA, L.R.; FORTES, J.M. Cultivares de fruteiras de clima temperado. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.124, p.3-11, abr. 1985.
- ANDERSON, R.E. Experimental storage of Eastern grown 'Delicious' apples in various controlled atmospheres. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, East Lansing, v.91, p.810-820, 1967.
- ARGENTA, L.C.; DENARDI, F. Perdas físico-químicas mensais de maçãs 'Gala' e 'Fuji' durante a armazenagem em atmosfera controlada e frio convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.16, n.3, p.111-118, 1994.
- ARGENTA, L.C.; MONDARDO, M. Maturação na colheita e qualidade de maçãs 'Gala' após a armazenagem. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.6, n.2, p.135-140, dez. 1994.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of Official the Analytical Chemists**. 5. ed. Washington, 1990, 2v.

- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114p.
- BANGERTH, F. The function of calcium. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.45, p. 43-47, 1974.
- BANGERTH, F. Calcium-related physiological disorders of plants. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v.17, p.97-122, 1979.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247p.
- BARTLEY, I.M. Changes in the glucans of ripening apples. **Phytochemistry**, Oxford, v.15, p.625-626, 1976.
- BARTLEY, I.M. Exo-polygalacturonase of apple. **Phytochemistry**, Oxford, v.17, n.2, p.213-216, 1978.
- BARTLEY, I.M.; KNEE, M. The chemistry of textural changes in fruit during storage. **Food Chemistry**, Essex, v.9, p.47-58, 1982.
- BENDER, R.J. Frigoconservação convencional e atmosfera controlada de maçãs cv. Gala. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.11, n.1, p.45-50, 1989a.
- BENDER, R.J. Frigoconservação de maçã: a atmosfera controlada. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.2, n.1, p.56-57, mar. 1989b.
- BITTER, T.; MUIR, H.M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v.34, p.330-334, 1962.
- BLANKE, M.M. Respiration of apple and avocado fruits. **Postharvest News and Information**, London, v.2, n.6, p.429-436, 1991.
- BLANKENSHIP, S.M.; UNRATH, C.R. Internal ethylene levels and maturity of 'Delicious' apple destined for Prompt consumption. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v.113, n.1, p.88-91, Jan. 1988.

- BORTOLUZZI, G.** Efeito das temperaturas de armazenamento e condições de atmosfera controlada sobre a qualidade de maçã 'Fuji'. Santa Maria: UFSM, 1997. 93p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia. Área de concentração Produção Vegetal).
- BOURNE, M.C.** Texture of temperature fruits. *Journal of Texture Studies*, Westport, Connecticut, v.10, p.25-44, 1979.
- BRACKMANN, A.** Einfluß von Lagerung unter Kontrollierter Atmosphäre (CA) und Äthylenebehandlungen auf verschiedene Merkmale der Fruchtreif unter besonderer Berücksichtigung der Aromabildung bei Äpfeln. Hohenheim: Universidade de Hohenheim, 1990. 115p. (Tese - Doutorado em Ciências Agrárias).
- BRACKMANN, A.; SAQUET, A.A.** Armazenamento de maçã cv. Gala em atmosfera controlada. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.1, n.2, p.55-60, 1995.
- BRACKMANN, A.; CHITARRA, A.B.** Atmosfera controlada e atmosfera modificada. In: **BOREM, F.M.** (coord.). *Armazenamento e processamento de produtos agrícolas*. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.133-169. (Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas, MG).
- BRADY, C.J.; YOUNG, R.E.** Fruit ripening. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v.38, p.155-178, 1987.
- BROOKFIELD, P.L.; MURPHY, P.; HARKER, F.R.; et al.** Changes in starch concentrations during apple maturation and ripening, and relationship to starch pattern index. In: **CONFERENCE HANDBOOK. PH'96 International Postharvest Science Conference**, Postharvest, Taupo, New Zealand, 1996. **Programme, Abstracts and Information**, New Zealand: ISHS, 1996, p.183.
- BUESCHER, R.W.; FURMANSKI, R.J.** Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches. *Journal of Food Science*, Chicago, v.43, n.1, p.264-266, Jan./Feb. 1978.
- BUKOVAC, M.J.; WITNER, S.H.** Absorption and mobility of foliar applied nutrients. *Plant Physiology*, Washington, v.32, n.5, p.428-435, Feb. 1957.

