



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO SOBRE  
A QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE DIFERENTES  
CULTIVARES DE MAÇÃ**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ANA CECILIA SILVEIRA GÓMEZ**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2005**

**INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO SOBRE  
A QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE DIFERENTES  
CULTIVARES DE MAÇÃ**

---

por

**Ana Cecilia Silveira Gómez**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Qualidade de Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.**

**Orientador: Auri Brackmann**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2005**

**Silveira Gómez, Ana Cecília, 1977-**

**S587i**

**Influência das condições de conservação sobre a qualidade pós-colheita de diferentes cultivares de maçã / por Ana Cecília Silveira Gómez ; orientador Auri Brackmann. Santa Maria, 2005**

79 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, RS, 2005.

1. Tecnologia de alimentos 2. Maçã Fuji 3. Mutantes de Fuji 4. Armazenamento 5. Atmosfera controlada 6. Qualidade I. Brackmann, Auri, orient. II. Título

CDU: 664.85

Ficha catalográfica elaborada por  
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

---

© 2005

Todos os direitos autorais reservados a Ana Cecília Silveira Gómez. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser com autorização por escrito do autor.

Endereço: Garzón, n. 780, Montevideo, Uruguay, C. P 12300

Fone (0598) 23551108; Fax (0598) 23551108; End. Eletr: [acsilver@fagro.edu.uy](mailto:acsilver@fagro.edu.uy)

---

Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO SOBRE A  
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE DIFERENTES CULTIVARES DE  
MAÇÃ**

elaborada por  
**Ana Cecília Silveira Gómez**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Auri Brackmann, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

---

**Lia Regiane Silveira Reiniger, Dr. (UFSM)**

---

**Leila Picolli Da Silva, Dr. (UFSM)**

**Santa Maria, 16 de dezembro de 2005**

## **Agradecimentos**

Quero agradecer especialmente aos meus pais, Luis Maria e Silvia, a minha irmã Alicia e ao meu noivo Richard pelo amor, força e, principalmente, por acreditar em todos meus empreendimentos por mais inverossímeis que eles pareçam;

Aos meus tios, primos e avós, pelo apoio e por estarem sempre presentes de alguma forma, na minha vida;

Aos colegas de trabalho que se transformaram em grandes amigos, Cláudia e Sérgio, sempre presentes nas certezas e nas dúvidas;

Aos colegas de NPP com quem sempre pude contar;

Aos colegas de mestrado, pelos bons momentos dentro e fora das aulas;

À Adair, Angélica, Pedro, Regiane, André, Junior e Mariana pela amizade e, principalmente, por me fazerem sentir-me em casa;

Aos amigos Maria, Daniel, Mariel, Natalia, Sâmara e Mateo;

Ao meu amigo e colega de trabalho Pedro, pela força à distância e pelos seus bons conselhos;

Aos amigos e colegas de trabalho das disciplinas de Horticultura, Fitopatologia, Fruticultura e Microbiologia da Facultad de Agronomía de Montevideo;

Aos bons amigos que sempre torcem por mim fazendo suas as minhas alegrias e tristezas;

À Fernanda, pelo apoio, apesar das diferenças de opinião que aprendemos a respeitar;

Ao Giovanni, pela força e pela ajuda na realização do trabalho experimental;

Ao professor Auri Brackmann pela orientação;

À professora Neidi Garcia Penna pela sua ajuda incondicional;

À professora Leila Picolli da Silva pela ajuda na determinação dos açúcares e pelo fornecimento dos reagentes;

E a todos aqueles que participaram direta ou indiretamente na realização deste trabalho, “muchas gracias”.

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos  
Universidade Federal de Santa Maria

### INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO SOBRE A QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE DIFERENTES CULTIVARES DE MAÇÃ

AUTORA: ANA CECILIA SILVEIRA GÓMEZ

ORIENTADOR: AURI BRACKMANN

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 16 de dezembro de 2005.

O presente trabalho teve como objetivo identificar as melhores condições de conservação, em relação à temperatura e composição da atmosfera, de armazenamento que permitam a manutenção da qualidade das maçãs das cultivares Fuji, Fuji Suprema e Fuji Kiku. Os tratamentos avaliados foram: armazenamento a  $-0,5^{\circ}\text{C}$  sem modificação da atmosfera (AR); 1kPa de  $\text{O}_2 + <0,5\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$  a  $+0,5^{\circ}\text{C}$ ; 0,8kPa de  $\text{O}_2 + <0,5\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$  a  $-0,5^{\circ}\text{C}$ ; 1,2kPa de  $\text{O}_2 + <0,5\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$  a  $-0,5^{\circ}\text{C}$ ; 1kPa de  $\text{O}_2 + 2\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$  a  $-0,5^{\circ}\text{C}$ . O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente causalizado, com 4 repetições sendo que cada unidade experimental constava de 23 frutos. Após 8 meses de armazenamento refrigerado, e 7 dias de exposição dos frutos à temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ , foram avaliadas a firmeza da polpa; sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT); polifenóis totais; frutos com podridões e distúrbios fisiológicos; produção de etileno e respiração. No momento de colheita, além das variáveis anteriores, foram medidas a cor da epiderme; açúcares redutores; antocianinas totais e vitamina C. A 'Fuji Suprema' apresentou os maiores valores de antocianinas totais e maior valor do parâmetro  $a^*$  da cor, diferenciando-se estatisticamente das outras, enquanto que a cultivar Fuji Kiku mostrou os maiores valores de firmeza da polpa, SST, AT e vitamina C. De acordo com os resultados obtidos após o período de conservação e vida de prateleira, os tratamentos de 1,2kPa de  $\text{O}_2 + < 0,5\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$ , e 1kPa de  $\text{O}_2 + 2\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$  apresentarão os maiores valores em firmeza da polpa em Fuji. Enquanto que os tratamentos de AC permitiram manter a firmeza nas outras cultivares. Não houveram diferenças nos tratamentos de atmosfera controlada (AC), para as variáveis SST mas estes tratamentos permitiram manter a AT. O tratamento de 1kPa de  $\text{O}_2 + 2\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$ , determinou uma menor respiração e produção de etileno nas diferentes cultivares. A cultivar Fuji e sua mutante Fuji Kiku apresentaram susceptibilidade a altos níveis de  $\text{CO}_2$  (2kPa) manifestando uma maior incidência de degenerescência da polpa. Os polifenóis totais mantiveram-se elevados e inclusive aumentaram em alguns dos tratamentos de AC. Não houve diferenças entre as temperaturas de  $-0,5$  e  $+ 0,5$ , em relação a qualidade, no tratamento de 1kPa de  $\text{O}_2 + < 0,5\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$  em nenhuma das cultivares.

**Palavras-chave:** maçã 'Fuji', mutantes de 'Fuji', armazenamento, atmosfera controlada, qualidade.

## ***Abstract***

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos  
Universidade Federal de Santa Maria

### **INFLUENCE OF STORAGE CONDITION IN THE QUALITY OF DIFFERENTS APPLES CULTIVARS**

**AUTHOR: ANA CECILIA SILVEIRA GÓMEZ**

**ADVAISER : AURI BRACKMANN**

**Date and Place of Presentation: Santa Maria, december 16<sup>th</sup>, 2005.**

This work was conducted to identified the best conditions of conservation (temperature and atmosphere composition) for apples cultivars Fuji, Fuji Suprema and Fuji Kiku. The experiment consited of the following treatments: storage at  $-0,5^{\circ}\text{C}$  without atmosphere modification (RA);  $1\text{kPa}$  of  $\text{O}_2 + <0,5\text{kPa}$  of  $\text{CO}_2$  at  $+0,5^{\circ}\text{C}$ ;  $0,8\text{kPa}$  of  $\text{O}_2 + <0,5\text{kPa}$  of  $\text{CO}_2$  at  $-0,5^{\circ}\text{C}$ ;  $1,2\text{kPa}$  of  $\text{O}_2 + <0,5\text{kPa}$  of  $\text{CO}_2$  at  $-0,5^{\circ}\text{C}$ ;  $1\text{kPa}$  of  $\text{O}_2 + 2\text{kPa}$  of  $\text{CO}_2$  at  $-0,5^{\circ}\text{C}$ . The experimental arragment was completely radomized with 4 replicates of 23 fruits. Fruit quality was evaluated after 8 months of cold storage and after 7 days of shelf life at  $20^{\circ}\text{C}$ . After 8 months of cold storage, and 7 days of shelf life at  $20^{\circ}\text{C}$ , the fruit firmness, solids soluble concentration (SSC); tritable acidity (TA); totals polyphenols; fruits with diseases and physiological disorders; respiration and ethylene production were evaluated. At harvest the colour of the skin; reductor sugars; anthocyanins and vitamine C were evaluated moreover the variables listed before. The Fuji Suprema cv. had maximum value of anthocyanins and parameter  $a^*$  of colour measurment. The Fuji Kiku cultivar showed the higher levels of firmness, SST, AT and vitamine C. Before the cold storage and shelf life period, the treatments  $1,2\text{kPa}$  of  $\text{O}_2 + < 0,5\text{kPa}$  of  $\text{CO}_2$ , and  $1\text{kPa}$  of  $\text{O}_2 + 2\text{kPa}$  of  $\text{CO}_2$  showed the best results in relation of the quality especially in deleyed softening in Fuji. The CA treatments preserved the firmness in the other cultivars. SST were no afetected by the AC treatments while AT were preserved in this storage conditions. The  $1\text{kPa}$  of  $\text{O}_2 + 2\text{kPa}$  of  $\text{CO}_2$  showed the lowest values of respiration and ethylene production. The Fuji cultivar and their mutant Fuji Kiku were sensible to the higher levels of  $\text{CO}_2$  ( $2\text{kPa}$ ), evidencied for the most incidens of internal breakdow. The total polyphenols stained high and increase in some CA treatment for all the cultivars. No difference between  $-0,5$  and  $+ 0,5^{\circ}\text{C}$ , of temperature in relation of the quality, in the  $1\text{kPa}$  of  $\text{O}_2 + < 0,5\text{kPa}$  of  $\text{CO}_2$  for any of the cultivars evaluated were found.

**Key words:** ‘Fuji’ apple, ‘Fuji’ mutants, storage, controlled atmosphere, quality.

## **RESÚMEN**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos  
Universidade Federal de Santa Maria

### **INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DE CONSERVACIÓN SOBRE LA CALIDAD POSCOSECHA DE DIFERENTES CULTIVARES DE MANZANA**

AUTORA: ANA CECILIA SILVEIRA GÓMEZ

ORIENTADOR: AURI BRACKMANN

Fecha y Lugar de Defensa: Santa Maria, 16 de diciembre de 2005.

El presente trabajo fue realizado con el objetivo de identificar las mejores condiciones de conservación - en relación a temperatura y composición de la atmósfera de almacenamiento-, que permitan mantener la calidad en manzanas de las variedades Fuji, Fuji Suprema y Fuji Kiku. Fueron evaluados los siguientes tratamientos: a  $-0,5^{\circ}\text{C}$  sin modificación de la atmósfera (AR); 1kPa de  $\text{O}_2 + <0,5\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$  a  $+0,5^{\circ}\text{C}$ ; 0,8kPa de  $\text{O}_2 + <0,5\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$  a  $-0,5^{\circ}\text{C}$ ; 1,2kPa de  $\text{O}_2 + <0,5\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$  a  $-0,5^{\circ}\text{C}$ ; 1kPa de  $\text{O}_2 + 2\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$  a  $-0,5^{\circ}\text{C}$ . El diseño experimental utilizado fue de tipo bifactorial (3x6), completamente al azar con 4 repeticiones de 23 frutos cada una. Luego de 8 meses de almacenamiento refrigerado y de 7 días de exposición de los frutos a  $20^{\circ}\text{C}$ , se midió la firmeza de la pulpa; sólidos solubles totales (SST); acidez titulable; polifenoles totales; frutos con podredumbres y desórdenes fisiológicos; respiración y producción de etileno. Al momento de la cosecha, además de las variables anteriores, fueron medidas el color de la epidermis; azúcares reductores; antocianinas totales y vitamina C. La variedad Fuji Suprema presentó los mayores valores de antocianinas totales y del parámetro  $a^*$  del color, diferenciándose estadísticamente de los otros dos, no obstante la variedad Fuji Kiku mostró los mayores valores de firmeza de pulpa, SST, AT y vitamina C. De acuerdo a los resultados obtenidos, luego del período de conservación y vida de mostrador, los tratamientos de 1,2kPa de  $\text{O}_2 + < 0,5\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$ , e 1kPa de  $\text{O}_2 + 2\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$ , presentaron los mejores resultados en relación con la firmeza de la pulpa, en 'Fuji'. Los tratamientos de AC mantuvieron la firmeza en las otras cultivares. La variable SST no fue afectada por los tratamientos de AC en tanto que la AT fue mantenida en estas condiciones. El tratamiento de 1kPa de  $\text{O}_2 + 2\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$ , determinó una menor respiración y producción de etileno en las diferentes variedades. 'Fuji' y 'Fuji Kiku' demostraron ser sensibles a los altos niveles de  $\text{CO}_2$  (2kPa), lo que quedó de manifiesto al observarse una mayor incidencia de decaimiento interno. Los polifenoles totales se mantuvieron elevados e inclusive aumentaron en alguno de los diferentes tratamientos de AC en las diferentes variedades a la salida del almacenamiento y en vida de mostrador. No fueron encontradas diferencias, en relación a la calida, entre las temperaturas de  $-0,5$  y  $+0,5$  para el tratamiento de 1kPa de  $\text{O}_2 + < 0,5\text{kPa}$  de  $\text{CO}_2$  en ninguna de las variedades estudiadas.

**Palabras clave:** manzana 'Fuji', mutantes de 'Fuji', almacenamiento, atmósfera controlada, calidad.

## SUMÁRIO

<b>1-INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2-REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	11
<b>2.1-Maturação</b> .....	11
<b>2.2-Respiração, transpiração e produção de etileno</b> .....	12
<b>2.3-Atributos de qualidade modificados durante o processo de maturação</b> .....	14
<b>2.3.1-Firmeza da polpa</b> .....	14
<b>2.3.2-Conteúdo de açúcares e ácidos</b> .....	16
<b>2.3.3-Mudanças na cor da epiderme</b> .....	18
<b>2.3.4-Componentes do flavor</b> .....	19
<b>2.3.5-Compostos fenólicos e vitamina C</b> .....	20
<b>2.4-Podridões</b> .....	23
<b>2.4.1-Podridão azul</b> .....	23
<b>2.4.2-Podridões causadas por <i>Botrytis cinérea</i></b> .....	24
<b>2.4.3-Podridão amarga</b> .....	24
<b>2.4.4-Podridão preta</b> .....	24
<b>2.4.5-Podridões causadas por <i>Mucor</i> sp.e <i>Rhizopus</i> sp</b> .....	25
<b>2.4.6-Podridões causadas por <i>Alternaria</i> sp</b> .....	25
<b>2.5-Distúrbios fisiológicos</b> .....	25
<b>2.5.1-“Bitter pit”</b> .....	26
<b>2.5.2-Degenerescência da polpa</b> .....	27
<b>2.5.3-Degenerescência senescente</b> .....	28
<b>2.5.4-Pingo de mel</b> .....	28
<b>2.6-Tecnologia pós-colheita</b> .....	29
<b>2.6.1-Modificação da atmosfera de armazenamento</b> .....	30
<b>2.6.2-Atmosfera controlada</b> .....	30
<b>2.6.3-Atmosfera modificada</b> .....	31
<b>2.7-Armazenamento de maçãs Fuji</b> .....	33

# 1 INTRODUÇÃO

O cultivo da macieira (*Malus domestica*, Borkh.) pertencente à família das Rosaceae, é originário da Ásia e começou sua exploração comercialmente no Brasil, na década de 60. O mercado mundial de maçã fresca é de 59 milhões de toneladas, 90% desse total são colhidos no hemisfério norte. Os maiores produtores mundiais são a China (40%) – cresceu três vezes em menos de cinco anos- seguida por Estados Unidos, França, Itália, Turquia e Alemanha (FAO, 2003). Dentro do MERCOSUL, a Argentina ocupa o primeiro lugar na produção, sendo também, o maior produtor do hemisfério sul. Segundo dados da FAO, a produção aproximada da Argentina em 2003 foi de 1,12 milhões de toneladas. No Uruguay, a produção total em 2004 foi de 77 mil toneladas (DIEA-MGAP, 2005). Enquanto que segundo o IBGE, a produção no Brasil em 2004 esteve entorno de 977 mil toneladas, sendo que desse total, Santa Catarina participa com 585 mil toneladas (59,6%), o Rio Grande do Sul, com 353 mil toneladas (36,1%), o Paraná com 39 mil toneladas (4,1%) e São Paulo com 1.875 toneladas (0,2%). Assim, em 2004, a produção brasileira de maçã superou as 968 mil toneladas colhidas em 2000, considerada até então, uma supersafra (IBGE *apud* ABPM, 2004). No Brasil, grande parte dessa produção é armazenada, o que garante a oferta no período de entressafra. A capacidade total de estocagem do país, segundo dados da ABPM (2003), era de 620 mil toneladas, sendo que 43,9% correspondiam à câmaras convencionais e 56,1% à atmosfera controlada.

A cultivar Fuji é originária do Japão, resultante de um cruzamento entre ‘Red Delicious’ e ‘Ralls Janet’ em 1963. Esta cultivar têm boa produtividade, com frutos com um peso médio de 238g, pouco atraentes, de cor vermelho pálido estriado. É uma das variedades cultivadas mais importantes exploradas comercialmente, representando aproximadamente 45% da produção total do Brasil. O expressivo incremento na sua produção nos últimos anos deve-se principalmente, à tendência do mercado que prefere as maçãs estriadas em detrimento das lisas. Neste grupo é que se inserem a cultivar Fuji e suas mutantes Fuji Suprema e Kiku. Estas cultivares impuseram-se no mercado por suas características organolépticas como textura, alto conteúdo de suco e flavor. A alta potencialidade de armazenamento que apresenta a cultivar Fuji, sem que aconteçam perdas apreciáveis de qualidade, é outro dos fatores chave que têm feito aumentar a área cultivada. Essa potencialidade de armazenamento, aumenta ao utilizar-se atmosfera controlada, o que permite

estendê-lo por até nove meses, possibilitando assim, a obtenção de maiores rendimentos econômicos com sua comercialização, uma vez que nesta época a disponibilidade da maçã ‘Gala’ no comércio é restrita. Porém, as condições inadequadas de armazenamento, determinam uma redução acentuada do conteúdo de ácidos e o desenvolvimento de distúrbios fisiológicos. Os distúrbios fisiológicos são alterações de origem não patogênica decorrentes de modificações no metabolismo normal da fruta ou da integridade estrutural de seus tecidos. Essas alterações são traduzidas pela perda de qualidade, sendo caracterizados principalmente por modificações no sabor e aparência, que determinam uma baixa qualidade do produto e a sua menor aceitação no mercado. O grau de sensibilidade aos distúrbios fisiológicos está relacionado com a espécie, cultivar, práticas culturais, ponto de maturação na colheita e condições de armazenamento. As condições de armazenamento relacionam-se a elevada umidade relativa, altas pressões parciais de CO<sub>2</sub> ou baixas pressões parciais de O<sub>2</sub>.

As cultivares Fuji Suprema e Fuji Kiku são mutações da cultivar Fuji que foram selecionadas por apresentarem variações espontâneas da coloração da epiderme para maior intensidade do vermelho, que tornam seus frutos mais atraentes. A cultivar Fuji Kiku é uma mutação natural descoberta no Japão na década de 90. Os frutos de 280g em média, têm uma coloração vermelha escura mais intensa que os frutos da maçã ‘Fuji’, estriados em toda a superfície inclusive no lado sombreado. A cultivar Fuji Suprema é outra das mutações naturais descoberta em 1986 no município de Curitibanos (Santa Catarina). O que a distingue é sua coloração vermelho-sólida que cobre mais de 80 % da superfície. Aos trinta dias após a plena floração, a epiderme dos frutos está uniformemente coberta de vermelho-escuro sem estrias, sobre fundo esverdeado, mesmo naqueles frutos localizados nas áreas sombreadas da planta.

Por tratar-se de variedades cultivadas que estão em produção há relativamente pouco tempo, não se tem muita informação ao respeito do seu comportamento durante o armazenamento prolongado. Assim, o objetivo do presente trabalho foi o de avaliar a qualidade pós-colheita das cultivares Fuji, Fuji Suprema e Fuji Kiku conservadas em atmosfera controlada, o que implica em identificar as melhores condições de conservação em relação à temperatura e composição da atmosfera de armazenamento, que permitam a manutenção da qualidade.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Maturação

A maturação é um processo normal na vida dos frutos, que acontece quando seu desenvolvimento completo é atingido, o que pode ocorrer, independentemente ou não, da planta mãe. Uma das características importantes observadas, é que, após a maturação, não há mais aumento no tamanho do fruto (Chitarra & Chitarra, 1990).

Segundo Chitarra & Chitarra (1990), a maturação é a etapa intermediária entre o final do desenvolvimento e o início da senescência, sendo um processo normal e irreversível, caracterizado por uma série de mudanças na cor, flavor e textura principalmente; porém, pode ser retardada com meios adequados. Já, amadurecimento é o processo pelo qual a planta, ou parte dela, são transformadas em produtos capazes de satisfazerem os pré-requisitos dos consumidores.

Mudanças significativas são detectadas na maçã, durante o processo de maturação. Dentre estas, estão a acumulação de açúcares, alterações na composição e estrutura das paredes celulares, diminuição no conteúdo de ácidos orgânicos e alguns aminoácidos. Também ocorrem mudanças na cor com degradação da clorofila e surgimento de outros pigmentos como os antocianicos, além da diminuição de polifenóis e nitrogênio antes de alcançar os maiores níveis de açúcares e degradação do amido (Blanco *et al.*, 1992, *apud* Alonso-Salces *et al.*, 2004). Além disso, diversos compostos voláteis são produzidos, muitos deles responsáveis pelos sabores e aromas típicos dos frutos (Ryall & Pentzer, 1993).

