

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL**



DISSERTAÇÃO

**ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MAÇÃS, (*Malus
doméstica* Borkh L.) CULTIVAR JONAGOLD**

CILENE DE SOUZA

Pelotas, 1999

CILENE DE SOUZA

ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MAÇÃS, (*Malus doméstica* Borkh L.) CULTIVAR JONAGOLD

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Agroindustrial.

Orientador: Dr. Cesar Valmor Rombaldi

Pelotas, 1999

S729e

Souza, Cilene de

Estádio de maturação e armazenamento de maçãs, (*Malus doméstica* Borkh L.) cultivar Jonagold / Cilene de Souza. – Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1999.

31 f.: il.; 29,7 cm

Orientador: Dr. Cesar Valmor Rombaldi.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-Graduação Mestrado em Ciências e Tecnologia Agroindustrial, Pelotas, 1999.

1. Maçã. 2. Armazenamento. 3. Atmosfera controlada. 4. Maturação. 5. Atmosfera refrigerada. I. Souza, Cilene de. II. Rombaldi, Cesar Valmor. III. Universidade Federal de Pelotas. Programa de Pós-Graduação Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. IV. Título

CDD: 634.11

CILENE DE SOUZA

ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MAÇÃS, (*Malus doméstica* Borkh L.) CULTIVAR JONAGOLD

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia Agroindustrial do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 30 de março de 1999

Banca examinadora:

.....
Prof. Dr. Cesar Valmor Rombaldi (Orientador)

.....
Prof. Pesquisador. Cesar Luiz Girardi

.....
Prof. Pesquisador. Rufino Fernando Cantillano

.....
Prof.Dr. José Carlos Fachinello

A meus pais, a meus irmãos, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus cujo temor é o princípio da sabedoria.

Aos meus pais pela minha existência.

Ao professor Cesar Valmor Rombaldi pela orientação.

A Universidade Federal de Pelotas, pela oportunidade de realizar o curso.

A empresa Rasip por permitir a realização do experimento.

Aos bolsistas de iniciação científica Vilmar, Wolnei, Lilia e Cassiane pela dedicação durante a realização das análises.

A Silvio Luiz Benedete por todo o apoio recebido durante este trabalho.

Aos professores do curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial que contribuíram para a minha formação.

RESUMO

SOUZA, Cilene. **Estádio de maturação na conservação de maçãs (*Malus doméstica Borkh L.*), cultivar Jonagold**. 1999, 31 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1999.

Determinou-se o estágio de maturação para maçãs da cultivar Jonagold, armazenadas em atmosfera refrigerada convencional (AR) e controlada (AC). As maçãs foram colhidas em três estágios de maturação e armazenadas em atmosfera refrigerada convencional a 0,5 °C e 92-95% de Umidade Relativa e em duas condições de atmosfera controlada: AC₁, onde o O₂ foi reduzido para 1,5 kPa e o CO₂ aumentado para 2,5 kPa; AC₂ com 1,5 kPa de O₂ e 3,5 kPa de CO₂. Na instalação do experimento, aos 90, 180 e 270 dias foram coletadas amostras para a determinação de firmeza de polpa, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e produção de etileno. As análises foram realizadas um e seis dias após a retirada das frutas da câmara fria. Os resultados indicaram que a colheita das frutas com 84N de firmeza de polpa, índice de iodo-amido de 3,0 à 3,5, 14°Brix e uma coloração de superfície com 60% de coloração avermelhada permite associar o bom potencial de conservação com bons atributos de aparência.

Palavras-chave: Maça Jonagol. Atmosfera controlada. Estádio de maturação. Etileno.

ABSTRACT

SOUZA, Cilene. Maturation Stadium in the conservation of apples (*Malus domestica* Borkh L.), cv. Jonagold. 1999. 31 f. Dissertation (Master Degree em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1999.