- CANTILLANO, R.F.F. Efeito da difenilamina e época de colheita no controle de escaldadura em maçãs (*Malus domestica* Borkh), cv. Fuji, frigorificada. Pelotas: UFPEL, 1988. 90p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia).
- CANTILLANO, R.F.F.; CAMELATTO, D.; MEDEIROS, A.R.M.; et al. Efeito do grau de maturação na conservação de maçãs, cv. Golden Delicious. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 6. 1981, Recife. Anais... Recife: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1981. v.3, p.845-56.
- CHEN, P.M.; OLSEN, K.L.; MEHERIUK, M. Effect of low-oxygen atmosphere on storage scald and quality preservation of 'Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, VA, v.110, n.1, p.16-20, Jan. 1985.
- CHILDERS, N.F. *Modern Fruit Science*. Somerville: Somerset Press (6ed), 1975, 976p.
- CHITARRA, M.I.F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In: BOREM, F.M. (coord.). *Armazenamento e processamento de produtos agrícolas*. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.1-58 (Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas, MG).
- CHITARRA, A.B.; LABAVITCH, J.M.; KADER, A.A. Canning-induced fruit softening and cell wall pectin solubilization in the 'Patterson' apricot. *Journal of Food Science*, Chicago, v.54, n.4, p.990-992, 1046, July/Aug. 1989.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.
- DILLEY, D.R. Assessing fruit maturity and technics to delay ripening in storage, *Annual Report of the Michigan State Horticultural Society*, v.110, p.123-146, 1980.
- DISCHE, E. Color reactions of carbohydrates. In: WHISTLER, R.L.; WOLFRAM, M.L. (eds.). *Methods in carbohydrates chemistry*. New York: Academic Press, 1962. v.1, p.477-512.

- DRAKE, S.R. Short-term controlled atmosphere storage improved quality of several apple cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v.118, n.4, p. 486-489, July 1993.
- DRAKE, S.R.; EISELE, T.; WAELTI, H. Controlled atmosphere storage 'Delicious' apples in high and variable carbon dioxide. **Journal of Food Processing and Preservation**, Trumbull, v.17, p. 177-189, May 1993.
- EBERT, A . Distúrbios fisiológicos. In: EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis: EMPASC, 1986. p. 493-520.
- EBERT, A. ; STUKER, H. Comportamento de maçãs da cultivar Golden Delicious em frigoconservação convencional e atmosfera controlada na Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.11, n.1, p.7-15, 1989.
- FAN, X. **Maturity and storage of 'Fuji' apples**. Washington: Washington State University, 1992. 201p. (Thesis - Master of Science in Horticulture).
- FARIA, A.J.B.; CAVALCA, M.M.; FERREIRA, R.C.; et al. Transformações enzimáticas das substâncias pécticas da manga (*Mangifera indica* L.) v. Haden no amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.14, n.2, p.189-201, jul./dez. 1994.
- FERREIRA, D.F. (1999). Informação pessoal.
- FIDLER, J.C.; NORTH, C.J. The respiration of apples in CA storage conditions. **Bulletin de l'Institut International du Froid**, Annexe, 1966-1, p.93-100, 1966.
- FISCHER, M.; ARRIGONI, E.; AMADO, R. Changes in the pectic substances of apples during development and postharvest ripening. Cap.2: Analysis of the pectic fractions. **Carbohydrates Polymers.**, v.25, p.167-175, 1994.
- FORCARTY, W.M.; WARD, O.P. **Microbiol. Prog. Ind. Microbiol.**, v.13, p.59-119, 1975.

- FORTES, G.R.L.; PETRI, J.L. Distúrbios fisiológicos em macieira e seu controle.** Florianópolis: EMPASC/ACARESC, 1982. 34p. Boletim Técnico, 3.
- FREIRE, C.J. S.; CAMELATTO, D.; CANTILLANO, R.F.F.; et al. A cultura da maçã.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 107p. (Coleção Plantar, 19).
- FRY, S.C. The structure and functions of xyloglucan.** *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v.40, n.10, p.1-11, Jan. 1989.
- GOMES, R.P. Fruticultura brasileira.** 7 ed. São Paulo: Nobel, 1981. 446p. A macieira, p.291-300.
- GOODWIN, T.W.; MERCER, E.I. Introduction to plant biochemistry.** Oxford: Pergamon Press, 1986. 677p.
- GROSS, K.C.; SAMS, C.E. Changes in cell wall neutral sugar composition during fruit ripening: a species survey.** *Phytochemistry*, Oxford, v.23, n.11, p.2457-2461, Nov. 1984.
- HARDENBURG, R.E.; WATADA, A.E.; WANG, C.Y. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks.** Washington: U.S.D.A., 1986. 136p. (Agriculture Handbook, 66).
- HARKER, F.R.; HALLET, I.C. Fisiological changes associated with development of mealiness of apple fruit during cool storage.** *HortScience*, Alexandria, VA, v.27, n.12, p.1291-1294, Dec. 1992.
- HOLLAND, N. Conservação pós-colheita de pêssegos (cv. Biuti): interação entre cálcio e temperatura.** Lavras: ESAL, 1993. 116p. (Dissertação-Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- HUBER, D.J. Polyuronide degradation and hemicelulose modifications in ripening tomato fruit.** *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, VA, v.108, n.3, p.405-409, May 1983.
- HULTIN, H.O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterase of the banana: purification and properties.** *Journal of Food Science*, Chicago, v.31, n.3, p.320-327, May/June 1966.