## 2.2 Respiração, transpiração e produção de etileno

A colheita separa o fruto da sua fonte de água e alimentos. Portanto, este evento é o ponto crítico em que cessam as entradas metabólicas. A partir desse momento, o fruto que continua vivo, deve manter seu metabolismo às expensas das suas próprias reservas, o que leva irremediavelmente a sua deterioração (Guarinoni, 2000).

Os fenômenos de respiração e transpiração são evidências muito fortes de que os frutos continuam vivos após a colheita. Nesta atividade vital desenvolvida por eles, surgem uma série de mudanças como: a perda de textura, variações na cor, no sabor e no aroma, consequência das reações bioquímicas desenvolvidas neste período (Artés, 2000). A respiração define-se como o processo em que as moléculas orgânicas, armazenadas no fruto, são oxidadas nas mitocôndrias das células para obtenção da energia necessária para a manutenção do metabolismo celular. Estes processos anabólicos, requerem tanto energia, como esqueletos de carbono para a construção de novas moléculas. Para a obtenção de energia, consome-se  $O_2$  e libera-se  $CO_2$  (Ryall & Pentzer, 1993). Os dois principais substratos empregados na respiração são os açúcares e os ácidos orgânicos. Esta energia é armazenada na forma de ATP (Wills *et al.*, 1984). Se o  $O_2$  disponível não é suficiente, ocorre uma fermentação ou respiração anaeróbica com formação de aldeídos e álcoois que determinam odores e sabores indesejáveis (Ryall & Pentzer, 1993).

A atividade respiratória é influenciada, pelo menos em parte, pela composição do fruto completamente formado e pelas alterações químicas que ocorrem durante a fase da maturação. As substâncias que possivelmente tomam parte ativa nestas alterações são as proteínas, glicosídeos, lipídeos, ácidos orgânicos, vitaminas, minerais e alguns componentes específicos da parede celular como hemicelulose e pectinas (Chitarra & Chitarra, 1990). A respiração resulta em alterações desses constituintes, que podem tornar-se altamente indesejáveis sob o ponto de vista da qualidade, principalmente pela perda do frescor, que provoca a rejeição dos consumidores (Kader, 2002). Em condições não controladas, estas mudanças podem levar rapidamente à senescência, e os tecidos tornam-se muito suscetíveis ao ataque de microrganismos e à perda de umidade. Assim, a respiração passa a ser o fator chave a ser controlado para obtenção de condições adequadas de armazenamento dos produtos perecíveis (Chitarra & Chitarra, 1990).

Parte da energia produzida na respiração, perde-se em forma de calor, constituindo o calor vital. Este calor vital é de fundamental importância na tecnologia de pós-colheita e deve ser levado em conta no momento de estimar as necessidades de refrigeração e ventilação no armazenamento (Kader, 2002). A taxa de deterioração ou a perecibilidade dos produtos, é geralmente proporcional à sua taxa de respiração, que constitui um índice da sua atividade fisiológica e de seu potencial de armazenamento (Salunkhe *et al.*, 1991). Desta forma, a respiração de maçãs, na colheita, é frequentemente considerada um índice para estimar a velocidade de senescência e o potencial de armazenamento dos frutos (Phan, 1975).

A transpiração ocorre pela passagem de vapor d' água do fruto ao ambiente circundante. Esta perda de água depende, fundamentalmente, da temperatura do fruto, da umidade relativa do ambiente e das barreiras naturais ou artificiais como características da epiderme, quantidade e composição das ceras que o fruto possui para impedir o fluxo de água. Ela é a maior responsável pela perda de peso dos frutos (Guarinoni, 2000). Segundo Wills *et al.* (1984), a transpiração pode ser diminuída, reduzindo-se o déficit de pressão de vapor de água entre o interior do fruto e o ar circundante, o que pode ser feito, baixando a temperatura do ar, aumentando sua umidade relativa, criando uma barreira à passagem do vapor para fora dos frutos ou combinando estas técnicas.

O etileno é o composto orgânico mais simples que afeta os processos fisiológicos das plantas. É um produto do seu metabolismo, produzido por todos os tecidos e por alguns microrganismos (Kader, 2002). Como é um fitormônio, regula muitos aspectos do crescimento, desenvolvimento e senescência, incluindo a indução do climatério respiratório (Chitarra & Chitarra, 1990). Quantidades muito baixas, menores de  $0,1\mu\text{L}^{-1}$  são capazes de desencadear os processos bioquímicos e fisiológicos em frutos e vegetais (Salunkhe *et al.*, 1991). Para sua síntese, o aminoácido metionina é convertido a S-adenosilmetionina (SAM), que é o precursor do ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), e este o precursor imediato do etileno. A enzima ACC sintetase que converte a SAM em ACC, é o ponto mais importante de controle da biossíntese do etileno. A conversão de ACC a etileno é mediada pela ACC oxidase. Tanto a síntese como a atividade destas enzimas são influenciadas por fatores genéticos e condições ambientais como, temperatura e concentrações de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$  (Kader, 2002).

## 2.3 Atributos de qualidade modificados durante o processo de maturação

### 2.3.1 Firmeza da polpa

O amadurecimento dos frutos é um processo complexo, que envolve a ação coordenada de muitas vias metabólicas. Entre estes processos, ocorre um extensivo amolecimento da polpa que influencia a textura dos frutos. Por um lado, se os frutos não amolecerem adequadamente não serão aceitos pelos consumidores, porém, se eles amolecerem de forma prematura, sofrerão excessivamente durante a manipulação e o armazenamento, determinando assim consideráveis perdas por microrganismos patogênicos, o que limita a sua vida de prateleira (Labavitch, 1988).

A firmeza dos frutos está determinada, em grande parte, por dois aspectos da biologia das células individuais. O primeiro deles é o turgor das células, determinado pela pressão interna de água. O segundo, é a integridade da parede celular (Huber, 1983a; Labavitch, 1988). Nos frutos climatéricos, como é o caso da maçã, estas trocas são coordenadas pelo etileno, que estimula a degradação do amido, a síntese de compostos responsáveis pela qualidade organoléptica e o amolecimento. As mudanças na textura dos frutos, que determinam o amolecimento, possam limitar a vida pós-colheita. Mesmo que as mudanças na textura e no amolecimento possam ser provocadas pela redução na pressão de turgor e pela degradação do amido, alguns autores (Tucker, 1993) consideram que são as modificações na estrutura da parede celular que provocam os maiores efeitos.

A parede celular das plantas, forma o esqueleto que suporta as células individuais e também atua como uma barreira física, que as protege, permitindo ao mesmo tempo a comunicação entre células vizinhas (Labavitch, 1988). Os polissacarídeos encontrados nas paredes celulares dos frutos, contêm ao menos sete diferentes tipos de açúcares neutros e dois tipos de açúcares ácidos. Estes monômeros que seriam como uma espécie de “tijolos”, estão organizados em três classes diferentes de compostos. Os primeiros são as pectinas, que são polissacarídeos ácidos, que formam uma parte importante da parede celular e são os principais constituintes da lamela média das células cuja função principal é a de cimentar as células (Albersheim *et al.*, 1960 e Jona & Foa, 1977; *apud* Labavitch, 1988). O ácido galacturônico é o principal composto das pectinas, junto com açúcares neutros como ramnose, arabinose e galactose. Os polímeros de hemicelulose

são o outro componente que é formado, principalmente, por glicose, xilose e por outros açúcares presentes em menores quantidades. A outra classe de polissacarídeos, é a celulose composta por glicanos de celulose, que formam uma espécie de microfibras, que dão a estrutura à parede celular.

Em maçãs, estudos realizados por Knee & Bartley (1981), encontraram principalmente celulose e pectina, com pouca quantidade de hemicelulose e de extensina. As mudanças composicionais durante o amadurecimento estão restritas aos polímeros de pectinas e não existem evidências de mudanças na celulose e hemicelulose (Bartley, 1976 *apud* Labavitch, 1988).

As substâncias pécticas são os principais componentes químicos dos tecidos, responsáveis pelas mudanças de textura dos frutos e hortaliças. Quimicamente, as pectinas correspondem a uma cadeia linear de ácidos poligalacturônicos, unidas por ligações  $\alpha$  1-4 de ácido galacturônico, onde os grupos carboxílicos podem estar, parcialmente, esterificados com metanol. São encontradas em diferentes formas caracterizadas por diferentes solubilidades. A protopectina é uma forma insolúvel em água, que por hidrólise parcial, produz ácidos pectínicos (esterificados com grupos metílicos) ou ácidos pécticos (sem esterificação), também chamados pectinas solúveis. Quando os grupos carboxílicos ácidos encontram-se ligados ao cálcio, formam o pectato de cálcio insolúvel ou protopectina, predominante nos tecidos dos frutos imaturos (Chitarra & Chitarra, 1990).

Estudos mais profundos mostram, que as substâncias pécticas, consistem de dois polímeros separados, a ramnogalacturona e a homogalacturona que estão metil esterificadas em 70%. A ramnogalacturona constitui a parede primária e contém cadeias laterais de galactose e arabinose, enquanto que a homogalacturona forma a lamela média (Knee, 1993). As cadeias laterais de galactose da ramnogalacturona, se perdem quando se dispara a produção de etileno no momento em que as maçãs são retiradas das árvores ou em armazenamento com baixo  $O_2$  (Knee, 1993). A homogalacturona é solubilizada durante o amadurecimento. As análises de viscosidade e sedimentação das pectinas solúveis e de cimentação, não revelam maiores mudanças no seu grau de esterificação durante o amadurecimento dos frutos (Knee, 1993). Se a homogalacturona e a ramnogalacturona estão unidas na parede celular, o amadurecimento deve envolver enzimas que permitam dividi-las em fragmentos de alto peso molecular. Existem evidências físico-químicas do aumento da mobilidade dos grupos carboxila das pectinas na parede celular dos frutos durante

o amadurecimento (Irwin *et al.*, 1984; *apud* Knee, 1993), indicando, que existem mudanças na estrutura dos poligalacturonatos.

Os processos enzimáticos, que estão envolvidos na modificação da textura, são a despolimerização ou encurtamento no comprimento da cadeia do polímero, pela ação das enzimas poligalacturonase e a desesterificação ou remoção de grupos metílicos ou acetilo pelas enzimas pectinametilesterases (Chitarra & Chitarra, 1990). Com o amadurecimento há liberação do cálcio e solubilização da protopectina das paredes celulares, possivelmente, pela ação de uma enzima, a protopectinase. A remoção dos íons de cálcio promove a separação celular e a solubilização da homolagacturona (Knee, 1993).

Durante a maturação dos frutos, aparecem na parede celular, fragmentos de pectinas de baixo peso molecular, ocorrendo então, modificações da textura que torna a polpa gradualmente macia. Essas transformações ocorrem, não só durante o amadurecimento, como também no armazenamento (Arpaia *et al.*, 1987; Huber & Lee, 1988). Muitos estudos, têm demonstrado, que quando acontece o amolecimento dos tecidos em relação ao aumento de fragmentos de pectinas de baixo peso molecular, uma grande proporção dessa pectina permanece sem alterações (Huber, 1983b; Dick & Labavitch, 1989). Esses resultados suportam duas questões importantes, como o fato de que a perda de integridade dos tecidos (manifestada como perda de firmeza) ocorre quando se observa uma pequena digestão dos componentes da parede celular, e, que existem alguns aspectos relacionados à estrutura da parede que limitam a hidrólise das pectinas. No processo de hidrólise participam as enzimas poligalacturonase e a pectinametilesterase.

A clara relação entre a firmeza da polpa e o grau de maturação do produto justifica o uso deste parâmetro, como índice de colheita, ou, para monitorar a maturação dos produtos durante o armazenamento (Abbot *et al.*, 1992; DeEll *et al.*, 2001).

### **2.3.2 Conteúdo de açúcares e ácidos**

O conteúdo total de carboidratos nos frutos varia entre 2% a 30% (Salunkhe *et al.*, 1991). Os carboidratos têm a função de reserva energética das células dos frutos (Chitarra & Chitarra,

1990). São transportados, durante o desenvolvimento da maçã, como sorbitol e convertidos principalmente, em amido e frutose, sendo também produzida pouca quantidade de glicose e sacarose (Berüter, 1985). O amido é o principal representante dos carboidratos na maçã, sendo que seu índice, determinado através da reação com solução de iodo (Mitcham & Mitchell, 2002), é um parâmetro adequado para determinação do ponto ótimo de colheita (Tomala, 1999). Organiza-se em pequenos grânulos, de estrutura característica, inicialmente no citoplasma, mas depois, passam a ocupar a maior parte do volume celular (Salunkhe *et al.*, 1991). Parte do sorbitol, permanece durante a vida do fruto e, pode até aumentar, se os frutos são armazenados na temperatura de 0°C, causando alterações do produto (Fidler & North, 1968). A hidrólise do amido, geralmente, começa no último estágio do crescimento do fruto um pouco antes do climatério, que contribui para o aumento dos açúcares livres (Berüter, 1985; Knee *et al.*, 1987). Após, a sacarose é hidrolisada para formar mais glicose e frutose. Além desses açúcares, estão presentes em menores proporções a xilose, arabinose, galactose, manose e ramnose, compostos de natureza não celulósicos, constituintes da parede celular, que contribuem na qualidade sensorial e nutricional tanto dos frutos como do suco de maçã (Fuleki *et al.*, 1994).

Os ácidos orgânicos encontram-se dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre, como combinada com sais, ésteres, glicosídeos, etc, constituindo-se numa importante fonte de energia durante o processo de maturação através de sua oxidação no ciclo de Krebs (Chitarra & Chitarra, 1990; Wills, *et al.*, 1984). Em frutos, não só contribuem para a acidez, como também para o aroma característico, pelo fato de alguns componentes serem voláteis. O teor de ácidos orgânicos, com poucas exceções, diminui durante a maturação em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares (Chitarra & Chitarra, 1990). O conteúdo de ácidos e açúcares nos frutos, apresenta grandes variações entre as cultivares, e também pode variar significativamente, em função de porta-enxertos, adubação e época de colheita. O ácido orgânico predominante é o ácido málico, porém, muitas maçãs, contêm apreciáveis quantidades de ácido cítrico (Ulrich, 1970). O ácido málico é metabolizado muito mais rapidamente que os outros, caindo em 50% durante a maturação, sendo portanto, o principal substrato da respiração (Fidler & North, 1967).

### 2.3.3 Mudanças na cor da epiderme

A cor dos frutos é determinada pela presença de determinados pigmentos em sua epiderme, como clorofilas, carotenóides e antocianinas (Chitarra & Chitarra, 1990). Estes pigmentos estão presentes, na maioria dos frutos em quantidades diferentes, havendo a predominância de algum deles o que determina, a cor característica. Os pigmentos presentes em maçãs são a clorofila, as antocianinas e os carotenóides. A coloração vermelha deve-se ao conteúdo de antocianinas, que são polifenóis localizados no vacúolo das células da epiderme, sintetizados antes da colheita, na presença da luz (Awad, 1993). Segundo Timberlake (1981), a antocianina mais importante na maçã é a idaeina (cianidina-3-galactosidase).

Outros fatores, além da presença de luz, são necessários para a síntese de antocianinas. Reay (1999) considera que para que o acúmulo de antocianinas aconteça, devem ocorrer noites frias, seguidas de dias quentes, além da incidência da luz na epiderme dos frutos. A coloração dos frutos é afetada pelos diferentes nutrientes, especialmente, pelo nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio (Lysiak & Pacholak, 1994). Altos níveis de nitrogênio aumentam a coloração verde de maçãs e outros frutos, além de poder afetar a qualidade dos mesmos durante o armazenamento (Meheriuk, 1989; Motosugi *et al.*, 1995). Fidler (1973) concluiu que níveis adequados de potássio são necessários para desenvolver a coloração vermelha, sendo isto também comprovado por Nielsen & Scienza (1998).

A biossíntese de antocianinas na epiderme das maçãs, assim como em outras partes da planta, começa com a conversão da fenilalanina em ácido cinâmico pela enzima fenilamônia-liase (Lancaster, 1992; Van der Meer *et al.*, 1993). Existem evidências da participação da enzima UDP-Galactose:flavonóide-3-o-Glisolitransferase, a UFGalT (Ju *et al.*, 1999b). Esta é a última enzima envolvida na síntese de antocianinas, na epiderme de maçãs e catalisa a reação de transferência de um grupo galactosil à cianidina, tornando-a um pigmento estável na célula (Ju *et al.*, 1995, 1999a). Possivelmente, o efeito da luz sol estimula a expressão do gene que codifica a enzima UFGalT.

O etileno tem um papel indireto nas mudanças de cor dos frutos (Ju *et al.*, 1999a). É bem que a síntese de antocianinas acontece, unicamente, durante o crescimento do mesmo. Porém a

mudança de cor durante o amadurecimento, depende principalmente, do desaparecimento da clorofila 'a' e 'b'. Neste ponto, o etileno tem participação pelo fato de estar envolvido nos processos que desencadeiam a síntese das enzimas responsáveis pela degradação da clorofila (Knee, 1980).

Os pigmentos carotenóides presentes nos frutos estão representados por aqueles típicos dos tecidos das plantas superiores ( $\beta$ -caroteno, luteína, violoxantina, neoxantina e criptoxantina). Os carotenos diminuem durante o amadurecimento, mas as xantofilas, principalmente a luteína e a violoxantina, aumentam consideravelmente (Knee, 1972; e Gross *et al.*, 1978, *apud* Tucker, 1993). A mudança nos pigmentos é um indicativo da passagem dos cloroplastos fotossintéticos a cromoplastos não fotossintéticos.

#### **2.3.4 Componentes do flavor**

Nossa percepção do flavor envolve os sentidos do gosto e do olfato. Basicamente, o ser humano, tem a capacidade de distinguir quatro diferentes gostos: doce, salgado, ácido e amargo. No caso dos frutos, o flavor está determinado principalmente pelo conteúdo de ácidos e açúcares, porém, a adstringência natural de alguns deles, devido ao conteúdo de taninos e compostos fenólicos, também participa nesta percepção, além dos compostos voláteis responsáveis pelos aromas (Tucker, 1993). Segundo Chitarra & Chitarra (1990), o flavor é uma sensação complexa, difícil de ser avaliada em função da grande quantidade de compostos químicos envolvidos. Do mesmo modo que acontece com os outros constituintes, estes compostos mudam no transcurso da maturação dos frutos.

No caso da maçã, o flavor está determinado por uma complexa mistura de compostos orgânicos, muitos deles sintetizados durante o climatério. Dimick & Hoskin (1981) isolaram mais de 300 compostos voláteis de maçãs de natureza diversa. Os ésteres alifáticos simples são os compostos mais abundantes e são em sua maioria derivados de ácidos e álcoois de dois e seis carbonos (Dimick & Hoskin, 1981), além de terpenóides como o linanool, epóxidos e o farnesceno. No caso de frutos senescentes, aparecem quantidades importantes de acetaldeídos,

enquanto que nos frutos imaturos, aparece o hexanal e trans-2-hexanal responsáveis pelo sabor herbáceo característico (Knee, 1993).

### 2.3.5 Compostos fenólicos e vitamina C

Os vegetais possuem algumas centenas de compostos fenólicos (substâncias que apresentam radicais hidroxila ligados a um anel benzênico e, por isso, têm caráter ácido), agrupados em diferentes classes, de acordo com sua estrutura química. Algumas dessas substâncias são responsáveis pela sensação de adstringência dos frutos. Portanto, estão relacionadas com o sabor. Outros são pigmentos e se relacionam com a coloração (Chitarra & Chitarra, 1990).

A qualidade de consumo é uma combinação de atributos que provocam a satisfação dos consumidores. Na eleição inicial, a aparência e a frescura são os atributos mais importantes. Ultimamente, tem-se notado mudanças no comportamento dos consumidores, que têm começado a olhar os alimentos, não só como fonte de energia e nutrientes, mas como fontes de certos componentes minoritários que possuem ações benéficas demonstradas no organismo prevenindo ou aliviando os efeitos de algumas doenças crônicas, como afecções cardiovasculares e alguns tipos de câncer (Block et al., 1992; Cheeseman & Slater, 1993; Halliwell & Gutteridge, 1990 e 1995; Gey, 1995; e Hennekens, 1994, *apud* Franke *et al.*, 2004). O consumo de O<sub>2</sub> inerente à respiração celular, gera uma série de radicais livres que participam do fenômeno de estresse oxidativo e que predis põem ao organismo a estas doenças. O estresse oxidativo, aumenta a formação do radical superóxido, assim como, do peróxido de hidrogênio que podem promover diretamente dano celular. Existe uma quantidade considerável de informações científicas, que mostram os efeitos benéficos dos antioxidantes naturais incluindo, o ácido ascórbico, os polifenóis e o beta caroteno, que funcionam como interceptores dos radicais livres. Tem sido sugerido que o ácido ascórbico atue sinergicamente com o tocoferol. O ácido ascórbico remove os radicais peróxido e inibe a toxicidade induzida pelos oxidantes, também pode prevenir a peroxidação dos lipídios causada pelo peróxido de hidrogênio, assim como, a formação de peroxiguanosina. Também é conhecido, que os polifenóis das plantas, apresentam capacidade

antimutagênica e anticancerígena. As propriedades biológicas destes compostos atribuem-se à sua atividade antioxidante (Gow-Chin *et al.*, 2001).

Em uma pesquisa realizada nos Estados Unidos, 70% dos consumidores afirmam ter aumentado seu consumo de frutas e hortaliças em procura de uma dieta saudável (Brhun, 2002). Os frutos e vegetais têm altos conteúdos de antioxidantes. Estima-se que o ser humano, ao consumir estes produtos, consome de 100mg a 1g deles diariamente (Hollman & Katan, 1999; Pietta, 2000). Dentro destes, encontramos as vitaminas A e C, ligninas, flavonóides e outros compostos fenólicos, assim como, carotenos, carotenóides e outros pigmentos, como as antocianinas (Peterson, 2001).