The maturation stadium was determined for apples of the cv. Jonagold, stored in conventional refrigerated atmospheres (AR) and controlled (AC). The apples were picked in three maturation stadiums and stored in conventional refrigerated at 0,5 °C and 92-95% of relative humidity and in two conditions of controlled atmosphere: AC₁, where the O₂ were reduced for 1,5 kPa and the CO₂ increased for 2,5 kPa; AC₂ with 1,5 kPa of O₂ and 3,5 kPa of CO₂. In the installation of the experiment to the 90, 180, 270 days, samples were collected for the determination of pulp firmness, total soluble solids, acidity total and ethylene production. The analyses were accomplished an and six days after the retreat of the fruits of cold camera. The results indicated that the crop of the fruit with 84 N of pulp firmness, index of iodine-starch of 3,0 to 3,5, 14,8 °Brix and a surface coloration with 60% of red coloration allows to associate the good conservation potential with good appearance attributes.

Key-words: Controlled atmosphere. Apple Jonagol. Maturation. Ethylene.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Coloração de superfície de maçãs cv. Jonagold colhidas em três estádios de maturação 15
- Figura 2: Firmeza de Polpa de maçãs cv. Jonagold: Gráfico AR (atmosfera resfriada), AC₁ (atmosfera controlada 1) e AC₂ (atmosfera controlada 2) (Linhas contínuas) Um dia após saída da câmara 20
- Figura 3: Acidez de maçãs cv. Jonagold: Gráfico AR (atmosfera resfriada), AC₁ (atmosfera controlada 1) e AC₂ (atmosfera controlada 2) (Linhas contínuas) Um dia após saída da câmara. 21
- Figura 4: Sólidos Solúveis de maçãs cv. Jonagold: Gráfico AR (atmosfera resfriada), AC₁ (atmosfera controlada 1) e AC₂ (atmosfera controlada 2) Linhas contínuas) Um dia após saída da câmara. 24
- Figura 5: Produção de Etileno de maçãs cv. Jonagold: Gráfico AR (atmosfera resfriada), AC₁ (atmosfera controlada 1) e AC₂ (atmosfera controlada 2) Linhas contínuas. Um dia após saída da câmara..... 25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização dos estádios de maturação de maçãs da cv. Jonagold... 17

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC –	Atmosfera controlada.
ACARESC –	Associação de Crédito e Assistência Rural de Santa Catarina.
AR –	Atmosfera refrigerada convencional.
ATT –	Acidez titulável total.
°C –	Grau centígrado.
CO ₂ –	Dióxido de carbono.
cv –	cultivar.
g –	grama.
h –	hora.
kPa –	Kilograma por pressão.
mL –	mililitro.
mm –	milímetro.
m/v –	massa/volume.
N –	Newton
NaOH –	Hidróxido de Sódio
O ₂ –	Oxigênio.
ppm –	Partes por milhão
RASIP –	Randon Agrosilvopastoril.
RS –	Rio Grande do Sul.
SC –	Santa Catarina.
SST –	Sólidos solúveis totais.
UR –	Unidade relativa.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E FISIOLÓGICA	16
2.2	DELINEAMENTO ESTATÍSTICO.....	16
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1	INFLUÊNCIA DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO NO ARMAZENAMENTO	18
4	CONCLUSÃO	28
	REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A partir da década de 70, a produção e o consumo per capita de maçãs vêm aumentando, contribuindo para que o Brasil assumisse, a partir de 1995, a posição de 3º maior produtor mundial de frutas. O cultivo da macieira está concentrado na Região Sul do País, onde os Estados do RS e SC contribuem com mais de 95% da produção nacional (ABPM, 1998).

O período de colheita das principais cultivares de maçãs plantadas no Brasil ainda é relativamente curto: fevereiro até meados de abril. Como apenas 20% da produção é consumida e/ou industrializada no período de safra, há necessidade de conservar as 500.000 toneladas restantes para atender o período de entre-safra e, sobretudo, os meses de outubro a dezembro, quando esta fruta atinge os melhores preços na comercialização (ABPM, 1998).

Com a integração dos Países do MERCOSUL aumentará ainda mais a concorrência na comercialização de maçãs, buscando-se a melhor relação qualidade/preço. Goffings & Herregods (1994) citam que para uma cultivar ganhar e manter-se no mercado, deve atender às exigências de sabor, tamanho, formato e coloração exigida pelo consumidor. Além disto, deve apresentar elevado potencial de produção, adaptar-se a sistemas integrados de produção e produzir frutas com bom potencial de conservação.