INABA, A. Recent studies on postharvest physiology and technology of horticultural crops in Japan. **Postharvest News and Information**, London, v.4, n.4, p. 101N-104N, 1993.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, Instituto Adolfo Lutz, 1985. v.1, 533p.

JOHNSON, D.S. Controlled atmosphere (CA) storage of apples, p.27. In: International Symposium Effect of Preharvest and postharvest factors on storage of fruit. **Book of Abstracts...**Warsaw, Poland: ISHS, 1997.

JOHNSON, D.S.; Late storage corking - a physiological disorder of cox's orange pippin apples stored in ultra-low oxygen conditions. In: **PROCEEDING OF THE WORKSHOP ON POME-FRUIT-QUALITY**, 1984, Bonn. **Anais...** Bonn, Universitat Bonn, 1984, p.287.

JONES, J.B.; ISAAC, R.A. Comparative elemental analysis of plant tissue by spark emission and atomic absorption spectroscopy. **Agronomy Journal**, Madison, v.61, p.393-394, 1969.

KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruit and vegetables. **Food Technology**, Chicago, p.99-104, 1986.

KADER, A.A. Mode of action of oxygen and carbon dioxide on postharvest physiology of 'Bartlett' pears. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.258, p.161-167, 1989.

KADER, A.A. Advances in controlled atmosphere applications for quality maintenance of fresh fruits. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 1998, Poços de Caldas. **Conferências...** Lavras: UFLA, 1998. p. 136-145.

KAWAMATA, S. Studies on sugar component for fruits by gas-liquid chromatography. **Bulletin Tokio Agricultural Experiment Station**, Tokyo, n.10, p.53-63, 1977.

- KE, D.; RODRIGUEZ-SINOBAS, L.; KADER, A.A. Physiology and prediction of fruit tolerance to low-oxygen atmospheres. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v.116, n.2, p.253-260, Mar. 1991.
- KILILI, A.W.; BEHBOUDIAN, M.H.; MILLS, T.M. Postharvest performance of 'Braeburn' apples in relation to withholding of irrigation at different stages of the growing season. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.71, p.693-701, 1996.
- KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C.; et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1997. 163p.
- KNEE, M. Polysaccharide changes in cell wall of ripening apples. **Phytochemistry**, Oxford, v.12, n.3, p.1543-1549, July 1973.
- KNEE, M. Metabolism of polymethylgalacturonate in apple fruit cortical tissue during ripening. **Phytochemistry**, Oxford, v.17, p.1261-1264, 1978.
- KNEE, M. Ethylene and polygalacturonase - what else is involved in cell separation in ripening fruit?. In: OSBORNE, D.J.; JACKSON, M.B. **Cell separation in plants**. Berlin: NATO ASI Series, 1989. p.144-154. (Series H: Cell Biology, 35).
- KNEE, M.; FIELDING, A.H.; ARCHER, S.A.; et al. **Phytochemistry**, Oxford, v.14, p.2213, 1975.
- KNEE, M.; HATFIELD, S.G.S.; SMITH, S.M. Evaluation of various of maturity for harvest of apple fruit intended for long-term storage. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.64, p.403-411, 1989.
- KNEE, M.; SHARPLES R.O. The influence of controlled atmosphere storage on the ripening of apples in relation to quality. In: GOODENOUGH, P.W.; ATKIN, R.J. **Quality in storage and processed vegetables and fruit**. London: Academic Press, 1981. p.341-352.
- KNEE, M.; SMITH, S.M. Variation in quality of apple fruits stored after harvest on different dates. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.64, n.4, p.413-419, July 1989.