O composto mais importante dos polifenóis presente na maçã, é o 3-flavanol que aparece tanto na forma monomérica chamada catequina, como em formas poliméricas e oligoméricas chamadas procianidinas. O ácido hidrocínâmico é o outro componente principal, junto com as catequinas, está envolvido na oxidação dos produtos derivados da maçã, quando esta, é processada. Os dihidroalcóoisflavonóis e cianidinas são componentes menores que contribuem na coloração, assim como na atividade antioxidante.

A vitamina C é utilizada como suplemento alimentar por causa da sua capacidade antioxidante, porém, na forma pura e em altas concentrações (500mg), atua como pró-oxidante no corpo humano. Alguns autores encontraram que 100g de maçã fresca apresentam uma atividade antioxidante equivalente a 1.500mg de vitamina C, e esta, é a razão pelo qual, extratos celulares de maçã, inibem o desenvolvimento de células cancerígenas do cólon e do fígado, segundo resultados de experimentos *in vitro* (Eberhardt, *et al.*, 2000).

Segundo Schuphan (1956), Mapson (1970) e Fisher (1999), *apud* Planchon *et al.*, 2004, a maçã contém entre 2-30mg de ácido ascórbico para cada 100g de peso fresco dependendo da cultivar. Esta concentração decresce progressivamente desde a casca até o coração do fruto (Ulrich, 1970; Machlin, 1991) e existem evidências de que a parte vermelha da casca tem maiores conteúdos de ácido ascórbico em comparação com a parte verde (Tavernier & Jacquin, 1946, *apud* Planchon *et al.*, 2004). A vitamina C está presente em duas formas nos frutos de maçã, ácido ascórbico e sua forma oxidada, ácido dehidroascórbico (Davies *et al.*, 1991). O nível total das duas formas permanece constante durante o crescimento das maçãs, mas a relação ácido ascórbico/ácido dehidroascórbico aumenta de 95/5 durante a maturação dos frutos (Mapson,

1970, *apud* Planchon *et al.* 2004 ). A variação no conteúdo de ácido ascórbico, que ocorre em frutos da mesma cultivar em anos diferentes, é muito grande (Trzcinski & Bouckoms, 1973; Trzcinski & Vandermeir, 1974; Delmotte, 1984, *apud* Planchon *et al.* 2004).

Durante a conservação, a perda de ácido ascórbico é influenciada pelas características da cultivar, assim como, pela temperatura e tempo de armazenamento (Mapson, 1970; Delaporte, 1971, *apud* Planchon *et al.* 2004).

Muitos estudos, sobre a composição dos frutos durante o desenvolvimento e a maturação, demonstram que os compostos fenólicos não são exclusivamente dependentes da cultivar e das condições de cultura, mas também, do seu estado de maturação. Os fenóis variam durante o crescimento e o amadurecimento dos frutos. Durante a primeira semana da ontogenia dos frutos, os compostos fenólicos apresentam o maior valor que diminui durante o desenvolvimento até alcançar um mínimo que precede a máxima acumulação de açúcares, a partir deste momento os níveis de polifenóis mantêm-se constantes.

Tanto a vitamina C como os flavonóides são potentes agentes antioxidantes, e sua atividade biológica é, em parte, sinérgica (Isler *et al.*, 1988, *apud* Franke *et al.*, 2004).

Os atributos de qualidade como textura, pH, sólidos solúveis e acidez geralmente, mudam com o tempo, devido ao metabolismo normal dos frutos. Estes atributos são afetados em maior ou menor quantidade, pela modificação da atmosfera em que as maçãs são armazenadas. Semelhante aos compostos fenólicos, as vitaminas e os pigmentos também variam durante a conservação. Mosel & Hermann (1974) *apud* Awad & Jager (2003) reportaram que em maçãs da cultivar Boskoop, a concentração de catequinas, epicatequinas e ácidos fenólicos diminuíram durante o armazenamento. Por outro parte, Kolesnik *et al* (1977), *apud* Awad & Jager (2003) concluíram que a concentração de antocianinas e flavonóides, aumentavam durante o armazenamento refrigerado, enquanto que as catequinas e leucocatequinas diminuíam. Portanto, cada composto fenólico apresenta um comportamento diferente.

## 2.4 Podridões

As podridões de frutos resultam em significativas perdas quantitativas e qualitativas, podendo manifestar-se tanto no campo como em pós-colheita. São muitos os microrganismos de natureza patogênica que podem causar perdas e sua importância varia, de acordo ao tipo de produto, assim como, das condições climáticas. Outros fatores, que também influenciam a ocorrência de podridões, são a presença e virulência do inóculo, características intrínsecas dos frutos como tamanho, firmeza da polpa, composição química, e predisposição genética.

Dentre os microrganismos que causam perdas em produtos frescos, os fungos aparecem em primeiro lugar. As bactérias raramente são problemas em frutos, já que preferem as hortaliças por causa do pH maior. As doenças podem começar no campo, permanecendo em estado latente, manifestando-se durante o armazenamento ou no período de vida de prateleira. As infecções latentes resultam de uma interrupção da infecção após a penetração (Sommer *et al.*, 2002).

Em geral, os propágulos que começam as infecções, são os esporos que germinam no momento em que as condições de temperatura e umidade tornam-se adequadas. Para a germinação dos esporos é necessário o O<sub>2</sub>, por isso o armazenamento em atmosfera controlada ou modificada pode retardar a ocorrência das doenças.

Entre as podridões pós-colheita de maçãs, destacam-se:

### 2.4.1 Podridão azul

Esta doença é causada pelo fungo *Penicillium expansum*. A doença começa como uma lesão de aparência translúcida e mole. O fungo cresce sobre a lesão e esporula na superfície. Em geral este fungo entra por ferimentos na superfície dos frutos, mas pode afetar frutos vizinhos por contato direto no armazenamento. Produz abundantes esporos, que se disseminam facilmente pelo ar. Frequentemente este fungo coloniza a região do pedicelo dos frutos (Jones & Aldwinckle, 1990; Snowdon, 1990; Sommer *et al.*, 2002).

#### **2.4.2 Podridão causada por *Botrytis cinerea***

Este fungo causa uma podridão menos mole que o anterior, com as bordas bem definidas, e uma cor marrom mais ou menos clara, algumas vezes, de cor preta. Este fungo também entra por ferimentos que se produzem, geralmente, no momento da colheita (Salunkhe *et al.*, 1991) e coloniza os pedicelos dos frutos. A infecção acontece durante a floração e evolui, quando os frutos começam a amadurecer porque nesse momento, as mudanças na consistência permitem a entrada do patógeno (Jones & Aldwinckle, 1990; Snowdon, 1990; Sommer *et al.*, 2002).

#### **2.4.3 Podridão amarga**

Esta doença é observada principalmente em regiões frias e úmidas. É causada pelo fungo *Colletotrichum gloesporioides* (forma assexual) e *Glomerella cingulata* (forma sexual). Começa como uma lesão circular de cor marrom clara, que aumenta rapidamente, formando uma depressão. Em condições de elevada umidade, os conídios são produzidos formando uma massa gelatinosa em círculos concêntricos rosas. Quando a lesão envelhece, torna-se de cor marrom escura a preta e cessa a esporulação. Este fungo produz muitas vezes cancrios nos limbos das folhas. Pode crescer saprofiticamente em lesões de outros patógenos e produzir conídios e ascósporos. Em geral, este fungo passa o inverno nos frutos mumificados que ficam nas árvores ou no chão. Pode entrar em frutos imaturos e permanecer neles até a maturação (Jones & Aldwinckle, 1990; Snowdon, 1990; Sommer *et al.*, 2002).

#### **2.4.4 Podridão preta**

A doença é causada pelo fungo *Botryosphaeria* spp. (forma sexual), que infecta os frutos em geral através de ferimentos. No princípio, a área afetada é de cor marrom clara, mas imediatamente torna-se marrom escura a preta. A lesão aparece formando círculos concêntricos, que alternam entre áreas claras e áreas mais escuras. Formam-se picnídios sobre a superfície dos

cancros ou nos frutos mumificados (Jones & Aldwinckle, 1990; Snowdon, 1990; Sommer *et al.*, 2002).

#### **2.4.5 Podridões causadas por *Mucor* sp. e *Rhizopus* sp.**

Aparece amplamente distribuída em maçãs e pêras que crescem em regiões úmidas e manifestam-se no período de pós-colheita. Estes fungos são muito parecidos no que diz respeito a sua morfologia, sendo a principal diferença, as características da podridão que ocasionam. O *Mucor*, produz uma podridão úmida com bordas pouco definidas e seus esporangióforos são maiores e terminam em um único esporângio; enquanto, que o *Rhizopus* produz uma podridão mais mole, com mais de um esporângio. A infecção é formada pelo contato dos frutos com o patógeno que é muito abundante no solo dos pomares ou que permanece nas caixas e locais de armazenamento de uma safra para outra (Jones & Aldwinckle, 1990; Snowdon, 1990; Sommer *et al.*, 2002).

#### **2.4.6 Podridão causada por *Alternaria* sp.**

Este fungo é conhecido como responsável por infecções latentes no campo, e se manifestam no período de pós-colheita. Provoca podridões moles, que podem tornar-se firmes, de cor escura e deprimidas, mas, torna-se possível a visualização da esporulação do fungo. (Jones & Aldwinckle, 1990; Snowdon, 1990; Sommer *et al.*, 2002).

### **2.5 Distúrbios fisiológicos**

Os distúrbios ou desordens fisiológicos referem-se às alterações observadas nos diferentes produtos de origem não patogênica (Salunkhe *et al.*, 1991; Kluge *et al.*, 1997). Resultam tanto de

transformações internas produzidas pela modificação do metabolismo normal do produto, ou da integridade estrutural dos tecidos, como pela ação de condições externas desfavoráveis (Chitarra & Chitarra, 1990). São muitas as desordens que ocorrem em maçãs e, também muito estudadas justamente por causa da sua diversidade (Salunkhe *et al.*, 1991). As causas são diferentes e muitas vezes, não totalmente conhecidas, podendo originar-se no campo ou no armazenamento. No primeiro caso, podem ser decorrentes de deficiências nutricionais ou de fatores climáticos adversos enquanto que armazenadas, podem ser decorrentes de temperatura, umidade relativa ou concentração de gases inadequadas na câmara (Chitarra & Chitarra, 1990). Cada distúrbio tem ocorrência preferencial em determinadas cultivares, além disso, um mesmo distúrbio pode manifestar-se de forma particular em cada uma delas. Em geral, é necessário o armazenamento em temperaturas menores de 5°C para desencadear o processo, sendo que os sintomas são mais evidentes no período de vida de prateleira, quando o produto é colocado a temperaturas superiores (Salunkhe *et al.*, 1991). O principal fator pré-colheita envolvido parece ser a composição mineral dos frutos. Esta foi correlacionada com a incidência de vários distúrbios fisiológicos, como: “bitter pit” (Davison, 1971; Steenkamp & Villiers, 1983; Tomala *et al.*, 1993; Lysiak & Pacholak, 1994), “cork spot” (Shear & Faust, 1972), pingo de mel, degenerescência da polpa (Bangerth *et al.*, 1972; Tomala & Dilley, 1990) e escaldadura (Ferguson *et al.*, 1999). O cálcio, tem sido mais associado que outros nutrientes com estas desordens; principalmente pela sua vinculação à lamela média dos frutos e sua participação em outras vias metabólicas importantes. Porém, existem evidências, de que o boro e o potássio também participariam destes processos (Salunkhe *et al.*, 1991).

Os distúrbios fisiológicos mais freqüentes em maçãs são os seguintes:

### **2.5.1 “Bitter pit”**

Este distúrbio, muito freqüente em maçãs, caracteriza-se por depressões circulares de 1,5 a 3 mm de diâmetro. O distúrbio inicia-se na polpa, no terminal dos feixes vasculares. A necrose observada nas células, resulta da excessiva transpiração seguida por uma ação osmótica entre as

células contendo amido e as células contendo açúcares, que acabam secando e morrendo (Chitarra, 1998). Os sintomas podem ser visíveis no momento da colheita, mas geralmente, aparecem após um mês de armazenamento (Mitcham *et al.*, 2002).

O desenvolvimento do “bitter pit” é favorecido por plantas muito vigorosas, frutos de tamanho grande, excessiva iluminação e baixo conteúdo de cálcio nos tecidos. O esfriamento rápido, alta umidade relativa e banhos com cálcio após da colheita podem evitar ou diminuir o problema (Chitarra, 1998; Mitcham *et al.*, 2002).

### **2.5.2 Degenerescência da polpa**

A degenerescência da polpa caracteriza-se pelo escurecimento de regiões do córtex que não atingem a região carpelar, e, como conseqüência a morte das células desta região. Em muitos casos, o escurecimento da polpa resulta da oxidação dos fenóis pela ação da enzima polifenoloxidase (Mitcham *et al.*, 2002). Em frutos ou células intactas, esta enzima está separada do substrato, mas no momento em que se produzem injúrias, a enzima e o substrato entram em contato ocasionando o escurecimento (Purvism 1993, *apud* Hunsche, 2001). Este distúrbio está associado com baixos níveis de cálcio (Bramagle *et al.*, 1985) e elevado de nitrogênio (Ben & El-Sayed, 1999) e potássio (Wills & Scott, 1981) nos tecidos. Segundo Kader (1986), a degenerescência da polpa em maçãs, ocorre quando os frutos são expostos a concentrações inadequadas de O<sub>2</sub> ou CO<sub>2</sub> durante o armazenamento.

Os frutos grandes, em maturação avançada, temperaturas baixas no final da estação de crescimento e altos níveis de umidade e CO<sub>2</sub> na atmosfera de armazenamento, são fatores que também, favorecem a ocorrência do distúrbio. Em relação ao CO<sub>2</sub>, as cultivares podem variar sua tolerância aos níveis deste gás na faixa de 3 a 5%. O distúrbio não progride após o abaixamento das altas concentrações de CO<sub>2</sub>. A maçã Fuji é muito suscetível a este distúrbio, o que ocasiona grandes perdas durante o armazenamento (Fortes & Petri, 1982).

### 2.5.3 Degenerescência senescente

A desordem, normalmente inicia-se no tecido abaixo da casca e frequentemente, na metade inferior do fruto. Assim que o fruto é removido da câmara frigorífica e exposto a temperaturas mais altas, o distúrbio avança rapidamente estendendo-se para outras regiões do fruto. A casca das cultivares vermelhas fica escurecida, e das cultivares verdes ou amarelas tornam-se amarronzada.

A susceptibilidade à degenerescência senescente é influenciada pelo conteúdo de cálcio e potássio do fruto e pela relação destes nutrientes. É agravada pelo avanço da maturação, resfriamento atrasado, temperatura alta de armazenamento, alta umidade, armazenamento por longo prazo, frutos grandes e presença de pingo de mel (Fortes & Petri, 1982).

### 2.5.4 Pingo de mel

O distúrbio pingo de mel é também conhecido como coração d'água. Os sintomas apresentam regiões de aspecto encharcado no interior da polpa, em regiões próximas aos feixes vasculares. Isto, resulta da inundação dos espaços intercelulares com uma solução rica em sorbitol (Chitarra & Chitarra, 1990; Mitcham *et al.*, 2002). Desenvolve-se em frutos ainda nas árvores, mas tem fundamental importância no período de pós-colheita, pois, predispõe os frutos ao colapso da polpa, limitando o período de armazenamento. Associa-se ao desequilíbrio nos níveis de cálcio, nitrogênio e sorbitol (Chitarra & Chitarra, 1990). Manifesta-se, principalmente, em frutos procedentes de plantas jovens, maturação avançada e crescimento em condições de temperaturas elevadas durante o dia e frias a noite. As cultivares Red Delicious, Fuji e Granny Smith são consideradas suscetíveis ao distúrbio. Retardar o armazenamento refrigerado por um ou dois dias pode reduzir a severidade dos sintomas, permitindo armazenar os frutos em atmosfera regular por um curto período de tempo (Mitcham *et al.*, 2002).

## 2.6 Tecnologia pós-colheita

Na atividade vital, que mantém os frutos no período de pós-colheita, ocorrem uma série de mudanças, devido as reações bioquímicas. Para que estas mudanças aconteçam, é necessário o aporte de energia que os frutos obtêm da respiração, processo de oxidação biológica dos substratos orgânicos. Considerando-se os fatores que controlam a respiração e a transpiração dos vegetais, surgem as ações convenientes para retardá-los bem como, prolongar a vida dos produtos. Aqui aparecem a diminuição da temperatura até níveis que não ocasionem congelamento nem alterações pelo frio e a modificação da atmosfera de armazenamento dos produtos através da diminuição dos níveis de O<sub>2</sub> e o aumento dos níveis de CO<sub>2</sub> (Artés, 2000). Portanto, para prolongar a vida dos produtos hortícolas após a colheita, é necessário reduzir o metabolismo com o propósito de retardar os processo de maturação e senescência.

A refrigeração é a prática mais importante para retardar o processo de deterioração, através da sua ação sobre os processos metabólicos vinculados à degradação enzimática e processos oxidativos em geral (Zoffoli *et al.*, 1998). Segundo Hardenburg *et al.* (1988), a refrigeração é um método eficiente para manter a qualidade dos produtos hortifrutícolas através do seu efeito direto sob o metabolismo do produto. Contudo, mesmo sendo a refrigeração a ferramenta principal para manter a qualidade dos frutos, muitas vezes, é insuficiente ou determina a ocorrência de distúrbios fisiológicos. Em relação à temperatura ótima, para a maioria dos produtos hortícolas, esta está um pouco acima do ponto de congelamento, sendo de fundamental importância sua manutenção durante todo o período de armazenamento, já que as flutuações de temperaturas são as responsáveis pela deterioração dos mesmos (Tashtoush, 2000).

Portanto, devem ser empregadas outras técnicas que complementem ou melhorem os sistemas de conservação existentes (Chitarra & Chitarra, 1990; Kluge *et al.*, 1996; Zoffoli *et al.*, 1998). Dentre as alternativas desenvolvidas para melhorar a conservação, surgem as modificações na composição da atmosfera de armazenamento e ferramentas complementares como o pré-resfriamento (Hardenburg *et al.*, 1988). Estas modificações da atmosfera, constituem o armazenamento em atmosfera controlada (AC), ou armazenamento em atmosfera modificada (AM), dependendo do grau de controle sobre a mesma. O processo fundamenta-se no fato de que a modificação da atmosfera pela redução e aumento dos gases, antes mencionados, freia a

respiração dos produtos, assim como, os processos vitais, reduzindo a perda de qualidade. O princípio de armazenamento em atmosfera modificada ou controlada consiste na variação da relação quantitativa dos constituintes do ar num ambiente refrigerado e hermético (Artés, 2000).

### 2.6.1 Modificação da atmosfera de armazenamento

As condições apropriadas ao armazenamento para um determinado produto, dependem da sua natureza, do tempo em que vai ser mantido no armazenamento e no fato do produto estar ou não embalado.

A conservação em atmosfera controlada consiste em adaptar a composição gasosa que rodeia o produto em forma permanente, enquanto que, na atmosfera modificada a atmosfera ambiental é alterada pelo uso de filmes plásticos, sendo a respiração do próprio produto que modifica os níveis do  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$  (Chitarra & Chitarra, 1990; Artés, 2000). De acordo com os objetivos perseguidos, podem ser utilizadas diferentes atmosferas entre as quais encontramos os seguintes tipos de misturas:

de  $\text{N}_2$  e  $\text{O}_2$  enriquecida ou não com  $\text{CO}_2$ , tipo mais freqüentemente utilizada; de  $\text{N}_2$  e muito pouco  $\text{O}_2$ , empregada no caso de produtos sensíveis ao  $\text{CO}_2$  e tolerantes a baixas concentrações de  $\text{O}_2$ ; de ar e  $\text{CO}_2$ , para produtos tolerantes ao  $\text{CO}_2$ , onde procura-se o efeito fisiológico e fungicida deste gás e, por último, as de ar e etileno, muito empregadas nos processos de amadurecimento e desverdecimento; e de ar e ozônio, dióxido de enxofre ou monóxido de carbono, empregadas pelo efeito fungicida destes gases (Artés, 2000).

### 2.6.2 Atmosfera controlada

Existem evidências de que os chineses já utilizavam na antigüidade a conservação de produtos em atmosfera controlada, para o transporte do norte ao sul da China. As primeiras observações científicas sobre os efeitos da atmosfera controlada na maturação dos frutos, foram realizadas na primeira metade do século XIX, na França (Salunkhe *et al.*, 1991). A atmosfera controlada foi empregada comercialmente, pela primeira vez, na década de 50 na Grã Bretanha

pelos pesquisadores Kidd e West. O uso adequado do método, reduz a taxa respiratória em até 50% em relação ao armazenamento em ar nas mesmas condições de temperatura e umidade (Chitarra, 1998). As baixas concentrações de O<sub>2</sub> e altas de CO<sub>2</sub>, em relação à composição normal do ar, retardam o processo de maturação, o aparecimento de alguns distúrbios fisiológicos, como a escaldadura em maçãs e o crescimento dos microrganismos responsáveis pela deterioração (Yahia, 1998). A atmosfera controlada é uma técnica muito empregada para estender a vida pós-colheita das maçãs, pelo seu efeito positivo na conservação da firmeza, acidez, cor e outros parâmetros de qualidade, mas, por outro lado, a habilidade dos frutos para produzir compostos voláteis é suprimida se o armazenamento é prolongado. A supressão dos aromas depende tanto da composição da atmosfera como do tempo de armazenamento (Yahia, 1994).