Goffings & Herregods (1994) afirmam que a aceitabilidade de maçãs baseada na aparência é um “fenômeno de moda” e é fortemente influenciado pelos balanços de oferta e demanda. Assim, por exemplo, durante o período de 1960 a 1990, as principais cultivares dominantes no mercado tendiam ao sabor suave-doce, tendo como protagonistas a *Red Delicious* nos Estados Unidos da América e a *Golden Delicious* na Comunidade Econômica Européia. O aumento da oferta e da exigência do consumidor oportunizou o surgimento de mercado para maçãs com melhores características organolépticas, como é o caso da cultivar Jonagold, amplamente cultivada nos países do Norte da Europa do Norte, e da Gala e Braeburn, principais cultivares na Nova Zelândia.

No Brasil, as frutas da cultivar Gala têm sido preferidas pelo consumidor, pelo bom equilíbrio entre o teor de açúcares e acidez, boa aparência, o formato cônico e uma coloração avermelhada brilhante.

A cultivar Jonagold tem-se mostrado promissora, tanto no potencial de produção quanto na qualidade das frutas. Esta cultivar, obtida pelo cruzamento de Golden Delicious X Jonathan, produz frutas grandes (peso médio 200g), de formato arredondado-cônico, coloração de fundo variando do esverdeado ao amarelado e de superfície avermelhada com, lisa, lustrosa, pedúnculo curto, sabor e aroma ácido-adoçado (GOFFINGS & HERREGODS, 1994).

Na Região Sul do Brasil a maturação das maçãs Jonagold ocorre num período intermediário às cultivares majoritárias, permitindo uma melhor otimização da mão-de-obra e do sistema de produção. Entretanto, por se tratar de uma cultivar produtora de frutos com acelerado metabolismo pós-colheita, o período de armazenamento é relativamente curto, de 30 a 60 dias (PECH et al., 1994).

Um dos principais fatores que afetam a qualidade e o potencial de conservação de frutas é o estágio de maturação no momento da colheita (HAMMETT, 1980). Assim, frutas colhidas em estágio precoces de maturação têm o período de conservação prolongada. Já aquelas colhidas tardiamente apresentam características organolépticas superiores, ou seja, melhor aparência, sabor e aroma (CHITARRA & CHITARARA, 1990; LAU, 1988), mas o período seguro de estocagem é diminuído. Por isto, há necessidade de se estabelecer, para cada variedade, em cada região de produção, o ponto de equilíbrio qualidade x conservabilidade. Para Monitorar a colheita deve-se determinar parâmetros capazes de diferenciar eficientemente os estágio de maturação das frutas (LAU, 1988).

Uma das principais alterações durante a maturação das frutas é a redução da firmeza da polpa, causada por mudanças estruturais na parede celular, catalizadas por de enzimas como as α e β -galactosidases, pectinases, *pectil metil esterases*, poligacturonases e celulasas (THEOLOGIS et al., 1993). A ação individual ou combinada destas enzimas diminuem a rigidez e a coesão celular, resultando no amolecimento das frutas (LAU, 1988).

Para a maioria das frutas climatéricas o etileno é necessário e suficiente para que o processo de maturação/senescência ocorra. É o caso de maçãs (DUPILLE et al., 1993), melões (AYUB, 1995) e flores (ABELES et al., 1992). Já em algumas variedades de tomate observou-se que o processo de maturação é independente da

produção de etileno, embora a aplicação exógena deste fitoregulador acelere o processo (GRIERSON, 1991).

Em maçãs, a inibição da produção (LESLIE, 1986) e ou da ação do etileno retarda o processo de maturação, indicando sua significativa influência no processo de maturação desta fruta.

Para frutas como maçãs, pêras e bananas onde parte dos carboidratos assimilados é acumulada na forma de amido, pode-se acompanhar a maturação através da evolução da bioconversão do amido. Para isto foi calibrado o teste de iodo-amido e estabelecidas tabelas de coloração relacionadas com os estádios de maturação. Entretanto, a eficiência desta metodologia depende da espécie e da cultivar (LAU,1988).