- KRAMER, A. Fruits and vegetables. In: KRAMER, A.; TWIGG, B.A. **Quality control for the food industry**. Connecticut: Avi, 1973. v.2, p.157-227.
- LABAVITCH, J.M. Cell wall turnover in plant development. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.32, p.385-406, 1981.
- 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, VA, v.110, n.4, p.541-547, July 1985.
- LAU, O.L., Harvest indices, dessert quality, and storability of 'Jonagold' apple in air and controlled atmosphere storage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v.113, n.4, p.564-69, July 1988.
- LAU, O.L. Fruit calcium and quality of apples: the British Columbia perspective. IN: ANNUAL WASHINGTON TREE FRUIT POSTHARVEST CONFERENCE, 9, 1993, Wenatchee, (USA). **Proceedings...** Wenatchee, 1993. p.34-36.
- LAU, O.L.; LIU, Y.; YANG, S.F. Effects of fruit detachment on ethylene biosynthesis and less of flesh firmness, skin color, and starch in ripening 'Golden Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.111, n.5, p.731-734, Sept. 1986.
- LIANG, Y.; WANG, M.; YI, W. The role of polygalacturonase (PG) in the ripening of apple fruits. **Acta Botany Sin**, v.24, p.143-146, 1982.
- LIDSTER, P.D.; FORSYTH, F.R.; LIGHTFOOT, H.J. Low oxygen and carbon dioxide atmospheres for storage of 'McIntosh' apples. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.60, p.299-301, 1980.
- LIDSTER, P.D., McRAE, K.B., SANFORD, K. Responses of 'McIntosh' apples to low oxygen storage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v.106, n.2, p.159-162, Mar. 1981.
- LIMA, L.C.O. **Tecido esponjoso em manga 'Tommy Atkins': transformações químicas e bioquímicas no mesocarpo durante o armazenamento**. Lavras: UFLA, 1997. 148p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos).

- LITTLE, C.R.; PEGGIE, I.D. Storage injury of pome fruit caused by stress levels of oxygen, carbon dioxide, temperature, and ethylene. **HortScience**, Alexandria, VA, v.22, n.5, p.783-790, Oct. 1987.
- LIU, F.W. Varietal and maturity differences of apples in response to ethylene in controlled atmosphere storage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v. 102, n.1, p.93-95, Jan. 1977.
- LIU, F.W., TURK, J.R., SAMELSON, D. et al. Low ethylene C.A. storage of 'McIntosh' apples in a semicommercial sized room. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 21, n.3, p.480-484, June 1986.
- LUNARDI, R.; BRACKMANN, A.; WACLAWOVSKY, A.J. Armazenamento em atmosfera controlada de maçãs cv. Gala. In: JORNADA INTEGRADA DE PESQUISA, EXTENSÃO E ENSINO, 4. 1997, Santa Maria. **Resumos...** Santa Maria: UFSM, 1997. p.738.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 253p.
- MARKOVIC, O.; HEINRICHOVÁ, K.; LENKEY, B. Pectolytic enzymes from banana. **Collection Czechoslovak Chemistry Community**, London, v.40, p.769-774, 1975.
- MARSCHNER, H. **Plant nutrition**. Universitat Hohenheim, 1985. 649p.
- MARTENS, M.; BAARDSETH, P. Sensory quality. In: WEICHMANN, J. (ed.) **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. Cap. 21, p.427-454.
- MASSEY, J.K.; SANFORD, L.M. Harvesting, storing and handling processing apples. In: Downing, D.L. (ed.). **Processed apple products**. New York: Nostrand Reinhold, 1989. p.31-51.
- McCREADY, P.M.; McCOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, Washington, v.24, n.12, p.1586-1588, 1952.

- MEHERIUK, M. CA storage of apples. In: **CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE**, 5., 1989, Wenatchee (USA). 1989, v.2, p.257-284.
- MEHERIUK, M. Controlled atmosphere storage of apples.: a survey. **Postharvest News and Information**, v.1, n.2, p.119-121, 1990.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**, Bern: International Potash Institute, 1982. 655p.
- MOHSENIN, N.N. **Physical proprieties of plant and animal materials**. New York. Gordon and Breach Science, 1970, 110p.
- NELSON, N.A. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.135, p.375, 1944.
- ÖTLES, S. The sugar composition of apples (*Malus sylvester* var. domestica). **Rijksuniversiteit Gent, Bornova**, v.57, n.1, p.51-54, 1992.
- PERCY, A.E.; MELTON, L.D.; JAMESON, P.E. Xyloglucan and hemicelluloses in the cell wall during apple fruit development and ripening. **Plant Science**, Amsterdam, v.125, n.1, p.31-39, June 1997.
- PERRING, M.A. The effects of environment and cultural practices on calcium concentration in the apples fruit. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.10, p.279-293, 1979.
- PLOCHARSKI, W.J.; KONOPACKA, D. Relation between mechanical and sensory parameters of apples and pears. In: **International Symposium on Effect of Preharvest and postharvest factors on storage of fruit**, 1997, Warsaw, Poland. Abstracts... Poland: SKIERNIEWICE, 1997. p.4.
- POOVAIAH, B.W. Role of calcium and calmodulin in plant growth and development. **HortScience**, Alexandria, VA, v.20, n.3, p.347-351, June 1985.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Solubilization of cell wall by tomato polygalacturonase: role of pectinesterase. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v.6, n.1, p.57-74, Sept. 1982.