Em relação às misturas utilizadas na conservação de frutos e hortaliças, podemos estabelecer, ao menos cinco tipos de atmosferas onde variam os níveis de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> empregados. Em geral são utilizadas concentrações entre 1 e 5% para o O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> respectivamente. No caso da maçã, são muito empregadas atmosferas com baixas ou muito baixas concentrações de O<sub>2</sub> e relativamente elevadas concentrações de CO<sub>2</sub> (por exemplo: 1-3% de O<sub>2</sub> e 3-5% de CO<sub>2</sub>) (Artés, 2000). Atmosferas com baixa ou muito baixas concentração de O<sub>2</sub> e dióxido de carbono (por exemplo: 1-3% de O<sub>2</sub> e 0-1% de CO<sub>2</sub>), são empregadas para a conservação de algumas variedades de pêra ou maçãs, muito sensíveis, como é o caso da cultivar Fuji (Artés, 2000).

O benefício ou prejuízo que deriva do uso da atmosfera controlada, depende de numerosos fatores, entre os quais destacam-se o tipo de produto, variedade, condições de cultura, idade da planta e estado fisiológico, condições de umidade, temperatura e tempo de armazenamento.

### **2.6.3 Atmosfera modificada**

Segundo Kader *et al.* (1989), o armazenamento em atmosfera modificada, inclui a utilização de filmes plásticos com permeabilidade seletiva ao O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, etileno, N<sub>2</sub> e vapor d'água. O armazenamento em atmosfera modificada, refere-se à modificação da atmosfera gerada dentro da embalagem do produto pela interação de dois fatores: a respiração do produto e a difusão dos gases através da embalagem, que determinam uma atmosfera final rica em CO<sub>2</sub> e

pobre em O<sub>2</sub> (Kader *et al.*, 1989; Saltveit, 1997; Gorris & Tauscher, 1999). Outro tipo de atmosfera modificada inclui a atmosfera modificada semi-ativa, criada pela adição ou remoção de uma mistura de gases após o fechamento da embalagem (Kader *et al.*, 1989). A atmosfera modificada é um processo tecnológico usado com êxito para a conservação de muitos tipos de produtos vegetais, principalmente aqueles com valor econômico elevado e/ou alta perecibilidade por permitir o uso de baixas concentrações de O<sub>2</sub> e altas de dióxido de carbono de maneira similar à obtida com a atmosfera controlada (Beaudry *et al.*, 1992).

A atmosfera gerada pode ser predita e mantida durante o armazenamento, se a taxa respiratória do produto e a permeabilidade do filme são conhecidas (Cameron *et al.*, 1994). Tanto em frutos inteiros, como processados, verifica-se uma diminuição da atividade respiratória, redução da perda de peso, proteção contra danos mecânicos, retardamento do amolecimento, amadurecimento e redução de alterações fisiológicas e ou biológicas (Kader, 1986; Church, 1994; Artés *et al.*, 1998; Artés, 2000). Por isso, é geralmente aceito que a atmosfera modificada possa inibir a perda de qualidade em uma grande variedade de produtos (Kader, *et al.*, 1989). A aplicação da atmosfera modificada envolve a redução da quantidade de O<sub>2</sub> e o aumento do CO<sub>2</sub>, o que leva à redução da respiração aeróbica (Hertog, *et al.*, 1993, *apud* Awad & Jager, 2003). Em geral, as modificações da atmosfera, principalmente em relação ao aumento dos conteúdos de CO<sub>2</sub>, têm sido empregadas para manter frutos muito perecíveis como é o caso dos “berries” (Agar *et al.*, 1991; e Robbins & Fellman, 1993, *apud* Agar *et al.*, 1997). Nestas condições, pode-se manter um número muito importante de atributos de qualidade como firmeza da polpa, sólidos solúveis totais, acidez, assim como a redução da incidência de podridões (Agar *et al.*, 1991, *apud* Agar *et al.*, 1997).

Além dos efeitos sobre a respiração dos produtos, a atmosfera modificada, tem um efeito adicional inibindo ou retardando o crescimento dos microrganismos patogênicos em muitos tipos de produtos (Daniels *et al.*, 1985; Babic *et al.*, 1996). Deve ser levado em consideração, que a modificação da atmosfera pode ter efeitos negativos, que consistem, geralmente, no aumento de riscos de indução e/ou agravamento de certas desordens fisiológicas (Chitarra, 1998; Artés, 2000). Também tem sido observado, o amadurecimento anormal de frutos climatéricos como a banana, pêra e tomate, quando as concentrações de O<sub>2</sub> são inferiores ao 2-3% e a de CO<sub>2</sub> é superior a 5% (Artés, 2000). O desenvolvimento de sabores e aromas estranhos, por causa da acumulação de etanol e acetaldeído, torna-se importante particularmente quando as concentrações

de O<sub>2</sub> são inferiores ao ponto de compensação (1 a 2% dependendo do produto) (Li & Kader, 1989; Ke *et al.*, 1991; Joles *et al.*, 1994; Larsen & Watkins, 1995).

A perda de aroma acontece, quando o período de armazenamento é muito longo, no caso de maçã e pêra. Tem-se observado, o aumento da susceptibilidade aos ataques fúngicos, quando o produto sofre alterações fisiológicas pelas baixas ou elevadas concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, respectivamente.

A composição ótima da atmosfera deve ser definida, levando em conta, o limite interno do O<sub>2</sub> sobre o qual a fermentação acontece. Acima do limite interno do O<sub>2</sub>, obtém-se benefícios com riscos mínimos, ambos diminuem à medida que aumenta a pressão parcial interna de O<sub>2</sub>. O limite de tolerância ao O<sub>2</sub>, pode ser maior ao indicado, quando a temperatura ou a duração do armazenamento aumentam devido ao fato de que as exigências deste gás pelos tecidos, também aumenta de forma proporcional (Kader, 1986). O CO<sub>2</sub> encontra-se nos tecidos, quase totalmente dissolvido na fase líquida e, em uma pequena proporção, encontra-se como ácido carbônico. Seu efeito fisiológico pode aumentar ou diminuir com o aumento da temperatura. A produção de dióxido de carbono aumenta com a temperatura, mas sua solubilidade diminui; em consequência a concentração do gás nos tecidos, pode aumentar ou diminuir com a temperatura. A tolerância dos produtos à elevadas concentrações de dióxido de carbono é menor se a concentração de O<sub>2</sub> for baixa e depende da temperatura, do estado fisiológico e da duração do tratamento (Kader, 1986; Yahia, 1998; Artés, 2000).

## **2.7 Armazenamento de maçãs Fuji**

### **2.7.1 Temperatura de armazenamento**

Como regra geral, as maçãs respondem bem ao resfriamento rápido, ao armazenamento a temperaturas tão baixas quanto a cultivar e a ocorrência de distúrbios fisiológicos o permitam. A maioria das cultivares de maçã podem ser armazenada a 0°C com total segurança, porém, existem algumas exceções (Mitcham *et al.*, 2002).

No caso particular da maçã ‘Fuji’, existem evidências de que podem desenvolver danos pelo frio, quando armazenadas, em atmosfera controlada e a temperaturas inferiores a 1,5°C (Bender, 1991). Entretanto, outros autores, encontraram uma menor perda de firmeza de polpa quando as maçãs ‘Fuji’ foram armazenadas a 1°C sem manifestações de dano pelo frio (Brackmann & Saquet, 1995). Segundo o trabalho de Bortoluzzi (1997), a redução da temperatura de armazenamento dos frutos de 1°C para 0°C não influenciaram a perda de peso, firmeza da polpa e acidez titulável após 8 meses de armazenamento. Além disso, foi verificada uma redução na incidência de degenerescência da polpa com a utilização de temperaturas de 0°C. Em trabalhos posteriores, Brackmann & Chitarra (1998), verificam uma redução na ocorrência de degenerescência de polpa, quando a temperatura de armazenamento passa de 0,5°C para -0,5°C, tanto em atmosfera controlada como em atmosfera regular.

### **2.7.2 Umidade relativa**

A perda de peso dos frutos, durante o armazenamento, é devida principalmente ao processo de transpiração, e em menor medida, à utilização de substâncias de reserva nos processos metabólicos, já que se perdem moléculas de CO<sub>2</sub> durante o processo de respiração (Hardenburg *et al.*, 1988; Lima Moura *et al.*, 1999). Os frutos quentes, perdem água mais rapidamente que os frutos resfriados, especialmente se a umidade relativa é menor que 95%. A perda de peso por transpiração, implica não somente, na perda de peso comercializável, mas na perda de qualidade do produto por causa do murchamento. O murchamento não é visível até valores dentre 3-5% do peso original (Mitcham & Mitchell, 2002; Schwarz, 1994).

A transpiração é um processo particularmente importante em maçãs ‘Fuji’, uma vez que esta cultivar tem menor resistência cuticular à difusão de vapor, o que a torna muito suscetível à perda d’ água (Fan, 1992). Porém, o uso de uma elevada umidade relativa no armazenamento desta cultivar pode causar um aumento na incidência de alterações fisiológicas como à degenerescência da polpa e o aumento das podridões (Fidler, 1973; Schwarz, 1994). Brackmann

*et al.* (1999), recomendam no caso de maçãs Fuji, umidade relativa de 92% para reduzir a degenerescência da polpa evitando uma excessiva perda de peso, que altere a aparência dos frutos, verificada por estes autores em trabalhos prévios empregando umidades relativas menores (Brackmann *et al.*, 1995). Essa umidade deve ser mantida durante todo o período de armazenamento, já que não foi verificado efeito positivo do armazenamento nos frutos sob baixa umidade e elevada temperatura, e sim, nos primeiros 40 dias após a colheita (Brackmann *et al.*, 2000).

### **2.7.3 Composição da atmosfera de armazenamento**

Os frutos armazenados sob atmosfera controlada ou modificada freqüentemente estão sujeitos a certas desordens, principalmente relacionadas com inadequadas pressões parciais de CO<sub>2</sub> ou O<sub>2</sub> (Kader, 1997). A variabilidade das cultivares de maçã em relação à sua susceptibilidade a elevadas pressões parciais de CO<sub>2</sub>, é um fator muito importante a ser levado em consideração ao estabelecer a atmosfera controlada. Por esta razão, tem-se realizado trabalhos para identificar as condições mais adequadas para a sua conservação. Westercamp (1997), recomenda para o caso de cultivares sensíveis ao CO<sub>2</sub>, no máximo 2,5% de CO<sub>2</sub> e 3% de O<sub>2</sub>, no caso de atmosfera controlada convencional, e menos de 1% de CO<sub>2</sub> e 1,5% de O<sub>2</sub>, para atmosfera controlada de “ultra low oxygen” (ULO).

A cultivar Fuji é conhecida como sendo sensível ou muito sensível a pressões elevadas de CO<sub>2</sub>, o que foi verificado por trabalhos realizados por vários autores em diferentes lugares (Brackmann *et al.*, 1995 e 1998; Argenta *et al.*, 1995; Westercamp, 1997; Volz *et al.*, 1998). Os desordens fisiológicos comumente observadas nesta cultivar são o “brown heart” ou degenerescência da polpa por excesso de CO<sub>2</sub>, e degenerescência senescente, que se manifestam durante o armazenamento tanto em atmosfera regular como em atmosfera controlada (Fakuda, 1984, *apud* Argenta *et al.*, 2002). A susceptibilidade da maçã Fuji ao “brown heart” aumenta com o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> (Argenta & Dinardi, 1994; Fan *et al.*, 1997), portanto, é tolerante a baixas concentrações de O<sub>2</sub> quando a pressão parcial de dióxido de carbono é também baixa (Fan, 1992; Argenta & Dinardi, 1994).

No Brasil, Brackmann & Chitarra (1998), comprovaram que maçãs da cultivar Fuji são sensíveis ao CO<sub>2</sub>. Pressões parciais superiores a 1% deste gás, são suficientes para ocasionar degenerescência da polpa (Brackmann *et al.*, 1995). A utilização de elevado CO<sub>2</sub> somente no início do armazenamento é suficiente para induzir distúrbios de polpa (Brackmann *et al.*, 1999), portanto, segundo os autores, a maçã ‘Fuji’ no Brasil deve ser armazenada sob baixo CO<sub>2</sub> durante todo período. O risco de dano pelo CO<sub>2</sub> aumenta com o avanço no estado de maturação dos frutos no momento da colheita (Westercamp, 1997; Volz *et al.*, 1998), com o tamanho do fruto (Park *et al.*, 1997, *apud* Argenta *et al.*, 2002), e com temperaturas de armazenamento muito baixas (Wastercamp, 1997). Segundo Mooning (1983), o escurecimento dos tecidos está relacionado com o acúmulo de ácido succínico, devido à inibição da enzima succinato desidrogenase.

Apesar da sensibilidade da maçã ‘Fuji’ ao CO<sub>2</sub>, o armazenamento sob condições de modificação da composição da atmosfera, sempre que sejam tomados os cuidados necessários, apresenta uma série de benefícios sobre a conservação da qualidade. Fan (1992) observou que o armazenamento em atmosfera controlada sob 1% de O<sub>2</sub>, permitiu manter um maior nível de firmeza da polpa, sólidos solúveis totais e acidez titulável, em relação a 0,5% e 2% de O<sub>2</sub> ou armazenamento refrigerado. Medeiros (1999) observou que 1% de O<sub>2</sub> proporcionou maior firmeza de polpa e, Brackmann & Saquet (1995) verificaram maior firmeza e menor degenerescência de polpa em condições de baixa pressão parcial de O<sub>2</sub> e quando a temperatura de armazenamento passou de 2°C para 1°C. Estes benefícios podem ser associados com o fato de que a concentração de gases, obtida com a modificação da composição da atmosfera proporciona redução na biossíntese de etileno durante e após o armazenamento, através da supressão da atividade da ACC-sintase e ACC-oxidase (Kader, 1986; Kader, 1997; Brackmann & Chitarra, 1998).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local de procedência e seleção dos frutos

O experimento foi desenvolvido no Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita (NPP) do departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio Grande do Sul, Brasil. Foram utilizadas maçãs da cultivar Fuji e as mutações desta, cultivares Fuji Suprema e Fuji Kiku, provenientes de pomares comerciais da região de São Joaquim (Santa Catarina). Os frutos foram colhidos no ponto de maturação adequado para o armazenamento em atmosfera controlada (AC), conforme método de determinação do ponto de colheita utilizado na empresa produtora, que baseia-se no teste de iodo-amido e firmeza da polpa. Antes da instalação dos experimentos, os frutos foram selecionados, eliminando-se aqueles com ferimentos, doenças e peso menor a 135g. Após procedeu-se à homogeneização antes de separar cada uma das amostras experimentais.

#### 3.2 Tratamentos

Os tratamentos consistiram em 3 cultivares, submetidas a 6 condições de temperatura e composição da atmosfera de armazenamento. Na Tabela 1 é feita a descrição das condições ambientais utilizadas.

**Tabela 1: Condições de temperatura e composição da atmosfera empregada nos distintos tratamentos**

Condições de armazenamento	Temperatura (°C)	O <sub>2</sub> (kPa)	CO <sub>2</sub> (kPa)
1	-0,5	21 (a do ar)	0,03 (a do ar)
2	+0,5	1	< 0,5
3	-0,5	0,8	< 0,5
4	-0,5	1	< 0,5
5	-0,5	1,2	< 0,5
6	-0,5	1	2

O experimento foi conduzido no delineamento experimental inteiramente causalizado. Foram separadas aleatoriamente quatro amostras de 23 frutos cada, colocadas em redes de ráfia, constituindo as unidades experimentais a serem armazenadas. Estas unidades experimentais foram aleatoriamente destinadas para os dois momentos de análise (após 8 meses de armazenamento refrigerado e após 7 dias de vida de prateleira a 20°C). As unidades experimentais foram colocadas em caixas plásticas de 20 kg e em minicâmaras de 233 litros, de ferro galvanizado com tampas de acrílico transparente, dotadas de um micro-ventilador em seu interior para a homogeneização da atmosfera nos tratamentos de AC. Para conseguir as temperaturas de armazenamento desejadas, as minicâmaras foram armazenadas em câmaras frigoríficas de 45 m<sup>3</sup> com sistema de refrigeração por ar forçado.

Para a instalação das atmosferas, a pressão parcial de O<sub>2</sub> foi obtida mediante diluição deste gás através de injeção de N<sub>2</sub>, proveniente de um equipamento gerador do gás que usa o princípio PSA (“Pressure Swing Adsorption”). A pressão parcial inicial de CO<sub>2</sub> no tratamento 6 foi obtida mediante injeção deste gás na forma pura. Para manter o CO<sub>2</sub> < 0,5 kPa foram colocados sacos de aproximadamente 1kg de carbonato de cálcio nas minicâmaras. Para a manutenção dos níveis de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, que se modificavam por causa da respiração dos frutos, foi realizada, diariamente, uma análise e correção dos mesmos. A análise dos gases foi feita através de um controlador automático marca Kronenberger Systemtechnik, originário da Alemanha. O equipamento consiste de um analisador eletrônico, de fluxo contínuo, conectado a um computador com um software específico e um sistema de válvulas. A elevação da pressão parcial de O<sub>2</sub> foi conseguida através da injeção de ar atmosférico, procedimento realizado pelo próprio equipamento. O excesso de CO<sub>2</sub> foi removido fazendo passar o ar da minicâmara por um adsorvedor de CO<sub>2</sub>, a base de hidróxido de potássio.

A umidade relativa permaneceu em 97% (±2%), durante o período de armazenamento refrigerado e em 80% (± 5%), no período de vida de prateleira.

### **3.3 Variáveis avaliadas**

Um total de quatro amostras de 15 frutos foram separadas para análise inicial, nos quais mediram-se as variáveis físico-químicas que se enumeraram a continuaram o processo. Estas variáveis também foram medidas nos dois momentos de análise (após 8 meses de armazenamento refrigerado e após 7 dias de vida de prateleira a 20°C).

#### **3.3.1 Firmeza da polpa**

A firmeza da polpa foi medida em dois lados opostos da região equatorial do fruto, onde a epiderme foi retirada. A medição foi feita, com um penetrômetro manual, com ponteira de 11 mm de diâmetro, sendo os valores expressos em Newton (N).

#### **3.3.2 Peso dos frutos**

O peso dos frutos foi determinado com o auxílio de uma balança digital, com precisão de 1g.

#### **3.3.3 Teste de iodo-amido**

O índice de iodo-amido, foi realizado somente no início do experimento, para determinar o estado de maturação dos frutos. O método baseia-se na reação do amido do fruto, com uma solução de 12g de iodo metálico e 24g de iodeto de potássio em um litro de água. Para a análise os frutos foram cortados na zona equatorial e a metade peduncular imersa na solução por 40 segundos. Quando retirados da imersão, a presença de amido foi avaliada comparando-a com os valores da tabela elaborada por Streif (1984), onde o índice 1 representa teor máximo de amido e o índice 10 ausência do mesmo.

### 3.3.4 Sólidos solúveis totais (SST)

Para a medida dos sólidos solúveis totais, foi empregado o suco dos frutos de cada uma das repetições. A medida realizou-se com refratômetro com correção para temperatura sendo os valores expressos em °Brix.

### 3.3.5 Acidez titulável (AT)

A determinação deste parâmetro, foi feita em uma amostra de 10 mL do suco de cada repetição, diluídos em 100 mL de água destilada, e titulados empregando uma bureta digital com solução de hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1 determinado com pHmetro digital. Os valores expressaram-se em  $\text{cmolL}^{-1}$ .

### 3.3.6 Cor da epiderme

Para a determinação da cor da epiderme, empregou-se um colorímetro marca Minolta. A leitura foi feita em áreas vermelhas do fruto, pelo fato de que alguma das cultivares avaliadas, não apresentavam cor de fundo visível. Os valores obtidos corresponderão aos valores de  $L^*a^*b$  da escala tridimensional do sistema CIELAB em que “ $L^*$ ” representa a luminosidade, medida em uma escala que vai de 0 a 100 onde 0 é ausência de luminosidade (preto) e 100, luminosidade total (branco); “ $a^*$ ” indica a progressão de cores do verde ao vermelho, medida em uma escala que vai de valores  $-a$  (cor verde) até  $+a$  (cor vermelha) e finalmente “ $b^*$ ” indica a progressão de cores do azul ao amarelo, medida em uma escala que vai de valores  $-b$  (cor azul) até  $+b$  (cor amarelo).

### 3.3.7 Polifenóis totais

A concentração de polifenóis totais, foi determinada pelo método colorimétrico descrito por Singleton & Rossi (1965) modificado por Kaheler (comunicação pessoal). Para isso adicionaram-se 2mL de suco de maçã, 10mL de reagente de Folin-Ciocalteu diluído (1:10) e 8mL de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  7,5% (P/V) em balão volumétrico de 20mL. Após duas horas, foi lida a absorbância em Espectrofotômetro 600 da marca Femto, ( $\lambda = 765\text{nm}$ ). Como branco foi utilizada a solução sem a adição do suco.

Para a quantificação, foi empregada uma curva padrão de ácido gálico nas seguintes concentrações: 150, 250, 500, 750, 1000 e 1250mg de ácido gálico  $\text{L}^{-1}$  (Figura 1). Os valores foram expressos em mg de ácido gálico  $\text{L}^{-1}$  de suco.