As determinações dos sólidos solúveis totais (SST) também podem ser utilizados como parâmetro para determinação do estágio de maturação na colheita (HAMMETT, 1980). Entretanto, como o teor de SST é fortemente influenciado pelas características varietais, e condições edafoclimáticas e de cultivo, deve-se avaliar os estudos para cada região (ERICSSON,1983 ; FORTES,1985)

Os ácidos orgânicos, produtos intermediários do metabolismo respiratório, além de contribuir para o sabor e aroma das frutas, servem como indicadores do estágio de maturação. Em maçãs, à semelhança da maioria da frutas climatéricas, o conteúdo de ácidos orgânicos diminui com a evolução da maturação. Isto se deve principalmente à oxidação dos ácidos málico e cítrico para a produção de energia no ciclo de Krebs e na síntese de açúcares. A velocidade destas reações está diretamente relacionada com a senescência das frutas (WESTWOOD, 1992).

O etileno, embora regule vários processos durante o crescimento dos vegetais, desempenha papel fundamental no controle da maturação de frutas climatéricas. Este hidrocarboneto passa a ter ação fisiológica a partir de concentrações, acima de 0,001ppm (AYUB,1995).

Dentro deste contexto, o trabalho visa determinar o estágio de maturação para maçãs Jonagold destinadas ao armazenamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O material vegetal foi constituído de maçãs (*Malus domestica*, Borkh L.), cv. Jonagold, colhidas em pomares comerciais de propriedade da empresa Randon Agrosilvopastoril (RASIP), na região de Vacaria - RS, na safra 96/97.

As frutas foram colhidas em 3 estádios de maturação, caracterizados em função da coloração de superfície (Figura 1).

As amostras, contendo 20 frutas cada, foram pesadas, tratadas com uma solução de benomil a 0,3% (m/v), pré-resfriadas em câmara fria com circulação forçada de ar durante 12 horas e armazenadas em atmosfera refrigerada convencional (AR) (0,5°C e 92-95% de umidade relativa - UR) e atmosfera controlada I - AC1 (0,5°C e 92-95% de UR e 1,5 kPa O₂ e 2,5 kPa CO₂), e atmosfera controlada II - ACII (0,5°C e 92-95% de UR e 1,5 kPa O₂ e 3,5 kPa CO₂).

Na colheita e aos 90, 180 e 270 dias de armazenamento, foram coletadas amostras para a realização de análises físico-químicas e fisiológicas. Estas determinações foram efetuadas um e seis dias após a retirada das frutas das câmaras de estocagem.



Figura 1: Coloração de superfície de maçãs cv. Jonagold colhidas em três estádios de maturação

Fonte: Pesquisa da Autora (1999)

2.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E FISIOLÓGICA

a) Firmeza de polpa: determinada com auxílio de um penetrômetro manual, marca Effegi, modelo FT 321, com ponteira de 11 mm de diâmetro. Os valores foram expressos em Newton (N).

b) Sólidos solúveis totais (SST): determinados com o auxílio de refratômetro manual, marca ATAGO, modelo N1. Os resultados foram expressos em oBrix.

c) Acidez titulável total (ATT): determinada por titulometria de neutralização, a partir de 10 mL de suco de maçã filtrado em papel Watman 3 M, titulados com uma solução de NaOH 0,1 N, usando fenolftaleína como indicador. Os resultados foram expressos em meq.100 mL⁻¹ de suco.

d) Produção de etileno: determinada por cromatografia gasosa, em um cromatógrafo Varian 200M, previamente calibrado com soluções padrões de etileno. Os resultados foram expressos em nanolitros de etileno, por hora, por grama de fruta (nL.h⁻¹.g⁻¹).

e) Teste iodo-amido: determinado utilizando uma solução de iodeto de potássio e iodo metálico a 1,2% (m/v). A intensidade e o perfil da coloração azulada obtidos foram comparados à escala de determinação do estágio de maturação de maçãs elaborada por Reni A . Werner - ACARESC (valores de 1 a 5).

2.2 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

O delineamento foi inteiramente casualizado, segundo um esquema fatorial 3x3x4 (estádios de maturação x métodos de frigoconservação x período de análise).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão descritas as principais características das maçãs da cultivar Jonagold, colhidas nos estádios de maturação I, II e III.