- PURVIS, A.C. Effects of short-term CA storage on cell wall polysaccharides during subsequent ripening of peaches. In: **INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE**, 6., 1993, Ithaca, New York. **Proceedings...** Ithaca, New York, 1993. v.1, p.418-424.
- RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S.P. Activity of pectin esterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Washington, v.44, n.12, p.1717-1723, Dec. 1969.
- RHODES, M.J.C. The climateric and ripening of fruit. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. v.1, p.521-533.
- RHODES, M.J.C. The maturation and ripening of fruits. In: THIMANN, K. **Senescence in plants**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1980. p.157-205.
- RICARDO, C.P.P. Aspectos da fisiologia do cálcio nas plantas. **Garcia de Orta**, Lisboa, v.10, n.1-2, p.65-76, Feb. 1983.
- SALUNKHE, D.K.; BOLIN, H.R.; REDDY, N.R. **Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables**. Boca Raton: CRC Press, 1991. 323p.
- 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: UFSM, 1997. 105p. (Tese - Mestrado em Agronomia. Área de concentração Produção Vegetal).
- SASS, P.; LAKNER, Z. The effect of picking time, growing area, and duration of cold storage on quality changes and storage losses at different apple varieties in Hungary. In: **CONFERENCE HANDBOOK. PH'96 International Postharvest Science Conference, Postharvest, Taupo, New Zealand, 1996. Programme, Abstracts and Information**, New Zeland: ISHS, 1996. p.113.
- SCHOUTEN, S.P. ULO, ethyleen en Kwaliteit. **Fruitteelt**, Wageningen, v.78, n.1, p.20-22, 1988.
- SELVEDRAN, R.R.; O'NEIL, M.A. Isolation and analysis of cell wall from plant material. **Methods of biochemical analysis**, New York, v.32, p.25-153, 1987.

- SEYMOUR, G.B.; GROSS, K.C. Cell wall disassembly and fruit softening. *Postharvest News and Information*, London, v.7, n.3, p.45N-52N, 1996 .
- SIDDIQUI, S.; BANGERTH, F. Studies on cell wall mediated changes during storage of calcium-infiltrated apples. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v.326, p.105-113, 1993.
- SIDDIQUI, S.; BANGERTH, F. Differential effect of calcium and strontium on flesh firmness and properties of cell wall in apples. *Journal of Horticultural Science*, Ashford, v.70, n.6, p.949-953, 1995a.
- SIDDIQUI, S.; BANGERTH, F. Effect of preharvest application of calcium on flesh firmness and cell-wall composition of apples-influence of fruit size. *Journal of Horticultural Science*, Ashford, v.70, n.2, p.263-269, Mar. 1995b.
- SKRZYNSKI, J. The effect of harvest date on apple quality. *Acta Horticulturae*, Wageningen , v.368, p.566-569, 1994.
- STOW, J.R. Effects of rate of storage conditions and ethylene removal on the storage performance of 'Cox's Orange Pippin' apples. *Scientia Horticulturae*, v.28, p.369-378, 1986.
- STOW, J.R. The effects of high carbon dioxide pre-treatments and ethylene removal on the storage performance of apples cv. Cox's Orange Pippin. *Scientia Horticulturae*, v.35, p.89-97, 1988.
- STREIF, J. Jod-Stärke-Test zur Beurteilung der Fruchtreife bei Äpfeln. *Obst und Garten*, Stuttgart, n.8, 1984.p.14.
- SUZUKI, A.; ARGENTA, L.C. Teores minerais na polpa de maçã das cvs. Gala, Golden Delicious e Fuji. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v.16, n.1, p.92-104, mar.1994.
- TIJSKENS, L.M.M.; VAN SCHAİK, A.C.R.; HERTOĞ, M.L.A.T.; et al. Modelling the firmness of 'Elstar' apples during storage and transport. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EFFECT OF PREHARVEST AND POSTHARVEST FACTORS ON STORAGE OF FRUIT**, 1997. Warsaw, Poland, 1997. **Abstracts...** Warsaw: SKIERNIEWICE, 1997. p.2.