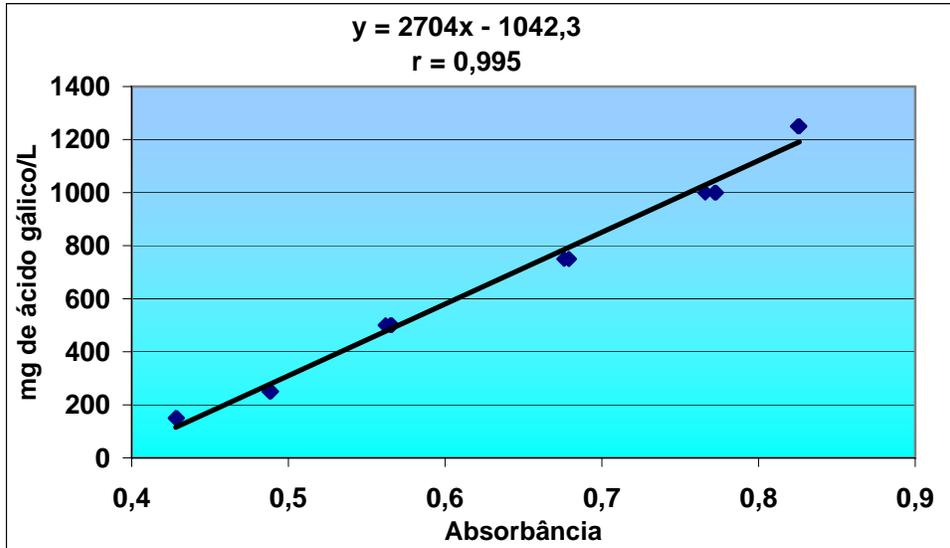


Figura 1-Curva de calibração para polifenóis totais.

### 3.3.8 Açúcares redutores

A determinação dos açúcares redutores, foi realizada empregando o método enzimático. Em balão volumétrico de 20mL, adicionou-se 0,5mL de suco de maçã e 19,5mL de etanol 70% (V/V). Formam tomados 0,2mL desta solução ao que se adicionaram 2mL de enzima GOP (glicose-oxidase-peroxidase) e levou-se a banho Maria a 37°C em agitação por 10 minutos. A leitura da absorbância das diferentes amostras foi feita em Espectrofotômetro 600 da marca Femto, UV visível ( $\lambda = 510\text{nm}$ ). Como branco foi utilizada uma solução da enzima com água ao invés de suco.

Para a quantificação dos açúcares, utilizou-se uma curva padrão de açúcares redutores com as seguintes concentrações: 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25mg mL<sup>-1</sup> de suco (Figura 2). Os valores foram expressos em mg de açúcares redutores mL<sup>-1</sup> de suco.

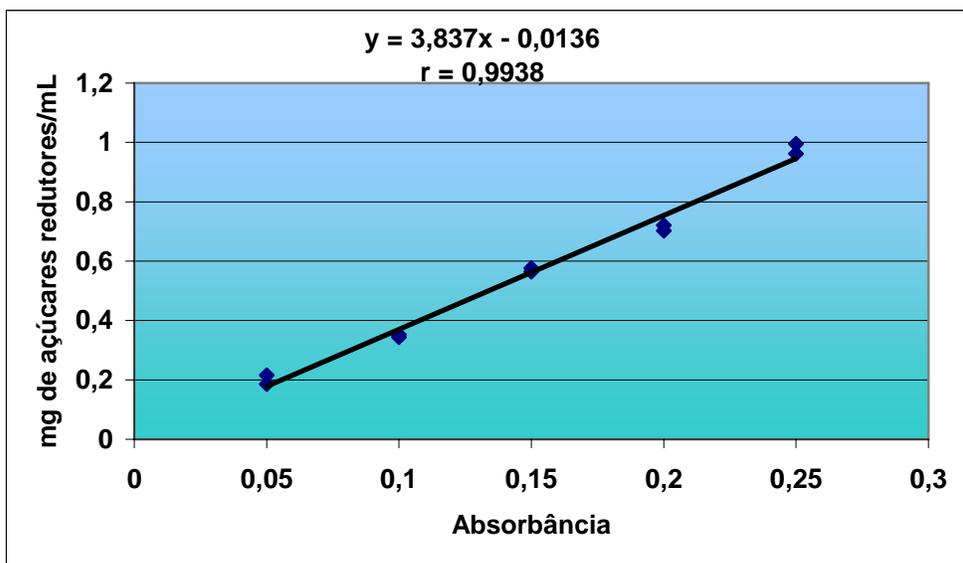


Figura 2-Curva de calibração para açúcares redutores.

### 3.3.9 Vitamina C

A vitamina C foi medida por HPLC, usando um equipamento Thermo Separation Products com coluna BDS Hypersil-C18 (150x4.6 mm). A fase móvel empregada foi fosfato de potássio 25mM levando-se o pH para 2,5 com o ácido fosfórico.

O fluxo foi de  $0,8\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ , e a detecção foi feita a  $\lambda = 254$ , usando-se um standard de L-ascórbico Sigma 99,5%. A temperatura de trabalho foi de  $25^{\circ}\text{C}$ . Para a extração da vitamina C foi empregada uma solução aquosa de ácido metafosfórico (5%P/P) com Ditiotreitól (0,1%P/P) em sonicador por 15 minutos. Os valores foram expressos em mg de ácido ascórbico  $100\text{g}^{-1}$  de peso fresco.

### 3.3.10 Antocianinas totais

As antocianinas totais, foram determinadas por espectrofotometria segundo o método descrito por Di Stefano *et al.* (1989), para determinação de antocianinas em vinhos, modificado por Kaheler para sua utilização em suco de maçã, segundo ensaios realizados em 2003 (comunicação pessoal). Para a determinação foi utilizada aproximadamente 1g de casca de maçã que se triturou empregando um Ultraturrax em presença de uma solução de etanol/ácido clorídrico/água na proporção 70/1/30 (V/V/V). A leitura foi feita em Espectrofotômetro 600 da marca Femto, UV visível ( $\lambda = 531\text{nm}$ ). Como branco foi utilizada a solução de etanol/ácido clorídrico/água.

Para a quantificação utilizou-se uma curva padrão de cianidina nas seguintes concentrações: 0; 0,2; 1,1; 1,7; 2mg de cianidina  $100\text{mL}^{-1}$  (Figura 3). Os resultados formam expressos em mg de cianidina. $\text{g}^{-1}$  de polpa em peso fresco.

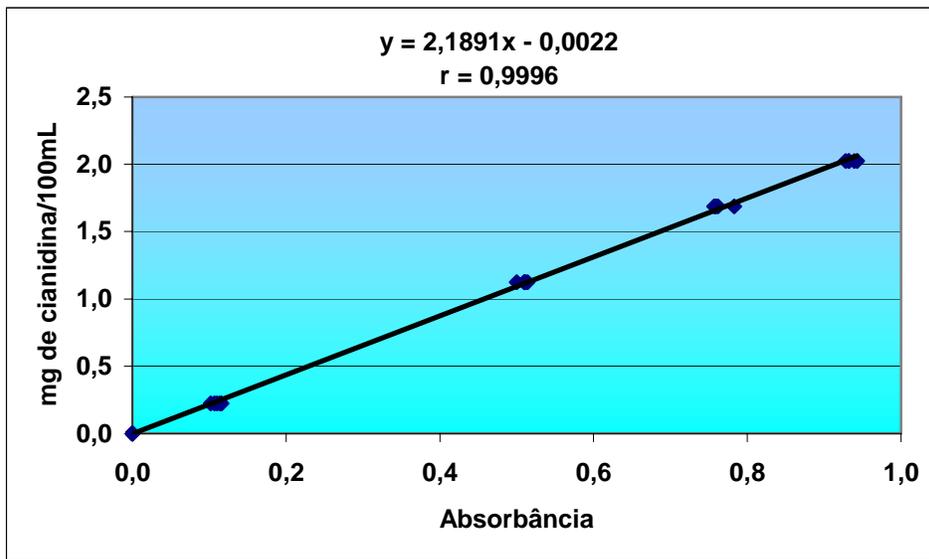


Figura 3-Curva de calibração para antocianinas totais.

### 3.3.11 Distúrbios fisiológicos

Foram contabilizados e separados os frutos que apresentavam sintomas de distúrbios fisiológicos como degenerescência senescente, degenerescência da polpa, pingo de mel e outros. Para a determinação de frutos com degenerescência da polpa, foram feitos cortes equatoriais, em várias alturas, para a observação da polpa.

Os resultados foram expressos em porcentual de frutos com cada um dos distúrbios mencionados.

### 3.3.12 Podridões

Os frutos com sintomas de doenças foram contabilizados e separados em cada um dos momentos de análise, sendo os valores expressos em porcentual de frutos podres.

### 3.3.13 Produção de etileno e respiração

Para a determinação da produção de etileno e respiração, foram pesados, aproximadamente, 1kg de frutos de 3 repetições de cada um dos tratamentos, e colocados em recipientes de vidro de 5 litros hermeticamente fechados. Após duas horas, foram coletadas duas amostras de gás de cada vidro para a determinação da produção de etileno por cromatografia gasosa. As determinações foram feitas com cromatógrafo com detector de ionização de chama, com coluna empacotada Poropak N e temperatura da coluna, injetor e detector de 90°C, 140°C e 200°C respectivamente. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

A respiração foi medida e expressada como produção de  $\text{CO}_2$  ( $\text{mL de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ). A medição foi feita com um analisador de gases de fluxo contínuo.

### 3.4 Análise estatística

A análise estatística das variáveis medidas nos diferentes momentos, foi realizada utilizando o programa estatístico INFOSTAT desenvolvido pelo departamento de Estadística y Biometría de la Facultad de Ciencias Agropecuárias de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância. Para a comparação entre médias, adotou-se o teste de Tuckey, a 5% de probabilidade de erro. Os resultados expressos em porcentagem (frutos com podridões e distúrbios fisiológicos) foram transformados pela fórmula  $\text{arc.sen}(X/100)^{1/2}$  prévio à realização da análise.

## 4 RESULTADOS E DISCUÇÃO

### 4.1 Condições dos frutos no momento da colheita

Segundo os valores apresentados na Tabela 2, no momento da colheita a cultivar Fuji Kiku apresentou os maiores valores de firmeza da polpa, AT e SST, já entre as cultivares Fuji Suprema e Fuji não houve diferenças.

O índice de iodo-amido indica que a cultivar Fuji Suprema estava em um estado de maturação menos avançado.

Segundo a cor da epiderme, a cultivar Fuji Kiku apresentou cor vermelha menos intensa, determinada pelo menor valor do parâmetro “a\*”, sendo que a cultivar Fuji Suprema, mostrou o maior valor. O valor do parâmetro “L\*”, da cultivar Fuji foi maior, seguida por Fuji Kiku e Fuji Suprema respectivamente.

Os valores medidos mostram que as cultivares foram colhidas num estado de maturação adequado. Segundo o EMBRAPA (2003), as frutas devem ser colhidas no momento apropriado, levando em conta a espécie, a variedade e a utilização prevista, ou seja, armazenamento a curto, médio ou longo prazo, ou mesmo a comercialização imediata (mercado interno ou exportação). Para isso, deve-se assegurar, que os índices mínimos de maturação estabelecidos pela pesquisa, sejam respeitados no início da colheita e no posterior armazenamento e/ou comercialização, permitindo com isto, uma máxima eficiência na conservação e manutenção da qualidade interna e externa da fruta. No caso da maçã ‘Fuji’, os valores recomendados para a colheita são de 75 a 80N de firmeza de polpa, SST maior a 11°Brix e AT entre 3,7 a 5,2 cmol L<sup>-1</sup>.

**TABELA 2: Características de maturação e qualidade em maçãs, cultivares Fuji, Fuji Suprema e Fuji Kiku, procedentes de São Joaquim (SC), no momento da colheita**

Cultivar	Firmeza (N)	AT ( $\text{cmol L}^{-1}$ )	Índice iodo-amido	SST ( $^{\circ}\text{Brix}$ )	Cor da epiderme (CIE Lab)		
					L*	a*	b*
Fuji	71,2 c*	3,0 b	8,5 b	14,1 b	46,6 a	22,3 b	25,3 a
Fuji Suprema	74,6 bc	2,6 b	7,5 a	13,8 b	38,4 c	32,0 a	17,2 c
Fuji Kiku	80,0 a	4,6 a	8,5 b	14,8 a	41,6 b	15,7 c	20,9 b
<b>C.V. (%)</b>	10,87	5,50	2,7	2,04	11,70	27,80	20,17

\*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na vertical, para cada uma das cultivares, não diferem entre si pelo teste LSD em nível de 10%.

Analisando os resultados mostrados na Tabela 3, no momento da colheita, não foram encontradas diferenças significativas entre os níveis de polifenóis totais. A ‘Fuji Kiku’ teve o maior conteúdo de vitamina C, seguida da maçã ‘Fuji’ e ‘Fuji Suprema’. Os valores de açúcares redutores não mostraram diferenças. A cultivar Fuji Suprema, apresentou os maiores valores de antocianinas totais, diferenciando-se, estatisticamente, das outras cultivares. As antocianinas estão representadas pelos pigmentos de cor vermelha presentes nos frutos, neste caso, os maiores níveis de antocianinas encontrados se correspondem com uma coloração vermelha mais intensa desta cultivar evidenciada através do maior valor do parâmetro “a\*”. Segundo Lister *et al.* (1994), no mercado a aparência visual dum produto determina em primeira instância sua aceitação. No caso da maçã Fuji, sua pobre coloração vermelha tem levado os consumidores a preferir outras cultivares de coloração vermelha mais acentuada, como é o caso das mutantes avaliadas.

**TABELA 3: Polifenóis totais, antocianinas totais, açúcares redutores e vitamina C em maçãs, cultivares Fuji, Fuji Suprema e Fuji Kiku, de São Joaquim (SC), ao momento da colheita**

<b>Cultivar</b>	<b>Polifenóis totais (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Antocianinas totais (mg cianidina 100g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Açúcares redutores (mg mL<sup>-1</sup>)</b>	<b>Vitamina C (mg 100g<sup>-1</sup>)</b>
<b>Fuji</b>	955,0 a*	30,46 b	53,39 a	2,199 b
<b>Fuji Suprema</b>	944,8 a	66,07 a	46,01 a	1,597 c
<b>Fuji Kiku</b>	1012,7 a	32,27 b	55,12 a	2,604 a
<b>C.V. (%)</b>	5,60	25,54	23,74	2,34

\*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na vertical, para cada uma das cultivares, não diferem entre si pelo teste LSD em nível de 10%.

## 4.2 Evolução da firmeza da polpa

Os valores de firmeza da polpa, medidos ao final do período de armazenamento refrigerado e após 7 dias a 20°C, aparecem na Tabela 4. Segundo os resultados obtidos, para a cultivar Fuji na saída do armazenamento e após o período de vida de prateleira, os melhores tratamentos foram o 5 e 6. Com relação aos três momentos de avaliação, os tratamentos 5 e 6 se diferenciaram dos outros, mostrando valores superiores. Em relação à cultivar Fuji Suprema não existiram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados na saída do armazenamento, sendo que logo após o período de vida de prateleira os tratamentos de AC só se diferenciaram do tratamento de AR, que mostrou o menor valor. Quando considerados os diferentes momentos de análise, o tratamento de AR após 7 dias de vida de prateleira mostrou o maior amolecimento da polpa. Na saída do armazenamento, o maior valor de firmeza para a cultivar Fuji Kiku correspondeu ao tratamento 6. O tratamento 2 não se diferenciou da conservação em AR, enquanto que os tratamentos 3, 4 e 5 mostraram bons resultados. Da mesma forma que nas outras cultivares houve interação quando consideradas as três análise, sendo os tratamentos 3 e 6 na saída do armazenamento e todos os tratamentos de AC aos 7 dias os dos maiores valores.

**TABELA 4: Firmeza de polpa em maçãs, cultivares Fuji, Fuji Suprema e Fuji Kiku, procedentes de São Joaquim (SC), após 7 meses de armazenamento em diferentes condições de temperatura e composição da atmosfera, e 7 dias de vida de prateleira a 20°C**

Tratamento	Temperatura (°C)	Atmosfera O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (KPa)	Firmeza (N)	
			Saída do armazenamento	Vida de prateleira
<b>Fuji</b>				
<b>Firmeza no momento de colheita</b>		71,2 A		
1	-0,5	21 + 0,03	61,6 de E*	60,6 b E
2	+0,5	1 + <0,5	61,3 e E	60,7 b E
3	-0,5	0,8 + <0,5	64,2 bc D	61,9 b E
4	-0,5	1 + <0,5	63,0 cd DE	61,1 b E
5	-0,5	1,2 + <0,5	66,4 a BC	65,8 a BC
6	-0,5	1 + 2	66,5 a BC	66,7 a B
<b>C.V.(%)</b>	-	-	10,59	13,09 / 12,40
<b>Fuji Suprema</b>				
<b>Firmeza no momento de colheita</b>		74,6 ABCDE		
1	-0,5	21 + 0,03	71,5 d CDE	67,1 b F
2	+0,5	1 + <0,5	74,5 abc ABC	70,6 a E
3	-0,5	0,8 + <0,5	73,5 bcd ABC	71,3 a CDE
4	-0,5	1 + <0,5	76,3 a A	71,1 a DE
5	-0,5	1,2 + <0,5	72,8 cd ABCDE	71,2 a CDE
6	-0,5	1 + 2	75,3 ab AB	72,1 a ABCDE
<b>C.V.(%)</b>	-	-	13,22	12,38 / 13,46
<b>Fuji Kiku</b>				
<b>Firmeza no momento de colheita</b>		80,0 C		
1	-0,5	21 + 0,03	71,9 c F	71,3 c F
2	+0,5	1 + <0,5	73,4 c EF	84,1 b B
3	-0,5	0,8 + <0,5	76,7 b B	84,6 ab B
4	-0,5	1 + <0,5	75,7 b DE	84,0 b B
5	-0,5	1,2 + <0,5	76,9 b D	85,2 ab AB
6	-0,5	1 + 2	80,0 a C	85,9 a A
<b>C.V.(%)</b>	-	-	12,09	9,69 / 11,46

\*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, para cada uma das cultivares, não diferem entre si pelo teste LSD em nível de 10%.

Como era esperado, ocorreu uma diminuição da firmeza da polpa em todas as cultivares, na maioria dos tratamentos, durante o período de armazenamento, com exceção da 'Fuji Kiku', após 7 dias a 20°C. Esta perda de firmeza, deve-se ao fato de que os atributos de qualidade, em geral e, principalmente, a firmeza mudam no tempo como consequência do metabolismo normal dos frutos (Hertog *et al.*, 2001). No caso das cultivares Fuji Suprema e Fuji Kiku após o período de vida de prateleira, encontrou-se, como já tinha sido comprovado por muitos autores, que a diminuição da temperatura não é suficiente para manter a qualidade no período de pós-colheita; pelo fato de que o amolecimento foi maior no caso de armazenamento em AR, (Lau, 1988; Kluge *et al.*, 1996; Zoffoli, *et al.*, 1998; Chitarra, 1998). Observou-se também, nestas cultivares, um efeito positivo da AC sobre a manutenção da firmeza da polpa após 7 dias de permanência a 20°C. Segundo Hertog *et al.* (2001), muitas das mudanças que acontecem nos frutos, no transcurso do amadurecimento, entre elas a diminuição da firmeza da polpa, estão diretamente relacionadas aos níveis de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> pela vinculação destes gases com o etileno. Na análise realizada após o período de vida de prateleira observou-se um aumento da firmeza da polpa no caso da cultivar Fuji Kiku nos tratamentos de AC. Este aumento da firmeza deve-se, à alteração do turgor e tensão dos tecidos causada pela perda de água pela transpiração dos frutos (Tijssens *et al.*, 1999). Segundo Fan (1992), a maçã 'Fuji' apresenta pouca resistência cuticular à difusão de vapor, o que a torna mais susceptível à perda de água em relação a outras variedades cultivadas de maçã.

Dentre as condições de armazenamento avaliadas, os que permitiram manter os maiores valores de firmeza da polpa foram os tratamentos de 1kPa de O<sub>2</sub> e 2kPa de CO<sub>2</sub>; o de 1,2kPa de O<sub>2</sub> e menos de 0,5kPa de CO<sub>2</sub> em 'Fuji'. Isto concorda com resultados encontrados por Fan *et al.* (1997), onde os frutos armazenados a 1kPa de O<sub>2</sub> apresentaram maiores valores de firmeza quando comparados com frutos armazenados a 0,5 ou 2kPa de O<sub>2</sub> e no caso do CO<sub>2</sub>, este autor recomenda níveis menores a 1kPa. Segundo Siddiqui *et al.* (1996) e Plochanski & Lange (1982), a manutenção da firmeza está relacionada à proporção das diferentes frações de polissacarídeos presentes. Estas frações estão em função dos níveis de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e determinam mudanças nas propriedades mecânicas da parede celular, que altera a firmeza. Isto, se deve ao fato de que as enzimas envolvidas no amolecimento são afetadas de maneira diferente pela modificação da atmosfera. Resultados experimentais mostram que a fosfatase e a celulase são muito mais afetadas do que a poligalacturonase em frutos armazenados em atmosfera com menos de 8% de

O<sub>2</sub> (Matto *et al.*, 1988). Vários autores afirmam, que as maçãs são muito beneficiadas pelas mudanças na composição da atmosfera de armazenamento (Little, *et al.*, 1982; Lau, *et al.*, 1983; Chen, *et al.*, 1989; Ben-Arie, *et al.*, 1993; Drake, *et al.*, 1993; Drake & Eisele, 1994; Brackmann, *et al.*, 1995). Porém, cada uma das cultivares tem requerimentos específicos que se não forem respeitados, determinam perdas de qualidade pela ocorrência de distúrbios fisiológicos (Kader, 1989). No caso da ‘Fuji’, o distúrbio fisiológico que causa maiores perdas durante o armazenamento e que é favorecido por condições inadequadas de AC, é a degenerescência da polpa (Fortes & Petri, 1982; Brackmann *et al.*, 1995).

### **4.3 Evolução dos sólidos solúveis totais e acidez titulável**

A análise estatística da variável SST para a maçã ‘Fuji’ mostrou um melhor comportamento dos tratamentos 2, 3, 5 e 6 na saída do armazenamento, porém estas diferenças não se mantiveram na vida de prateleira. Na análise considerando os diferentes momentos de avaliação, não existiram diferenças. Para a maçã ‘Fuji Suprema’, o tratamento 6, tanto na saída do armazenamento como após o período de vida de prateleira, mostrou melhor resultado, enquanto que não houve diferenças entre os outros tratamentos avaliados nos dois momentos. O tratamento 6 manteve o valor dos SST em vida de prateleira, não diferenciando-se do valor medido na colheita. Em relação à cultivar Fuji Kiku, não foram encontradas diferenças entre os tratamentos nos momentos avaliados, enquanto que o maior valor correspondeu ao momento de colheita.

Os resultados encontrados, concordam com trabalhos realizados por outros pesquisadores como Bortoluzzi (1997) e Brackmann *et al.* (1998), que não verificaram efeito das condições de armazenamento sobre este parâmetro em maçã ‘Fuji’. Segundo Hardenburg *et al.* (1986), a diminuição no teor de SST, é devido ao consumo de substratos pelo metabolismo respiratório das maçãs, que é acelerado a temperaturas mais elevadas. Fan *et al.* (1997), citam que após 7-9 meses de armazenamento de maçã em AC, observa-se uma diminuição dos valores de AT e um aumento nos valores de SST, pelo fato do amido ser mobilizado e transformado em açúcares simples que serão utilizados como substratos respiratórios. Segundo os mesmos autores, este fato é notório em frutos coletados em um estado de maturação menos avançado. Brackmann & Saquet (1995), afirmam que normalmente, não se percebem grandes alterações nos SST durante o

armazenamento em AC, pois os açúcares são substratos de respiração, que começam a ser degradados após um acentuado consumo de ácidos orgânicos.

**TABELA 5: Sólidos solúveis totais em maçãs, cultivares Fuji, Fuji Suprema e Fuji Kiku, procedentes de São Joaquim (SC), após 7 meses de armazenamento em diferentes condições de temperatura e composição da atmosfera e 7 dias de vida de prateleira a 20°C**

Tratamento	Temperatura (°C)	Atmosfera O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (KPa)	SST (°Brix)	
			Saída do armazenamento	Vida de prateleira
<b>Fuji</b>				
SST no momento de colheita		14,1 AB		
1	-0,5	21 + 0,03	13,2 c* DE**	13,5 a CDE
2	+0,5	1 + <0,5	14,1 a ABC	13,6 a DE
3	-0,5	0,8 + <0,5	13,6 b CDE	13,9 a ABCD
4	-0,5	1 + <0,5	13,5 c E	13,5 a BCD
5	-0,5	1,2 + <0,5	13,8 ab BC	13,9 a ABC
6	-0,5	1 + 2	14,2 a A	13,9 a ABC
C.V. (%)		-	1,77	3,08 /
<b>Fuji Suprema</b>				
SST no momento de colheita		13,8 ABC		
1	-0,5	21 + 0,03	13,7 bc ABC	12,7 c FG
2	+0,5	1 + <0,5	13,6 c BCD	13,1 bc F
3	-0,5	0,8 + <0,5	13,9 b AB	13,3 bc EF
4	-0,5	1 + <0,5	13,7 b ABC	13,5 bc EF
5	-0,5	1,2 + <0,5	13,8 bc ABC	13,0 bc F
6	-0,5	1 + 2	14,1 a A	13,7 a ABC
C.V. (%)		-	2,14	5,60 / 4,39
<b>Fuji Kiku</b>				
SST no momento de colheita		14,8 A		
1	-0,5	21 + 0,03	13,7 a E	13,7 c E
2	+0,5	1 + <0,5	14,1 a CDE	13,9 bc CDE
3	-0,5	0,8 + <0,5	14,3 a BCD	14,5 ab AB
4	-0,5	1 + <0,5	13,9 a CDE	14,3 ab B
5	-0,5	1,2 + <0,5	13,9 a BCD	13,9 bc CDE
6	-0,5	1 + 2	14,2 a CD	14,4 a AB
C.V. (%)		-	3,66	2,64

\*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, para cada uma das cultivares, não diferem entre si pelo teste LSD em nível de 10%.

Em relação à acidez titulável, (Tabela 6) no final do período de armazenamento refrigerado, observou-se uma diminuição na acidez dos frutos no tratamento de AR para a cultivar Fuji, comportamento que se manteve após o período de vida de prateleira. Neste momento, o tratamento 6 exibiu o melhor comportamento. Em relação aos momentos de análise, os tratamentos de AR, tanto na saída do armazenamento como após de 7 dias, determinaram um maior consumo de ácidos.

Já na cultivar Fuji Suprema não houve diferenças entre os tratamentos de AC nos dois momentos de avaliação, sendo que o tratamento de AR apresentou valores menores que os tratamentos de AC.

Um comportamento similar foi observado em 'Fuji Kiku', com os menores valores nos tratamentos de AR. Após 7 dias a 20°C os tratamentos 3 e 6 mantiveram os maiores níveis de acidez. Segundo os resultados, o tratamento de AR após vida de prateleira foi pior, seguido dos tratamentos 2, 4 e 5 de AC no mesmo período.

Vários autores (Fidler, 1973; Brackmann *et al.*, 1998; Argenta *et al.*, 2000) comprovaram os efeitos positivos, de concentrações relativamente altas, de CO<sub>2</sub> sobre a perda de acidez de frutos de diferentes cultivares de maçã conservados em AC. Segundo estes autores, a diminuição da acidez, resulta da utilização dos ácidos orgânicos no processo de respiração. Os ácidos orgânicos, junto com os açúcares, são os substratos mais empregados. Portanto, é natural se observar uma diminuição nos seus níveis durante o armazenamento e, principalmente, no período de vida de prateleira, onde a temperatura é maior. Argenta & Denardi (1994) observaram que, em 'Fuji' armazenada em AC, há uma perda acentuada da acidez a partir do 7º mês de armazenamento, enquanto que em AR, a perda se acentua a partir do 3º mês.

**TABELA 6: Acidez titulável de maçãs, cultivar Fuji, Fuji Suprema e Fuji Kiku, procedentes da região de São Joaquim, após 7 meses de armazenamento em diferentes condições de temperatura e composição da atmosfera e 7 dias de vida de prateleira a 20 °C.**

Tratamento	Temperatura (°C)	Atmosfera O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (KPa)	A.T (cmol L <sup>-1</sup> )	
			Saída do armazenamento	Vida de prateleira
<b>Fuji</b>				
<b>A.T no momento de colheita</b>		3,0 A		
1	-0,5	21 + 0,03	1,09 d* EF**	1,01 d EF
2	+0,5	1 + <0,5	2,14 abc AB	1,83 b CD
3	-0,5	0,8 + <0,5	2,27 ab A	1,78 bc BCD
4	-0,5	1 + <0,5	1,98 c ABC	1,62 c CD
5	-0,5	1,2 + <0,5	2,08 bc ABC	1,82 b BC
6	-0,5	1 + 2	2,33 a A	2,23 a AB
<b>C.V. (%)</b>	-	-	8,63	8,22 / <b>16,81</b>
<b>Fuji Suprema</b>				
<b>A.T no momento de colheita</b>		2,6 A		
1	-0,5	21 + 0,03	1,31 b E	1,18 b E
2	+0,5	1 + <0,5	2,26 a B	1,74 a D
3	-0,5	0,8 + <0,5	2,10 a BC	1,86 a D
4	-0,5	1 + <0,5	2,12 a BC	1,83 a D
5	-0,5	1,2 + <0,5	2,12 a B	1,94 a BC
6	-0,5	1 + 2	2,21 a B	1,92 a CD
<b>C.V. (%)</b>	-	-	8,28	11,03 / <b>8,11</b>
<b>Fuji Kiku</b>				
<b>A.T no momento de colheita</b>		4,6 A		
1	-0,5	21 + 0,03	1,74 b C	1,37 c F
2	+0,5	1 + <0,5	3,14 a BC	2,60 b D
3	-0,5	0,8 + <0,5	3,15 a BC	2,97 a C
4	-0,5	1 + <0,5	3,11 a BC	2,64 b D
5	-0,5	1,2 + <0,5	3,06 a BC	2,72 b D
6	-0,5	1 + 2	3,31 a B	2,99 a BC
<b>C.V. (%)</b>	-	-	7,94	7,49 / <b>6,86</b>

\*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, para cada uma das cultivares, não diferem entre si pelo teste LSD em nível de 10%.

#### 4.4 Respiração e produção de etileno

Na respiração dos frutos, medida como produção de CO<sub>2</sub>, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos em 'Fuji' na saída do armazenamento, sendo que em vida de prateleira houve menor respiração nos frutos sob os tratamentos 5 e 6. Não houve interação entre momento de análise e tratamento (Tabela 7). No caso das cultivares Fuji Suprema e Fuji Kiku não houve diferenças entre tratamentos nos diferentes momentos.

Num experimento realizado por Fan *et al.* (1997) com maçã 'Fuji', observou-se um comportamento similar ao encontrado neste caso. Segundo estes autores, os baixos valores de etileno e CO<sub>2</sub> medidos, demonstram que os frutos coletados em estágio de maturação pré-climatérico permanecem nesse estágio durante o armazenamento em AC. Robinson *et al.* (1975), *apud* Matoo *et al.* 1988, mediram a produção de CO<sub>2</sub> de 30 espécies de frutos e vegetais colocados sob atmosfera com 3% de O<sub>2</sub> e 0, 10 e 20° C. Encontraram que a 0°C a respiração caiu de 20-60% e 10-46% a 10° C em comparação com o ar. A diminuição da taxa respiratória não está relacionada com a supressão da citocromo oxidase, tendo em vista que esta enzima tenha *km* pelo O<sub>2</sub> da ordem de 10<sup>-8</sup> 10<sup>-7</sup> μM (Burton 1978; e Solomos, 1983, *apud* Matoo et al, 1988). Portanto, foi sugerido, que a diminuição na taxa respiratória deve-se a diminuição da atividade das outras oxidases que apresentam um *km* pelo O<sub>2</sub> 20 a 30 vezes superior ao da citocromo oxidase (Kader, 1986). Segundo Matto *et al.* (1988), a exposição dos frutos, a baixos níveis de O<sub>2</sub>, resultam numa redução da respiração, devido, ao duplo rol do gás como acceptor final de elétrons na cadeia respiratória, e como regulador da mobilização de substratos.

**TABELA 7: Produção de CO<sub>2</sub> em maçãs, cultivares Fuji, Fuji Suprema e Fuji Kiku, procedentes de São Joaquim (SC), após 7 meses de armazenamento em diferentes condições de temperatura e composição da atmosfera e 7 dias de vida de prateleira a 20°C**

Tratamento	Temperatura (°C)	Atmosfera O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub> (KPa)	CO <sub>2</sub> (ml kg <sup>-1</sup> hora <sup>-1</sup> )	
			Saída do armazenamento	Vida de prateleira
<b>Fuji</b>				
1	-0,5	21 + 0,03	4,93 a* NS**	7,98 a NS
2	+0,5	1 + <0,5	4,58 a NS	7,90 ab NS
3	-0,5	0,8 + <0,5	4,24 ab NS	7,82 ab NS
4	-0,5	1 + <0,5	4,14 ab NS	7,46 ab NS
5	-0,5	1,2 + <0,5	4,05 b NS	6,97 c NS
6	-0,5	1 + 2	3,11 b NS	6,29 c NS
<b>C.V. (%)</b>	-	-	38,28	15,66 / <b>25,31</b>
<b>Fuji Suprema</b>				
1	-0,5	21 + 0,03	3,91 a NS	7,65 a NS
2	+0,5	1 + <0,5	3,44 bc NS	5,98 bc NS
3	-0,5	0,8 + <0,5	3,17 c NS	5,46 c NS
4	-0,5	1 + <0,5	3,41 bc NS	6,68 ab NS
5	-0,5	1,2 + <0,5	3,79 ab NS	6,83 ab NS
6	-0,5	1 + 2	3,05 ab NS	6,16 bc NS
<b>C.V. (%)</b>	-	-	10,80	11,97 / <b>11,57</b>
<b>Fuji Kiku</b>				
1	-0,5	21 + 0,03	4,21 a NS	8,11 a NS
2	+0,5	1 + <0,5	4,56 a NS	7,65 a NS
3	-0,5	0,8 + <0,5	5,47 a NS	6,18 a NS
4	-0,5	1 + <0,5	3,61 a NS	6,33 a NS
5	-0,5	1,2 + <0,5	4,93 a NS	7,49 a NS
6	-0,5	1 + 2	4,05 a NS	6,31 a NS
<b>C.V. (%)</b>	-	-	64,71	21,86 / <b>43,96</b>

\*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, para cada uma das cultivares, não diferem entre si pelo teste LSD em nível de 10%.

Segundo os valores mostrados na Tabela 8, a produção de etileno da maçã ‘Fuji’, foi menor no tratamento 6, onde os frutos foram colocados a 1kPa de O<sub>2</sub> e 2kPa de CO<sub>2</sub> tanto na saída do armazenamento como em vida de prateleira. Os tratamentos 2, 3 e 4, tiveram baixa produção após 7 dias a 20°C, enquanto que os tratamentos 1 e 5 apresentaram maiores níveis de síntese de etileno. A maior produção de etileno em ‘Fuji Suprema’ foi registrada em AR na saída do armazenamento refrigerado e em vida de prateleira. A condição de 1kPa de O<sub>2</sub> + 2kPa de CO<sub>2</sub>, determinam uma menor produção do gás no armazenamento. Considerando os diferentes momentos de análise, o tratamento 6 na saída de conservação refrigerada teve menor produção de etileno, enquanto que os frutos conservado em AR, após vida de prateleira apresentaram os maiores níveis do gás. Em ‘Fuji Kiku’, não houve efeito das condições de armazenamento para este parâmetro.

O aumento observado na produção de etileno, quando os frutos foram colocados a 20°C, de forma semelhante que na respiração nos frutos mantidos em AR, segundo Artés (2000), deve-se ao fato de que o armazenamento em AC mantém um efeito residual sobre os frutos, quando estes retornam ao ar para a sua comercialização ou consumo, que se manifesta na redução da respiração e produção de etileno, manutenção da cor e firmeza e redução de podridões. Geralmente, quanto maior a concentração de CO<sub>2</sub> e menor a de O<sub>2</sub>, dentro dos limites de tolerância do produto, quanto for a permanência no armazenamento em AC, mais intensos serão os efeitos residuais.

O tratamento AR, mostrou os valores mais altos, de produção de etileno tanto na saída do armazenamento quanto após o período de vida de prateleira. Argenta *et al.* (2000), encontraram uma redução significativa na produção de etileno e CO<sub>2</sub> em maçãs armazenadas, em altas pressões parciais de CO<sub>2</sub>, em relação a aquelas armazenadas em condições de AR, onde a pressão parcial deste gás, é praticamente nula. O CO<sub>2</sub>, apesar de não afetar diretamente a síntese de etileno, tem efeito competitivo no seu sítio de ligação, por ser um análogo estrutural. A ação inibidora, pode ser também por ‘feed-back’, uma vez que o etileno é rapidamente oxidado a CO<sub>2</sub> nos tecidos (Chitarra & Chitarra, 1990). Gorny & Kader (1996) verificaram uma menor atividade das enzimas ACC oxidase e ACC sintase em maçãs ‘Fuji’, armazenadas em baixas pressões parciais de O<sub>2</sub> (0,5 e 1 kPa). Isto se deve ao fato de que a redução nos níveis de O<sub>2</sub> reduz a abundância dos transcritores destas enzimas. Os níveis de O<sub>2</sub> abaixo de 8%, diminuem a produção de etileno em frutos e vegetais frescos além, de reduzir a sensibilidade ao etileno (Burg

& Burg 1967). A síntese de etileno requer a presença de O<sub>2</sub>, assim como este gás é necessário para a ação do mesmo (Kidd & West, 1945, *apud* Matoo *et al.*, 1988).

**TABELA 8: Produção de etileno em maçãs, cultivares Fuji, Fuji Suprema e Fuji Kiku, procedentes de São Joaquim (SC), após 7 meses de armazenamento em diferentes condições de temperatura e composição da atmosfera e 7 dias a 20°C**

Tratamento	Temperatura (°C)	Atmosfera O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (KPa)	Etileno (µl kg <sup>-1</sup> hora <sup>-1</sup> )	
			Saída do armazenamento	Vida de prateleira
<b>Fuji</b>				
1	-0,5	21 + 0,03	4,7 bc* NS**	13,9 a NS
2	+0,5	1 + <0,5	4,4 bc NS	9,8 c NS
3	-0,5	0,8 + <0,5	7,0 a NS	10,5 c NS
4	-0,5	1 + <0,5	5,4 ab NS	9,8 c NS
5	-0,5	1,2 + <0,5	2,7 c NS	11,0 ab NS
6	-0,5	1 + 2	0,6 d NS	6,7 d NS
<b>C.V. (%)</b>	-	-	37,85	38,28 / <b>25,31</b>
<b>Fuji Suprema</b>				
1	-0,5	21 + 0,03	7,1 a NS	18,6 a NS
2	+0,5	1 + <0,5	5,6 ab NS	10,8 b NS
3	-0,5	0,8 + <0,5	3,4 c NS	8,2 b NS
4	-0,5	1 + <0,5	3,7 c NS	9,6 b NS
5	-0,5	1,2 + <0,5	4,6 bc NS	10,6 b NS
6	-0,5	1 + 2	0,6 d NS	6,9 b NS
<b>C.V. (%)</b>	-	-	26,26	44,09 / <b>46,11</b>
<b>Fuji Kiku</b>				
1	-0,5	21 + 0,03	8,5 a <b>BCD</b>	22,2 a <b>A</b>
2	+0,5	1 + <0,5	4,1 c <b>FG</b>	10,0 c <b>BC</b>
3	-0,5	0,8 + <0,5	8,0 bc <b>BCDE</b>	6,8 cd <b>CDEF</b>
4	-0,5	1 + <0,5	5,9 bc <b>DEF</b>	8,6 cd <b>BCD</b>
5	-0,5	1,2 + <0,5	4,3 c <b>F</b>	10,2 c <b>B</b>
6	-0,5	1 + 2	0,9 d <b>G</b>	5,6 d <b>EF</b>
<b>C.V. (%)</b>	-	-	32,86	7,75 / <b>30,38</b>

\*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, para cada uma das cultivares, não diferem entre si pelo teste LSD em nível de 10%.

#### 4.5-Polifenóis totais

Em relação aos teores de polifenóis totais não houve diferenças entre os momentos de avaliação da maçã ‘Fuji’ (Tabela 9). Ao contrário, em ‘Fuji Suprema, observou-se que não houve diferenças após 8 meses de armazenamento refrigerado, mas uma diminuição nos valores nos tratamentos de AR e 4, após o período de vida de prateleira. A análise estatística considerando os três momentos, não mostrou diferenças. Na ‘Fuji Kiku’, não houve efeito dos tratamentos avaliados. Estes resultados concordam parcialmente com os encontrados por Leja *et al.* (2003) num experimento com maçãs ‘Jonagold’ e ‘S’ampions’, neste caso, os níveis de polifenóis totais, aumentavam no período de vida de prateleira (7 dias a 16°C), em relação com o momento de saída do armazenamento e o momento de colheita respectivamente, tanto em condições de AR como AC. Estes autores atribuíram o aumento nos níveis de polifenóis à ação do etileno. O etileno estimula a atividade da enzima fenil amônio liasa, enzima chave na biossíntese e acumulação de compostos fenólicos (Hwang, Myoung-Won, & Young-Hee, 1994; Ritenour, *et al.*, 1995). Porém, outros autores (Awad *et al.*, 2001; Burda *et al.*, 1990; Mayr *et al.*, 1995), encontraram que dois dos polifenóis mais importantes, o ácido clorogênico e os flavonoides, diminuem durante a maturação dos frutos, até atingir um valor mínimo no final do período. O comportamento destes compostos durante o armazenamento e vida de prateleira é variável. Piretti *et al.* (1994), reportaram uma diminuição nos níveis de procianidinas, epicatequina e ácidos fenólicos durante o armazenamento refrigerado e vida de prateleira em maçãs ‘Granny Smith’ tanto em AC como em AR. Ju *et al.* (1996). Eles verificaram que em maçãs ‘Red Delicious’ e ‘Ralls’ armazenadas em frio durante 4-5 meses, os níveis de polifenóis totais permaneceram constantes, mas diminuíram no período de vida de prateleira (7 dias a 20°C). Spanos *et al.* (1990), encontraram maiores níveis de polifenóis totais, em suco de maçã, que tinham sido previamente armazenadas por 9 meses em comparação com o suco, das que tinham sido armazenadas por 3 meses. Segundo Burda *et al.* (1990), os níveis de procianidinas B2, epicatequina e dehidrochalcona, mantiveram-se relativamente constantes, tanto na casca, como na polpa de maçãs de diferentes cultivares, após 6 meses de armazenamento refrigerado. Perez-Illarbe *et al.* (1997), *apud* Awad & de Jager (2003), reportam que os níveis de polifenóis aumentavam na

casca, mas não na polpa de maçãs ‘Granny Smith’ armazenadas a 4°C por 10 dias seguido de 21 dias a 22°C.