- TRANI, P.E. **Nutrição mineral e adubação da macieira (*Pyrus malus* L.)**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 43p.
- TRECCANI, C.P.; DE STANCHINA, G. **Physiological disorders of fruits**. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n.138, p.65, 1983.
- TU, K.; VERSTREKEN, E.; NICOLAÏ, B.; et al. **Relative humidity effects on apple texture under simulated shelf life conditions in relation to cell structure changes**. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EFFECT OF PREHARVEST AND POSTHARVEST FACTORS ON STORAGE OF FRUIT**, 1997. Warsaw, Poland, 1997. **Abstracts...** Warsaw: SKIERNIEWICE, 1997a. p.41.
- TU, K.; WALDRON, K.; INGHAM, L.; et al. **Effect of picking time and storage conditions on 'Cox's Orange Pippin' apple texture in relation to cell wall changes**. *Journal of Horticultural Science*, Ashford, v.72, n.6, p.971-980, 1997b.
- TUGWELL, B.; CHVYL, L. **Storage recommendations for new varieties**. *Pome Fruit Australia*. p. 4-5, May 1995.
- TUKER, G.A. **Introduction**. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. 454p.
- ULRICH, R. **Organic acids**. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. v.1, p.89-118.
- USHIROZAWA, K. **Cultura da maçã: a experiência catarinense**. Florianópolis: EMPASC, 1978. 253p. Traduzido por Chusaburo sumi, Shu Otani e Mário Akutsu.
- VAN-PETERSEN, O. **Calcium nutrition of apple trees: a review**. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.12, p.1-9, 1980.
- VILAS BOAS, E.V.B. **Modificações pós-colheita de banana 'Prata' (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana* Grupo AAB) γ -Irradiada**. Lavras: UFLA, 1995. 73p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).

- VILAS BOAS, E.V.B. **Maturação pós-colheita de híbridos de tomate heterozigotos no loco alcobaça**. Lavras: UFLA, 1998. 105p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- WADE, N.L.; SATYAN, S.H. Increase in low molecular size uronic acid in ripening banana fruit. **Journal of the Science of Food Agriculture**, London, v.63, n.2, p.257-259, June 1993.
- WATKINS, C.B.; BOWEN, J.H.; WALKER, V.J. Assessment of ethylene production by apple cultivars in relation to commercial harvest dates, **New Zealand of Crop and Horticultural Science**, v.17, p.327-331, 1989.
- WHITING, G.C. Sugars. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruit and their products**. London: Academic Press, 1970. v.1, p.1-31.
- WIERSUM, L.K. Calcium content of fruit and storage tissues in relation to the mode of water supply. **Acta Botanica, Neerlandica**, v.15, p.406-418, 1966.
- WILLS, R.H.; LEE, T.H.; GRAHAM, D. et al. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. London: Granada, 1981. 162p.
- YAHIA, E.H.; LIU, T.E. LAU, O.L. et al. Odor-active voláteis in McIntosh apples stored in simulated low-ethylene controlled Atmosphere. In: **Controlled Atmosphere for storage and transport of perishable agricultural commodities-Nat. Contr. Atm. Res. Conf.**, 4, 1985. North Carolina. **Proceedings...** North Carolina: State University, 1985, v.1, p.70-81.

ANEXO

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Análises de variância das variáveis diâmetro transversal ($\varnothing T$) e longitudinal ($\varnothing L$), massa, acidez total titulável (ATT) e pH, de maçãs cv. Royal Gala conservadas por oito meses em diferentes condições de AC e AR. Lavras, UFLA, MG, 1999.....	91
TABELA 2A	Análises de variância das variáveis sólidos solúveis totais (SST), açúcares solúveis totais (AST), açúcares não redutores (ANR), açúcares redutores (AR) e firmeza (FIRM), de maçãs cv. Royal Gala conservadas por oito meses em diferentes condições de AC e AR. Lavras, UFLA, MG, 1999.....	91
TABELA 3A	Análises de variância das variáveis pectina total e solúvel (PT e PS) e cálcio total (CaT), de maçãs cv. Royal Gala conservadas por oito meses em diferentes condições de AC e AR. Lavras, UFLA, MG, 1999.....	92
TABELA 4A	Diâmetro transversal (cm), de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O ₂ e CO ₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.....	92
TABELA 5A	Diâmetro longitudinal (cm), de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O ₂ e CO ₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.....	93
TABELA 6A	Massa (g), de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O ₂ e CO ₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.....	93

TABELA 7A	Sólidos solúveis totais (%),de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O ₂ e CO ₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.....	94
TABELA 8A	Açúcares solúveis totais (% glucose),de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O ₂ e CO ₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.....	94
TABELA 9A	Sacarose (%), de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O ₂ e CO ₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.....	95
TABELA 10A	Pectina total (mg de ác. galac./100g polpa), de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O ₂ e CO ₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.....	95
TABELA 11A	Cálcio total (ppm), de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O ₂ e CO ₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.....	96

TABELA 1A Análises de variância das variáveis diâmetro transversal ($\emptyset T$) e longitudinal ($\emptyset L$), massa, acidez total titulável (ATT) e pH, de magãs cv. Royal Gala conservadas por oito meses em diferentes condições de AC e AR. Lavras, UFLA, MG, 1999.

FV	GL	$\emptyset T$	$\emptyset L$	Massa	ATT	pH
Trat	4	0,02679	0,01568	60,93384	0,01287*	0,14194*
Res (a)	10	0,01985	0,00968	37,82141	0,00159	0,00662
Tempo	4	0,42045*	0,03959*	342,08612*	0,04118*	0,33192*
Trat x Tempo	16	0,01976	0,00925	28,42186	0,00692*	0,03146*
Res (b)	40	0,01679	0,01173	41,85392	0,00280	0,00428
cv (a) %	-	2,52	1,57	5,49	12,96	2,06
cv (b) %	-	2,32	1,72	5,78	17,21	1,65
Média	-	5,59	6,28	111,96	0,31	3,95

TABELA 2A Análises de variância das variáveis sólidos solúveis totais (SST), açúcares solúveis totais (AST), açúcares não redutores (ANR), açúcares redutores (AR) e firmeza (FIRM), de magãs cv. Royal Gala conservadas por oito meses em diferentes condições de AC e AR. Lavras, UFLA, MG, 1999.

FV	GL	SST	AST	ANR	AR	FIRM
Trat	4	0,07653	0,63595	0,45512	0,19740	127,76144*
Res (a)	10	0,15547	0,30250	0,30009	0,14427	7,10182
Tempo	4	2,65220*	21,77654*	3,61463*	10,13067*	1551,3551*
Trat x Tempo	16	0,03645	0,98672	0,65320	0,50885*	59,963*
Res (b)	40	0,12130	0,57787	0,50544	0,13003	3,98550
cv (a) %	-	3,70	4,73	11,65	5,68	3,72
cv (b) %	-	3,27	6,53	15,12	5,39	2,79
Média	-	10,64	11,63	4,70	6,68	71,52

*, significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F.

TABELA 3A Análises de variância das variáveis pectina total e solúvel (PT e PS) e cálcio total na polpa (CaT), de maçãs cv. Royal Gala conservadas por oito meses em diferentes condições de AC e AR. Lavras, UFLA, MG, 1999.

FV	GL	PT	PS	CaT
Trat	4	14336,793*	2136,0524*	44,58016
Res (a)	10	2245,2188	6,62802	39,05847
Tempo	4	25977,474*	1147,90211*	1074,44349*
Trat x Tempo	16	2064,0653	385,167*	24,62596
Res (b)	40	1983,56702	11,05411	33,28222
cv (a) %	-	7,62	6,88	10,12
cv (b) %	-	7,16	8,88	9,34
Média	-	621,94	37,41	61,70

*, significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F.

TABELA 4A Diâmetro transversal (cm), de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O₂ e CO₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos	0 meses	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses	Média
AR	5,85 a	5,64 a	5,60 a	5,45 a	5,27 a	5,56
AC - 2/3	5,85 a	5,56 a	5,69 a	5,36 a	5,55 a	5,60
AC - 1/1	5,85 a	5,52 a	5,50 a	5,37 a	5,46 a	5,54
AC - 1/3	5,85 a	5,64 a	5,71 a	5,48 a	5,55 a	5,65
AC - 1/3+BE	5,85 a	5,68 a	5,42 a	5,33 a	5,57 a	5,57
Média	5,85	5,61	5,58	5,40	5,48	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 5A Diâmetro longitudinal (cm), de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O₂ e CO₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos	0 meses	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses	Média
AR	6,35 a	6,35 a	6,33 a	6,22 a	6,07 a	6.26
AC - 2/3	6,35 a	6,33 a	6,27 a	6,30 a	6,30 a	6.31
AC - 1/1	6,35 a	6,21 a	6,24 a	6,18 a	6,21 a	6.24
AC - 1/3	6,35 a	6,28 a	6,37 a	6,28 a	6,30 a	6,32
AC - 1/3+BE	6,35 a	6,33 a	6,26 a	6,19 a	6,24 a	6,27
Média	6,35	6,30	6,29	6,23	6,22	