**TABELA 9: Polifenóis totais em maçãs, cultivares Fuji, Fuji Suprema e Fuji Kiku, procedentes de São Joaquim (SC), após 7 meses de armazenamento em diferentes condições de temperatura e composição da atmosfera e 7 dias de vida de prateleira a 20°C**

Tratamento	Temperatura (°C)	Atmosfera O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (KPa)	Polifenóis totais (g l <sup>-1</sup> )	
			Saída do armazenamento	Vida de prateleira
<b>Fuji</b>				
Polifenóis totais no momento de colheita		955,1	DEF	
1	-0,5	21 + 0,03	949,6ab*DEF**	882,1 bc FG
2	+0,5	1 + <0,5	837,0 c G	992,0 a BCDE
3	-0,5	0,8 + <0,5	914,5 abc EFG	1063,2 a A
4	-0,5	1 + <0,5	935,2 abc DEF	842,4 c G
5	-0,5	1,2 + <0,5	847,8 bc G	981,2 ab CDE
6	-0,5	1 + 2	1007,3 a BCD	1033,5 a AB
C.V. (%)	-	-	7,67	7,23 / 8,45
<b>Fuji Suprema</b>				
Polifenóis totais no momento de colheita		944,8	BCD	
1	-0,5	21 + 0,03	867,6 bc DEF	809,0 c EFG
2	+0,5	1 + <0,5	766,7 c FG	985,7 a BC
3	-0,5	0,8 + <0,5	926,2 ab CD	996,5 a BC
4	-0,5	1 + <0,5	972,2 ab BCD	725,2 c G
5	-0,5	1,2 + <0,5	1002,8 a BC	1036,2 a AB
6	-0,5	1 + 2	912,7 ab CDE	1115,5 a A
C.V. (%)	-	-	9,95	9,98
<b>Fuji Kiku</b>				
Polifenóis totais no momento de colheita		1012,7	A	
1	-0,5	21 + 0,03	927,9 b BCD	883,8 c CDE
2	+0,5	1 + <0,5	839,7 b DEF	978,5 ab AB
3	-0,5	0,8 + <0,5	891,9 b CDE	1060,5 a A
4	-0,5	1 + <0,5	805,4 b F	841,5 bc DEF
5	-0,5	1,2 + <0,5	800,0 b F	988,4 ab AB
6	-0,5	1 + 2	855,7 b EF	953,3 ab BCD
C.V. (%)	-	-	19,18	11,49 / 13,66

\*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, para cada uma das cultivares, não diferem entre si pelo teste LSD em nível de 10%.

#### 4.6-Podridões e distúrbios fisiológicos

A incidência de podridões após da conservação da ‘Fuji’, foi baixa em todos os tratamentos de AC, com exceção do tratamento 2. Já em vida de prateleira, o maior valor correspondeu ao tratamento de AR seguido do tratamento 2, enquanto que não houve diferença entre os outros (Tabela 10). Para a ‘Fuji Suprema’, a maior porcentagem de frutos podres, foi encontrada nos tratamentos de AR nos dois momentos avaliados. Porém em ‘Fuji Kiku’ não foram encontradas diferenças na saída do armazenamento enquanto que após 7 dias o tratamento de AR, apresentou a maior incidência.

Segundo os valores apresentados, o tratamento de AR teve maior incidência em todas as cultivares. Não se registraram diferenças entre os tratamentos de AC em nenhuma delas, provavelmente pelo efeito positivo da AC no controle das podridões como já foi apontado (Kader, 1986; Church, 1994; Artés, Castañer & Gil, 1998).

A porcentagem de frutos com degenerescência senescente é apresentada na Tabela 11. Com relação a este distúrbio, a incidência foi muito baixa em todos os tratamentos e para todas as cultivares avaliadas. Em ‘Fuji’, a maior incidência foi verificada no tratamento de AR nos dois momentos avaliados. Não foi encontrada degenerescência na saída do armazenamento em ‘Fuji Suprema’, enquanto que em vida de prateleira não houve diferenças entre os tratamentos. Em ‘Fuji Kiku’ não houve diferenças entre os tratamentos nos dois momentos avaliados. Este distúrbio fisiológico associa-se com o armazenamento por longo período, sendo que o armazenamento em AC, que retarda a maturação, também retarda o aparecimento dos sintomas.

**TABELA 10: Porcentagem de frutos com podridões em maçãs, cultivar Fuji, Fuji Suprema e Fuji Kiku, de São Joaquim (SC), após 7 meses de armazenamento em diferentes condições de temperatura e composição da atmosfera e 7 dias a 20°C**

Tratamento	Temperatura (°C)	Atmosfera O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (KPa)	Frutos com podridões (%)	
			Saída do armazenamento	Vida de prateleira
<b>Fuji</b>				
1	-0,5	21 + 0,03	2,2 b* NS	20,6 a NS
2	+0,5	1 + <0,5	6,5 a NS	6,5 b NS
3	-0,5	0,8 + <0,5	1,1 b NS	9,8 c NS
4	-0,5	1 + <0,5	0 b NS	1,1 c NS
5	-0,5	1,2 + <0,5	2,2 b NS	2,2 c NS
6	-0,5	1 + 2	0 b NS	2,2 c NS
<b>C.V. (%)</b>	-	-	53,51	67,78
<b>Fuji Suprema</b>				
1	-0,5	21 + 0,03	13,9 a AB	21,7 a A
2	+0,5	1 + <0,5	3,3 b C	6,5 b C
3	-0,5	0,8 + <0,5	2,1 b C	6,5 b C
4	-0,5	1 + <0,5	3,3 b C	6,5 b C
5	-0,5	1,2 + <0,5	3,2 b C	3,3 b C
6	-0,5	1 + 2	1,1 b C	2,2 b C
<b>C.V. (%)</b>	-	-	69,39	60,80 / 35,29
<b>Fuji Kiku</b>				
1	-0,5	21 + 0,03	4,4 a B	22,8 a A
2	+0,5	1 + <0,5	1,1 a B	5,4 b B
3	-0,5	0,8 + <0,5	1,1 a B	1,1 bc B
4	-0,5	1 + <0,5	3,2 a B	5,4 bc B
5	-0,5	1,2 + <0,5	4,3 a B	6,5 b B
6	-0,5	1 + 2	3,3 a B	6,5 b B
<b>C.V. (%)</b>	-	-	64,18	36,54/ 46,83

\*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, para cada uma das cultivares, não diferem entre si pelo teste LSD em nível de 10%.

**TABELA 11: Porcentagem de frutos com degenerescência senescente em maçãs, cultivares Fuji, Fuji Suprema e Fuji Kiku, de São Joaquim (SC), após 7 meses de armazenamento em diferentes condições de temperatura e composição da atmosfera e 7 dias a 20 °C**

Tratamento	Temperatura (°C)	Atmosfera O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (KPa)	Degenerescência Senescente (%)	
			Saída do armazenamento	Vida de prateleira
<b>Fuji</b>				
1	-0,5	21 + 0,03	5,2 a A*	5,2 a A
2	+0,5	1 + <0,5	0 b C	0 b C
3	-0,5	0,8 + <0,5	0 b C	0 b C
4	-0,5	1 + <0,5	1,1 b C	3,2 b B
5	-0,5	1,2 + <0,5	0 b C	1,1 b C
6	-0,5	1 + 2	1,1 b C	1,1 b C
<b>C.V. (%)</b>	-	-	29,70	55,14 / <b>35,73</b>
<b>Fuji Suprema</b>				
1	-0,5	21 + 0,03	0 a NS	2,1 a NS
2	+0,5	1 + <0,5	0 a NS	2,1 a NS
3	-0,5	0,8 + <0,5	0 a NS	1,1 a NS
4	-0,5	1 + <0,5	0 a NS	0 a NS
5	-0,5	1,2 + <0,5	0 a NS	0 a NS
6	-0,5	1 + 2	0 a NS	1,1 a NS
<b>C.V. (%)</b>	-	-	0	51,34
<b>Fuji Kiku</b>				
1	-0,5	21 + 0,03	2,1 a NS	2,1 a NS
2	+0,5	1 + <0,5	0 a NS	0 a NS
3	-0,5	0,8 + <0,5	0 a NS	0 a NS
4	-0,5	1 + <0,5	0 a NS	0 a NS
5	-0,5	1,2 + <0,5	1,1 a NS	1,1 a NS
6	-0,5	1 + 2	1,1 a NS	1,1 a NS
<b>C.V. (%)</b>	-	-	40,62	51,65

\*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, para cada uma das cultivares, não diferem entre si pelo teste LSD em nível de 10%.

Em relação à degenerescência da polpa, a incidência foi também baixa (Tabela 12). Isto pode dever-se ao fato de que a manifestação deste distúrbio é influenciada pelo clima, solo, nutrição do fruto, idade da planta e manejo, portanto a incidência varia dependendo do ano e do local (Fan, 1992; Brackmann *et al.*, 2002). Para a cultivar Fuji, foi registrada uma maior incidência no tratamento 6, após 7 dias a 20°C, que foi o que utilizou 2kPa de CO<sub>2</sub>, verificando a suscetibilidade, já citada, desta cultivar a altos níveis deste gás. Na cultivar Fuji Suprema, não foi encontrada degenerescência na saída do armazenamento, nem diferenças no período de vida de prateleira. Em ‘Fuji Kiku’ a incidência do distúrbio, foi maior no tratamento 6 nos dois momentos avaliados. Em nenhuma das variedades cultivadas, houve interação entre momento e tratamento.

Concordando com os resultados encontrados neste experimento, Brackmann *et al.* (1995), verificaram que concentrações de CO<sub>2</sub> acima de 1%, causam degenerescência da polpa na cultivar Fuji. A temperatura de armazenamento, também tem efeito, sobre a incidência da degenerescência senescente sendo que Brackmann & Saquet (1995) e Bortoluzzi (1997) citam uma menor incidência quando a temperatura de armazenamento foi reduzida de 2°C para 1°C, e de 1°C para 0°C, mas estes autores não encontraram diferenças entre +0,5°C e -0,5°C.

**TABELA 12: Porcentagem de frutos com degenerescência da polpa em maçãs, cultivares Fuji, Fuji Suprema e Fuji Kiku, procedentes de São Joaquim (SC), após 7 meses de armazenamento em diferentes condições de temperatura e composição da atmosfera e 7 dias a 20 °C**

Tratamento	Temperatura (°C)	Atmosfera O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (KPa)	Degenerescência da polpa (%)	
			Saída do armazenamento	Vida de prateleira
<b>Fuji</b>				
1	-0,5	21 + 0,03	0 a NS*	1,1 b NS
2	+0,5	1 + <0,5	0 a NS	0 b NS
3	-0,5	0,8 + <0,5	0 a NS	0 b NS
4	-0,5	1 + <0,5	0 a NS	1,1 b NS
5	-0,5	1,2 + <0,5	0 a NS	0 b NS
6	-0,5	1 + 2	1,1 a NS	5,2 a NS
<b>C.V. (%)</b>	-	-	39,21	51,34
<b>Fuji Suprema</b>				
1	-0,5	21 + 0,03	0 a NS	0 a NS
2	+0,5	1 + <0,5	0 a NS	1,1 a NS
3	-0,5	0,8 + <0,5	0 a NS	0 a NS
4	-0,5	1 + <0,5	0 a NS	0 a NS
5	-0,5	1,2 + <0,5	0 a NS	0 a NS
6	-0,5	1 + 2	0 a NS	1,1 a NS
<b>C.V. (%)</b>	-	-	0	30,57
<b>Fuji Kiku</b>				
1	-0,5	21 + 0,03	0 b NS	0 b NS
2	+0,5	1 + <0,5	0 b NS	0 b NS
3	-0,5	0,8 + <0,5	0 b NS	0 b NS
4	-0,5	1 + <0,5	0 b NS	0 b NS
5	-0,5	1,2 + <0,5	1,1 b NS	1,1 b NS
6	-0,5	1 + 2	5,2 a NS	5,2 a NS
<b>C.V. (%)</b>	-	-	44,10	46,34

\*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, para cada uma das cultivares, não diferem entre si pelo teste LSD em nível de 10%.

## 5-CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste experimento, podemos concluir que:

O emprego de atmosfera controlada (AC), manteve a qualidade dentro dos níveis aceitáveis para o consumo, nas diferentes cultivares avaliadas durante 8 meses.

Em relação com a firmeza da polpa, na cultivar Fuji, os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos de 1,2kPa de O<sub>2</sub> + < 0,5kPa de CO<sub>2</sub>, e 1kPa de O<sub>2</sub> + 2kPa de CO<sub>2</sub> que não se diferenciaram do valor obtido na colheita após 7 dias a 20°C.

Na cultivar Fuji Suprema, não houve diferenças entre os tratamentos de AC em relação a firmeza da polpa, sendo que em AR após 7 dias houve perda acentuada da firmeza.

Os tratamentos de AC permitiram mantiveram a firmeza da polpa logo do período de vida de prateleira na cultivar Fuji Kiku.

Em relação aos SST, não foi encontrado efeito dos diferentes tratamentos avaliados para as maçãs 'Fuji' e 'Fuji Kiku', enquanto que o tratamento de 1kPa de O<sub>2</sub> + 2kPa de CO<sub>2</sub> permitiu manter os SST logo de 7 dias a 20°C.

Os tratamentos de AC mostraram efeito positivo na manutenção da AT nas diferentes cultivares.

O tratamento 1kPa de O<sub>2</sub> + 2kPa de CO<sub>2</sub>, determinou uma menor respiração e produção de etileno nos frutos das diferentes cultivares.

Os polifenóis totais mantiveram-se elevados e inclusive aumentaram em alguns dos tratamentos de AC.

Observou-se uma baixa incidência de podridões em todas as cultivares, sendo que o tratamento de AR determinou uma maior incidência.

A incidência de degenerescência senescente foi maior em AR para a cultivar Fuji enquanto que não houveram diferenças entre os tratamentos para suas mutantes.

Tanto a cultivar Fuji como sua mutante, Fuji Kiku apresentaram susceptibilidade a altos níveis de CO<sub>2</sub> (2kPa) manifestando uma maior incidência de degenerescência da polpa. Mas pelo fato deste distúrbio ser afetado por muitos fatores recomenda-se continuar com as pesquisas para tirar conclusões definitivas.

Não houve diferenças na qualidade das três cultivares de maçã entre as temperaturas de -0,5 e + 0,5 no tratamento de 1kPa de O<sub>2</sub> + < 0,5kPa de CO<sub>2</sub>.

## 6-BIBLIOGRAFIA

ABBOT, J.A.; AFFELDT, H.A.; LILIJEDAHN, L.A. Firmness measurement of stored "Delicious" apples by sensory methods, Magness-Taylor, and sonic transmission. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, n.4, p.590-595, 1992.

AGAR, I.T.; STREIF, J.; BANGERTH, F. Effect of high CO<sub>2</sub> and controlled atmosphere (CA) on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits. **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, p. 47-55, 1997.

ALONSO-SALCES, R. M, ET AL. Classification of apple fruits according to their maturity state by the pattern recognition analysis of their polyphenolic compositions. **Food Chemistry**, Article in press, 2004.

ARGENTA, L.C.; CANTILLANO, R.F.F.; SUZUKI, A. Frequência de escurecimento da polpa de maçãs cultivar Fuji durante a armazenagem em câmaras comerciais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.17, n1, p.67-74, 1995.

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**, v.16, n.3, p.111-118, 1994.

ARGENTA, L.C.; FAN, X.; MATTHEIS, J.P. Responses of 'Fuji' apples to short and long duration exposure to elevated CO<sub>2</sub> concentration. **Postharvest Biology and Technology**, v.24, p. 13-24, 2002.

ARGENTA, L.C.; FAN, X.; MATTHEIS, J.P. Delayed establishment of controlled atmosphere or CO<sub>2</sub> exposure reduces 'Fuji' apples injury without excessive fruit quality loss. **Postharvest Biology and Technology**, v.20, p. 221-229, 2000.

ARPAIA, M.; LABAVITCH, J.; GREVE, C.; KADER, A. Changes in the cell wall components of kiwifruit during storage on air or controlled atmosphere. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.112, n.3, p. 474-481, 1987.

ARTÉS, F. **Aplicación del frío a los alimentos**. Madrid: Mundi Prensa, 2000, 200p.

ARTÉS, F.; CASTAÑER, M.; GIL, M. I. Enzymatic browning in minimally processed fruit and vegetables. El pardeamiento enzimático de frutas y hortalizas mínimamente procesadas. **Food Science and Technology International**, v. 4, n.6, p. 377-389, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MAÇÃ. ABPM. **Caderno estatístico**. Fraiburgo: ABPM, 2004.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993, 114p.

AWAD, M.A.; de JAGER, A. Influences of air and controlled atmosphere storage on the concentration of potentially healthful phenolics in apples and other fruits. **Postharvest Biology and Technology**, v.27, p.53-58, 2003.

AWAD, M.A.; de JAGER, A.; van der PLAS, L.H.W.; van der KROL, A.R. Flavonoid and chlorogenic acid changes in skin of 'Elstar' and 'Jonagold' apples during development and ripening. **Scientia Horticulturæ**, v.90, p.69-83, 2001.

BABIC, I.; ROY, S.; WATADA, E.; WERGIN, W.P. Changes in microbial populations on fresh cut spinach. **Introduction Journal of Food Microbiology**, v. 31, p. 107-119, 1996.

BANGERTH, F.; DILLEY, D.R.; DEWEY, D.H. Effect of postharvest calcium treatments on Internal breakdown and respiration of apple fruits. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.97, n.1, p.679-682, 1972.

BEAUDRY, R. M.; CAMERON, A. C.; SHIRAZI, A.; DOSTAL-LANGE, D. L. Modified atmosphere packaging of blueberry fruit: effect of temperature on package O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, p. 436-441, 1992.

BEN, J.B.; EL-SAYED, M.M. Concentration of mineral constituents in apples cultivar Gloster and some factors determining their quality. **Acta Horticulturæ**, n.485, p. 55-59, 1999.

BEN-ARIE, R.; LEVINE, A.; SONEGO, L.; ZUTKHI. Differential effects of CO<sub>2</sub> at low and high O<sub>2</sub> on the storage quality of two apple cultivares **Acta Horticulturæ**, v. 287, p.75, 1993.

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

BERÜTER, J. Sugar accumulation and changes in the activities of related enzymes during development of the apple fruit. **Journal of Plant Physiology**, n.121, p.331-341, 1985.

BLOCK, G., PATTERSON, B., SUBAR, A. Fruit, vegetables and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence. **Nutrition and Cancer**, n.18, p.1-29, 1992.

BORTOLUZZI, G. **Efeito das temperaturas de armazenamento e condições de modificação de atmosfera controlada sobre a qualidade de maçã "Fuji"**, 1997. 93f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

BRACKMANN, A.; BENEDETTI, M; STEFFENS, C.A.; de MELLO A. M. Efeito da temperatura e condições de atmosfera controlada na armazenagem de maçãs 'Fuji' com incidência de pingo de mel. **Revista Brasileira de Agrociências**, v.8, n.1, p. 37-42, 2002.

BRACKMANN, A.; BORTOLUZZI, G; BORTOLUZ, L. Controle da degenerescência da polpa da maçã 'Fuji' com concentrações dinâmicas de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e redução da umidade relativa durante o armazenamento em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v.29, n.3, p. 459-463, 1999.

BRACKMANN, A.; CHITARRA, A.B. **Atmosfera modificada e atmosfera controlada. In: BORÉM, F.M. Armazenamento e processamento de produtos agrícolas.** Lavras: SBEA, 1998, p.133-170.

BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M.; STEFFENS, C.A. Conservação de maçã 'Fuji' sob diferentes temperaturas, umidades relativas e momentos de instalação da atmosfera de armazenamento. **Ciência Rural**, v.30, n.1, p. 81-84, 2000.

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

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

BRAMAGLE, W.J.; WEIS, S.A.; DRAKE, M. Predicting the occurrence of poststorage disorders of 'McIntosh' apples from preharvest mineral analysis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.110, n.4, p.493-498, 1985.

BRHUN, C. In: KADER, A.A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops.** Califórnia: University of Califórnia Davis, 2002.3<sup>rd</sup> Edition. p.31.

BURDA, S.; OLESZEK, W.; LEE, C.Y. Phenolic compounds and their changes in apples during maturation and cold storage. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.38, p. 945-948, 1990.

BURG, S.P.; BURG, E.A. Molecular requirements for the biological activity of ethylene. **Plant Physiology**, v.42, p. 144-152, 1967.

BURTON, W.G. Biochemical and physiological effects of modified atmospheres and their role in quality maintenance. In: **Postharvest Biology and Biotechnology.** Westport, Food and Nutritional Press, 1978, p.97-110.

CAMERON, A. C.; BEAUDRY, R. M.; BANKS, N. H.; YELANICH, M. V. Modified atmosphere packaging of blueberry fruit: modeling respiration and package oxygen partial pressures as a function of temperature. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.119, p. 534-539, 1994.

CHEESEMAN, K.F.; SLATER, T.F. An introduction to free radical biochemistry. **British Medical Bulletin**, v.49, p.481-493, 1993.

CHEN, P. M.; VARGA, D. M.; MIELKE, E. A.; DRAKE, S. R. Post-storage behaviour of apple fruit after low oxygen storage as influenced by temperatures during storage and in transit. **Journal of Food Science**, v.54, n.4, p. 993, 1989.

CHITARRA, M.I.F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In: **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas.** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.1-57.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças-fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.

CHURCH, N. Developments in modified-atmosphere packaging and related technologies. **Trends in Food Science and Technology**, v. 5, p.345-352, 1994.

DANIELS, J.A.; KRISHNAMURTHI, R.; RIZVI, S.S.H. A review of effects of carbon dioxide on microbial growth and food quality. **Journal of Food Protection**, v. 48, p.532-537, 1985.

DAVIES, M.B.; AUSTIN, J.; PARTRIDGE, D.A. **Vitamin C: Its Chemistry and Biochemistry**, 1991. Cambridge, Royal Society of Chemistry. 154 p.

DAVISON, R.M. Effect of early-season sprays of trace elements on fruit setting of apples. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.14, n.4, p.931-935, 1971.

DeELL, J.R.; KHANIZADEH, S.; SAAD, F.; FERREE, D.C. Factors affecting apple fruit firmness—a review. **Journal of the American Pomological Society**, v.55, p.8-27, 2001.

DIRECCION DE ESTADÍSTICA AGROPECUARIA, DIEA, MGAP. Encuesta frutícola 2005. Disponível em <http://www.mgap.gub.uy/DIEA/>. Acesso em 20 de agosto de 2005.

DI STEFANO, R.; CRAVERO, M.C.; GENTILINI, N. Metodi per lo studio dei polifenoli dei vini. **L'Enotecnico**, p.83-89, 1989.

DICK, A.; LABAVITCH, J. Cell wall metabolism in ripening fruit. IV. Characterization of the pectin polysaccharides solubilized during softening of “Bartlett” pears. **Plant Physiology**, v. 89, p. 1394-1400, 1989.

DIMICK, P.S.; HOSKIN, J.C. Review of apples flavor- State of the art. CRC. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, v.18, p.387-409. 1981.

DRAKE, S. R.; EISELE, T. A. Influence of harvest date and controlled atmosphere storage delay on the colour and quality of ‘Delicious’ apples stored in a purge-type controlled atmosphere environment. **HortTechnology**, v.4, n.3, p. 260, 1994.

DRAKE, S. R.; EISELE, T. A.; WAELTI, H. Controlled atmosphere storage of ‘Delicious’ apples in high and variable carbon dioxide. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.17, p. 177, 1993.

EBERHARDT, M.V.; LEE, C. Y.; LUI, R. H. A. Antioxidant activity of fresh apples. **Nature**, v.405, p. 904-905, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. EMBRAPA. Disponível em:<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Maca/ProducaoIntegradaMaca/colheita.html>. Acesso em 10 de agosto de 2005.

FAN, X. **Maturity and storage of 'Fuji' apples**, 1992. 201p. Thesis (Máster Science in Horticulture)- Washington State University, Washigton, 1992.

FAN, X.; MATTHEIS, J.P.; PATTERSON, M.E.; FELLMAN, J.K. Optimum harvest date and controlled atmosphere storage potential of 'Fuji' apples. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 7, **Proceedings...** , v.2, p. 42-49, 1997. University of Califórnia, Davis, 1997.

FERGUSON, I.B.; VOLZ, R.; WOLF, A. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p. 255-262, 1999.

FIDLER, J.C. Conditions of storage. In: **The Biology of Apples and Pear Storage**. East Malling,UK, Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, 1973, p. 3-61.

FIDLER, J.C.; NORTH, C.J. The effect of conditions of storage on the respiration of apples. IV. Changes in concentration of possibles substrates of respiration, as related to production of carbon dioxide and uptake of oxygen by apples at low temperature. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v.43, p.439-449, 1968.

FIDLER, J.C.; NORTH, C.J. The effect of storage on the respiration of apples. I.The effect of temperature and concentration of carbon dioxide and oxygen on the production of carbon dioxide and uptake of oxygen. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v.42, p.189-206, 1967.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT **FAO STATISTICAL DATABASES**. Disponível em: <http://apps.fao.org>. Acesso em 01 junho de 2005.

FORTES, G.R.L.; PETRI, J.L. **Distúrbios fisiológicos em macieiras e seu controle**. Florianópolis: EMPSC/ACARESC, 1982, 34p. (Boletim Técnico n.3).

FRANKE, A.A.; CUSTER, J.L.; ARAKAKI, C.; MURPHY, S.P. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.17, p.1-35, 2004.

FULEKI, T.; PELAYO, E.; PALABAY, R. Sugar composition of varietal juices produced from fresh and stored apples. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.42, p.1266-1275, 1994.

GEY, K.F. Ten-year retrospective on the antioxidant hypothesis of arteriosclerosis: threshold plasma levels of antioxidant micronutrients related to minimum cardiovascular risk. **Journal of Nutrition and Biochemistry**, v.6, p. 206-236, 1995.

GORNY, J.R.; KADER, A.A. Controlled-atmosphere suppression of ACC synthase and ACC oxidase in 'Golden Delicious' apples during long-term cold storage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.121, n.4, p.751-755, 1996.

- GORRIS, L.; TAUSCHER, B. Quality and safety aspects of novel minimal processing technology. In: **Processing of foods: Quality optimisation and process assessment**. Boca Raton, USA: CRC Press, 1999, p.325-339.
- GOW-CHIN, Y.; PIN-DER, D; HUI-LING, T. Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. **Food Chemistry**, n.79, p.3107-313, 2001.
- GUARINONI, A. Efectos del estado de madurez de los frutos a la cosecha sobre su conservación. In: Segundo Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones; Tercer Simpósio: Control de Fisiopatías em frutas durante su almacenamiento em frío, **Memórias...** Santiago de Chile, Chile, 2000, p. 29-38.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J.M.C. Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. **Methods of Enzymology**, v.186, p.1-85, 1990.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J.M.C. The definition and measurement of antioxidants in biological systems. **Free Radical Biology and Medicine**, v.18, p.125-126, 1995.
- HARDENBURG, R.E.; WATADA, A.E.; WANG, C. Y. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist nursery stocks**. Washington: USDA, 1988. 163p. (Agriculture Handbook, 66).
- HERTOG, L.A.T.M.; NICHOLSON, S.E.; BANKS, N.H. The effect of modified atmosphere on the rate of firmness change in 'Braeburn' apples. **Postharvest Biology and Technology**, v.23, p.175-184, 2001.
- HOLLMAN, P. C.; KATAN, M. B. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. **Food & Chemical Toxicology**, v.37 p.937-942, 1999.
- HUBER, D. The role of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Horticultural Review**, v.5, p. 168-219, 1983a.
- HUBER, D. Polyuronide degradation and hemicellulose modifications in ripening tomato fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.108, n.3, p. 405-409, 1983b.
- HUBER, D.; LEE, J. Uronic acid products released from enzymically active cell wall from tomato fruit and its dependency on enzyme quantity and distribution. **Plant Physiology**, v.87, p. 592-597, 1988.
- HUNSCHE, M. **Efeito da adubação potássica sobre a composição mineral e qualidade pós-colheita de maçã (*Malus domestica*, Borkh.) cultivar "Fuji"**, 2001. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.
- HWANG, J. H.; MYOUNG-WON, K.; YOUNG-HEE, K. Effects of ethylene and Ca<sup>2+</sup> on activity of phenylalanine ammonia lyase in glucan treated *Daucus carota*. **Journal of Plant Biology**, v.37, p. 263-269, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=PA&z=t&o=10>. Acesso em 10 de agosto de 2005.

JOLES, D. W.; CAMERON, A. C.; SHIRAZI, A.; PETRACEK, P. D.; BEAUDRY, R. M. Modified atmosphere packaging of 'Heritage' red raspberry fruit: respiratory response to reduced oxygen, enhanced carbon dioxide and temperature. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.119, p. 540-545, 1994.

JONES, A.L.; ALDWINCKE, H.S. **Compendium of apple and pear diseases**. St. Paul: APS Press. 1990, 125p.

JU, Z.; DUAN, Y.; JU, Z. Effects of covering the orchard floor with reflecting films on pigment accumulation and fruit coloration in "Fuji" apples. **Scientia Horticulturae**, v.82, p.47-56, 1999a.

JU, Z.; DUAN, Y.; JU, Z. Coloration potential, anthocyanin accumulation, and enzyme activity in fruit of commercial apple cultivars and their F1 progeny. **Scientia Horticulturae**, v.79, p.39-50, 1999b.

JU, Z.; YUAN, Y. Activities of chalcone synthase and UDPGal:flavonoid-3-o-lycosyltransferase in relation to anthocyanin synthesis in apple. **Scientia Horticulturae**, v.63, p.175-185, 1995.

JU, Z.; YUAN, Y.; LIU, C.; ZHAN, S.; WANG, M. Relationships among simple phenol, flavonoid and anthocyanin in apple fruit peel at harvest and scald susceptibility. **Postharvest Biology and Technology**, v. 8, p. 83-93, 1996.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmosphere on fruits and vegetables. **Food Technology**, n.40, v.5, p. 99-104, 1986.

KADER, A. A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. Califórnia: University of Califórnia Davis, 2002.3<sup>rd</sup> Edition. p. 39.

KADER, A.A. A summary of CA requirement and recommendations for fruits other than apples and pears. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 7, **Proceedings...**, v.3, p. 1-34, 1997. University of Califórnia, Davis, 1997.

KADER, A.A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E.L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, v. 28, n.1, p.1-30, 1989.

KE, D.; GOLDSTEIN, L.M.; O'MAHONY, M.; KADER, A.A. Effects of short-term exposure to low O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub> atmospheres on quality attributes of strawberries. **Journal of Food Science**, v.56, p.50-54, 1991.

KLUGE, R.A. ET AL. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1997, 163p.

- KLUGE, R.A.; CANTILLO, R.F.; BILHALVA, A.B. Armazenamento refrigerado de ameixas "Reubennel" (*Prunus salicina*, Lindl.): Efeito do estádio de maturação e do polietileno. **Scientia Agrícola**, v.53, n.2/3, p. 226-231, 1996.
- KNEE, M. Anthocyanin, carotenoid and chlorophyll changes in the peel of Co'x Orange Pippin apples during ripening on and off the tree. **Journal of Experimental Botany**, v.23, p.84-96, 1972.
- KNEE, M. Methods of measuring green colour and chlorophyll in apple fruit. **Journal of Food Technology**, v.15, p.493-500, 1980.
- KNEE, M. Pome fruits. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruits ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p.325-336.
- KNEE, M.; BARTLEY, L.M. Composition and metabolism of cell wall polysaccharides in ripening fruit. In: **Recent Advances in the Biochemistry of Fruits and Vegetables**. London: Academic Press, 1981, p.133-148.
- KNEE, M.; HATFIELD, S.G.S.; SMITH, S.M. Evaluation of various indicators of maturity for harvest of apple fruit intended for long-term storage. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v.64, n.1, p.413-419, 1987.
- LABAVITCH, J.M. Cell wall metabolism in fruit ripening. In: Symposium on the physiology of fruit drop ripening, storage and post-harvest processing of fruits. Torino, Itália, 1988. **Proceedings...**, Torino, Itália, 1988, p. 65-71.
- LANCASTER, J. E. Regulation of skin color in apples. **Critical Reviews in Plant Science**, v.10, p. 487-502, 1992.
- LARSEN, M.; WATKINS, C.B. Firmness and concentration of acetaldehyde, ethyl acetate and ethanol in strawberries stored in controlled and modified atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v. 5, p. 39-50, 1995.
- LAU, O. L.; MEHERIUK, M.; OLSEN, K. L. Effects of rapid CA, high CO<sub>2</sub>, and CaCl<sub>2</sub> treatments on storage behaviour of 'Golden Delicious' apples. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 108, n.2, p. 230, 1983.
- LAU, O.L. Harvest index, dessert quality, and storability of 'Jonagold' apple in air and controlled atmosphere storage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.113, n.4, p.564-569, 1988.
- LEJA, M.; MARECZEK, A.; BEM, J. Antioxidant properties of two apple cvs during long-term storage. **Food Chemistry**, v.80, p.303-307, 2003.

LI, C.; KADER, A.A. Residual effects of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality of strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.114, n.4, p.629-634, 1989.

LIMA MOURA, M.; SARGENT, S.; FERRAZ DE OLIVEIRA, R. Efeito da atmosfera controlada na conservação de tomates colhidos em estágio intermediário de maturidade. **Scientia Agrícola**, v.56, n.1, p.135-142, 1999.

LISTER, C.E.; LACASTER, J.E.; SUTTON, K.H. Developmental changes in the concentration and composition of flavonoids in skin of a red and a green apple cultivar **Journal of Science and Food Agricultural**, v. 64, p.155-161, 1994.

LITTLE, C. R.; FARAGHER, J. D.; TAYLOR, H. J. Effects of initial oxygen stress treatments in low oxygen modified atmosphere storage of ‘Granny Smith’ apples. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v.107, n.2, p. 230, 1982.

LYSIAK, G.P.; PACHOLAK, E. The influence of different doses of fertilization on storage of apples, cultivar Cortland. **Acta Horticulturae**, n.368, p. 546-551, 1994.

MACHLIN, L.J. **Handbook of Vitamins**, 1991. Dekker, New York, 595 p.

MAPSON, L.W. Vitamins in fruits. In: HULME, A.C. **The Biochemistry of Fruits and Their Products**, v. 1. London: Academic Press, 1970, v.1, p. 369-383.

MATTO, A.K.; KANELIS, A.K.; SOLOMOS, A.M. Low oxygen atmospheres and gene expression in relation to ethylene action. In: Symposium on the physiology of fruit drop ripening, storage and post-harvest processing of fruits. Torino, Itália, 1988. **Proceedings...**, Torino, Itália, 1988, p. 147-156.

MAYR, U.; TREUTTER, D.; BUELGA, S.; BAUER, H.; FEUCHT, W. Developmental changes in the phenol concentrations of Golden Delicious apple fruits and leaves. **Phytochemistry**, v.38, p.1151-1155, 1995.

MEDEIROS, E. A.A. **Efeito do tempo de resfriamento, temperatura de armazenamento, e concentração de oxigênio sobre a qualidade de maçã “Fuji”**, 1999. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.

MEHERIUK, M. Skin color in “Newton” apples treated with calcium nitrate, urea, diphenylamine and polymeric film coating. **HortScience**, v.24, n.5, p.775-778, 1989.

MITCHAM, E.J.; MITCHELL, F.G. In: KADER, A.A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. Califórnia: University of Califórnia Davis, 2002.3<sup>rd</sup> Edition. p.333.

MOONING, A. Studies on the reaction of Krebs cycle enzymes from apple tissue (cultivar Cox Orange) to increased levels of CO<sub>2</sub>. **Acta Horticulturae**, v.138, p.113-119, 1983.

- MOTOSUGI, H.; GAO, Y.P.; SUGIURA, A. Rootstocks effects on fruit quality of “Fuji” apples grown with ammonium or nitrate nitrogen in sand culture. **Scientia Horticulturae**, v.61, p. 205-214, 1995.
- NIELSEN, G.H.; SCIENZA, A. Development and correction of K deficiency in dip irrigated apple. **HortScience**, v.33, n.2, p.258-261, 1998.
- PETERSON, D. Oat antioxidants. **Journal of Cereal Science**, 33 p.115-129, 2001.
- PHAN, C.T. Occurrence of active chloroplasts in the internal tissues of apples. Their possible role in fruit maturation. In: **FACTEURS ET RÉGULATION DE LA MATURATION DES FRUITS**, 1974, Paris: Colloques Internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique, n. 238, 1975, p. 49-56.
- PIETTA, P.G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**, v.63, p.1035-1042, 2000.
- PIRETTI, M.V.; GALLERANI, G.; PRATELLA, G.C. Polyphenol fate and superficial scald in Apple. **Postharvest Biology and Technology**, v. 4, p.213-224, 1994.
- PLANCHON, V.; LATEUR, M.; DUPONT, P.; LOGNAY, G. M. Ascorbic acid level of Belgian apple genetic resources. **Scientia Horticulturae**, v.100, p. 51-61, 2004.
- PLOCHARSKI, W.; LANGE, E. The effect of prestorage treatment with high CO<sub>2</sub> concentration on the firmness and some other quality characteristics of CA stored McIntosh apples. In: XVI<sup>th</sup> International Congress of Refrigeration. Paris, Commission C2, 1982, **Proceedings...**, Paris, p. 522–527.
- REAY, P.F. The role of low temperatures in the development of the red blush on apple fruit (“Granny Smith”). **Scientia Horticulturae**, n.79, p.113-119, 1999.
- REID, M. In: KADER, A.A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. Califórnia: University of Califórnia Davis, 2002.3<sup>rd</sup> Edition. p.55.
- RITENOUR, M. A.; AHRENS, M. J.; SALTVEIT, M. E. Effects of temperature on ethylene-induced ammonia lyase activity and russet spotting in harvested iceberg lettuce. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 120 n.1, p. 84-87, 1995.
- RYALL, L. A.; PENTZER, W. **Handling, transportation and storage of fruits and vegetables**. Abibook: Westport, 1993. 2<sup>nd</sup> Edition. 610p.
- SALTVEIT, M. E., Jr. A summary of CA and MA requirements and recommendations for harvested vegetables. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 7, **Proceedings...**, v.4, p. 98-117, 1997. University of Califórnia, Davis, 1997.
- SALUNKHE, D.K.; BOLIN, H.R.; REDDY, N.R. **Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables**. Boston: CRC Press, 1991. 2<sup>nd</sup> Edition. Vol I. 321p.

- SCHWARZ, A. Relative humidity in cool stores: measurement, control and influence of discrete factors. **Acta Horticulturae**, n.368, p.867-892, 1994.
- SHEAR, C.B.; FAUST, M. Incidence of Cork Spot as related to calcium in the leaves and fruit of 'York Imperial' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.97, n.1, p.61-64, 1972.
- SIDDIQUI, S.; BRACKMANN, A.; STREIF, J.; BANGERTH. Controlled atmosphere storage of apples: cell wall composition and fruit softening. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v.71, p. 613-620, 1996.
- SNOWDON, A.L. **A color atlas of postharvest diseases and disorders of fruits and vegetables**. Vol. 1: General Introduction and fruits. Boca Raton: CRC Press. 1990, 302p.
- SOMMER, M.F.; FORTLAGE, R.J.; EDWARDS, D. In: KADER, A.A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. California: University of California Davis, 2002. 3<sup>rd</sup> Edition. p. 200-205.
- SPANOS, G. A.; WROLSTAD, R. E. Influence of variety, maturity, processing, and storage on the phenolic composition of pear nectar. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 38, 817-824, 1990.
- STEENKAMP, J.; de VILLIERS, O.T. The role of organic acids and nutrient elements in relation to bitter pit in Golden Delicious apples. **Acta Horticulturae**, n.138, p. 35-42, 1983.
- STREIF, J. Jod-Stärke-Test zur Beurteilung der Fruchtreife bei Äpfeln. **Obst und Garten**, Stuttgart, v.8, p.14, 1984.
- TASHTOUSH, B. Natural losses from vegetables and fruit in products in cold storage. **Food Control**, v.11, p.465-470, 2000.
- TIJSKENS, L.M.M.; VAN SCHAİK, A.C.R.; DE JAGER, A.; HERTOOG, M.L.A.T.M. Modelling the firmness of 'Elstar' apples during storage and transport. **Acta Horticulturae**, n.485, p.363-371, 1999.
- TIMBERLAKE, C.F. Anthocyanins in fruits and vegetables. In: **Recent Advances in the Biochemistry of Fruits and Vegetables**. London: Academic Press, 1981. p.221-241.
- TOMALA, K. Orchard factors affecting fruit storage quality and prediction of harvest date of apples. **Acta Horticulturae**, n.485, p.373-382, 1999.
- TOMALA, K.; DILLEY, D.R. Some factors influencing the calcium level in apple fruits. **Acta Horticulturae**, n.274, p.481-487, 1990.
- TOMALA, K.; MYGA, W.; KOBYLINSKA, J. Attempts at predicting storage ability of apples. **Acta Horticulturae**, n.326, p.149-156, 1993.

- TUCKER, G.A. Introduction. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruits ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 1-31.
- ULRICH, R. Organic acid. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970, v.1, p. 89-118.
- VAN der MEER I.M.; STUITJE, A.R.; MOL, J.N.M. Regulation of general phenylpropanoid and flavonoid gene expression. In: VERNA, D.P.S. **Control of gene expression**. Boca Ratón: CRC Press, 1993, p. 125-155.
- VOLZ, R. K.; BIASI, W.V.; MITCHAM, E.J. Fermentative volatile production in relation to carbon dioxide induced flesh browning in 'Fuji' apple. **HortScience**, v.33, n.7, p. 1231-1234, 1998.
- WESTERCAMP, P. Conservation des pommes: quelques erreurs à éviter. **Centre technique interprofessionnel des fruits e légumes/Cefel**, n.129, p. 38-42, 1997.
- WILLS, R.; MC GLASSON, W.; LEE, T.; GRAHAM, D. **Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas- postrecolección**. Zaragoza, Acribia, 1984. 195p.
- WILLS, R.B.H.; SCOTT, K.J. Studies on the relationship between minerals and the development of storage breakdown in apples. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.32, p.331-338, 1981.
- YAHIA, E.M. Apple Flavour. **Horticultural Review**, v.16, p. 197-233, 1994.
- YAHIA, E.M. Modified and controlled atmospheres for tropical fruits. **Horticultural Review**, v.22, p.123-183, 1998.
- ZOFFOLI, J.P.; RODRIGUEZ, J.; ALDUCE, P.; CRISOSTO, C.H. Atmósfera modificada en frutos de duraznos "Elegant Lady" y "O' Henry". **Frutícola**, v.18, n.2, p.59-65, 1998.

2.7.1-Temperatura de armazenamento .....	33
2.7.2-Umididade relativa .....	34
2.7.3-Composição da atmosfera de armazenamento .....	35
<b>3-MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.3-Local de trabalho, procedência e seleção dos frutos .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2-Tratamentos .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3-Variáveis avaliadas .....</b>	<b>39</b>
3.3.1-Firmeza da polpa .....	39
3.3.2-Peso dos frutos .....	39
3.3.3-Teste de iodo-amido .....	39
3.3.4-Sólidos solúveis totais (SST) .....	40
3.3.5-Acidez titulável (AT) .....	40
3.3.6-Cor da epiderme .....	40
3.3.7-Polifenóis totais .....	41
3.3.8-Açúcares redutores .....	42
3.3.9-Vitamina C .....	43
3.3.10-Antocianinas totais .....	43
3.3.11-Distúrbios fisiológicos .....	44
3.3.12-Podridões .....	44
3.3.13-Produção de etileno e respiração .....	45
<b>3.4-Análise estatística .....</b>	<b>45</b>
<b>4-RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>4.1-Condições dos frutos ao momento da colheita .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2-Evolução da firmeza da polpa .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3-Evolução dos sólidos solúveis totais e acidez titulável .....</b>	<b>51</b>
<b>4.4-Respiração e produção de etileno .....</b>	<b>55</b>
<b>4.5-Polifenóis totais .....</b>	<b>59</b>
<b>4.6-Podridões e distúrbios fisiológicos .....</b>	<b>61</b>
<b>5-CONCLUSÕES .....</b>	<b>66</b>
<b>6-BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>68</b>