TABELA 6A Massa (g), de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O₂ e CO₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos	0 meses	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses	Média
AR	119,31 a	115,10 a	114,11 a	109,67 a	99,41 a	111,52
AC - 2/3	119,31 a	113,47 a	111,26 a	110,18 a	110,55 a	112,95
AC - 1/1	119,31 a	108,33 a	107,41 a	104,07 a	106,03 a	109,03
AC - 1/3	119,31 a	113,22 a	116,18 a	114,04 a	109,77 a	114,50
AC - 1/3+BE	119,31 a	116,46 a	107,55 a	107,43 a	108,22 a	111,79
Média	119,31	113,32	111,24	109,08	106,80	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 7A Sólidos solúveis totais (%), de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O₂ e CO₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos	0 meses	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses	Média
AR	10,10 a	10,50 a	11,16 a	11,13 a	10,93 a	10,76
AC - 2/3	10,10 a	10,43 a	11,13 a	10,90 a	10,33 a	10,58
AC - 1/1	10,10 a	10,33 a	11,06 a	10,93 a	10,66 a	10,62
AC - 1/3	10,10 a	10,40 a	11,20 a	10,86 a	10,53 a	10,62
AC - 1/3+BE	10,10 a	10,46 a	11,26 a	10,86 a	10,46 a	10,63
Média	10,10	10,42	11,16	10,94	10,58	

TABELA 8A Açúcares solúveis totais (% glucose), de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O₂ e CO₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos	0 meses	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses	Média
AR	8,94 a	7,40 a	7,54 a	8,99 a	9,57 a	8,49
AC - 2/3	8,94 a	7,47 a	7,71 a	9,25 a	9,76 a	8,63
AC - 1/1	8,94 a	7,14 a	7,23 a	9,06 a	9,62 a	8,80
AC - 1/3	8,94 a	7,69 a	8,67 a	8,61 a	9,99 a	8,78
AC - 1/3+BE	8,94 a	7,44 a	8,02 a	10,07 a	9,98 a	8,87
Média	8,94	7,43	8,23	8,90	9,77	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 9A Sacarose (%), de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O₂ e CO₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos	0 meses	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses	Média
AR	1,95 a	1,68 a	1,51 a	1,85 a	2,18 a	1,84
AC - 2/3	1,95 a	1,79 a	1,56 a	1,96 a	1,94 a	1,84
AC - 1/1	1,95 a	1,94 a	1,89 a	1,90 a	2,13 a	1,96
AC - 1/3	1,95 a	1,87 a	2,04 a	1,69 a	2,40 a	1,99
AC - 1/3+BE	1,95 a	1,63 a	1,42 a	2,26 a	2,27 a	1,93
Média	1,95	1,79	1,68	1,93	2,21	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 10A Pectina total (mg ác. galac/100g polpa), de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O₂ e CO₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos	0 meses	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses	Média
AR	580,31 a	654,96 a	619,22 a	618,17 a	709,07 a	636,35
AC - 2/3	580,31 a	690,13 a	647,40 a	576,03 a	672,77 a	633,33
AC - 1/1	580,31 a	724,96 a	692,64 a	627,81 a	673,67 a	659,88
AC - 1/3	580,31 a	629,15 a	571,79 a	555,39 a	628,70 a	593,07
AC - 1/3+BE	580,31 a	609,49 a	571,58 a	528,27 a	645,90 a	587,11
Média	580,31	661,74	620,53	581,13	666,02	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 11A Cálcio total (ppm), de maçãs da cv. Royal Gala em função das concentrações de O₂ e CO₂ e do período de armazenamento. Lavras, UFLA, MG, 1999.

Tratamentos	0 meses	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses	Média
AR	60,50 a	62,80 a	51,82 a	70,98 a	75,65 a	64,35
AC - 2/3	60,50 a	59,07 a	50,47 a	65,15 a	71,49 a	61,34
AC - 1/1	60,50 a	57,35 a	49,45 a	62,73 a	68,80 a	59,77
AC - 1/3	60,50 a	58,78 a	46,23 a	63,20 a	78,93 a	61,53
AC - 1/3+BE	60,50 a	65,66 a	51,14 a	60,99 a	72,31 a	62,12
Média	60,50	60,73	49,82	64,61	73,44	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.