TABELA 1: Caracterização dos estádios de maturação de maçãs da cv. Jonagold.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICA	ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO		
	I	II	III
Firmeza de polpa (Newton)	88 ^a	84a	76b
Coloração de superfície (%)	25c	60b	90a
Teste de iodo – amido (escala 1-5)	2,0 a 2,5	3,0 a 3,5	4,0 a 4,5
Sólidos solúveis totais (^o Brix)	13,6c	14,8b	15,8a
Acidez titulável (meq.100mL ⁻¹)	10,3a	8,6b	7,3c
Produção de etileno (mL.h ⁻¹ g ⁻¹)	25c	35b	40a

*Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste Duncan ao nível de significância de 5%

Fonte: Pesquisa da Autora (1999).

Excetuando-se a firmeza de polpa, onde, observou-se variações significativas ($P \leq 0,05$) somente para o estágio III, as demais variáveis estudadas apresentaram diferença significativa entre os três estádios de maturação.

A evolução da maturação das frutas foi acompanhada de uma significativa ($P \leq 0,05$) redução da firmeza da polpa, do conteúdo de amido, representado pelo aumento dos valores do teste de iodo - amido, e da acidez total titulável. Também, observou-se um incremento da coloração de superfície, do teor de sólidos solúveis totais e da produção de etileno.

Em algumas cultivares, como Fuji, a avaliação da coloração das sementes, constitui um bom indicativo do estágio de maturação. O início do estágio de maturação é caracterizado pelo escurecimento do tegumento das sementes (FORTES, 1985). Em maçãs da cultivar Jonagold não observou-se este comportamento. Todas as frutas apresentavam sementes com tegumento escuro, já no estágio I (dados não apresentados).

Em países como Argentina, Estados Unidos, França, Bélgica e Chile onde a reprodutibilidade das condições de clima é elevada, pode-se comparar a evolução

da maturação de maçãs e determinar o ponto de colheita com a utilização de uma única análise como °Brix, acidez total titulável, índice de iodo amido, coloração de fundo ou de superfície. Entretanto nas principais regiões produtoras de maçã no Brasil, ocorrem significativas alterações climáticas entre safras, comprometendo a eficiência da utilização de uma única análise para determinar o ponto de colheita.

Assim, por exemplo, em safras onde as temperaturas noturnas são elevadas, observam-se deficiências na coloração de superfície. Já em safras onde na fase de expansão celular ocorre um excesso de chuvas e uma baixa radiação solar, resultam em frutas com baixos teores de sólidos solúveis e acidez. Por isto, há necessidade de se combinar variáveis, capazes de, no conjunto caracterizar o estágio de maturação.

A análise dos dados apresentados na Tabela 1 indicam que o estágio de maturação das maçãs na colheita afeta significativamente ($P \leq 0,05$) a firmeza de polpa das frutas, a acidez total titulável, o teor de sólido solúveis totais e a produção de etileno.

3.1 INFLUÊNCIA DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO NO ARMAZENAMENTO

As frutas colhidas nos estádios I e II de maturação mantiveram maiores valores médios de firmeza de polpa do que as maçãs colhidas no estágio III durante 270 dias de armazenamento como pode ser observado na Figura 2. Vendrell & Charrasquer (1994) citam que a colheita em estágio menos avançados de maturação prolongam o período de conservação, principalmente devido à manutenção da firmeza da polpa.

Quando as frutas foram mantidas durante seis dias em condições ambientais não controladas houve redução da firmeza de polpa de todas as frutas. Porém, as frutas colhidas nos estádios I e II e armazenados em atmosfera controlada, preservaram os melhores valores de firmeza de polpa, 68,5N em média. Já as frutas armazenadas em AR, reduziram a firmeza de polpa para valores entre 49 e 53 N, considerados baixos para frutas destinadas ao consumo "in natura" (JOHNSON et al., 1989; GOFFINGS & HERREGODS, 1994). Segundo Vendrell & Charrasquer (1994) as características varietais, o manejo pré-colheita e os sistemas de

armazenamento afetam significativamente a firmeza de polpa, mas destaca o estágio de maturação como fator determinante para a manutenção da firmeza de polpa.

Isto realmente foi observado para as maçãs armazenadas em atmosfera refrigerada convencional, onde a colheita tardia comprometeu a conservação das frutas por períodos prolongados. Entretanto, o uso da atmosfera controlada garantiu a manutenção de valores médios de firmeza de polpa superiores a 60 N, para todas as frutas. Mesmo assim, as maçãs colhidas nos estádios I e II apresentaram-se mais firmes (68 e 69N) do que as colhidas no estágio III (63N).

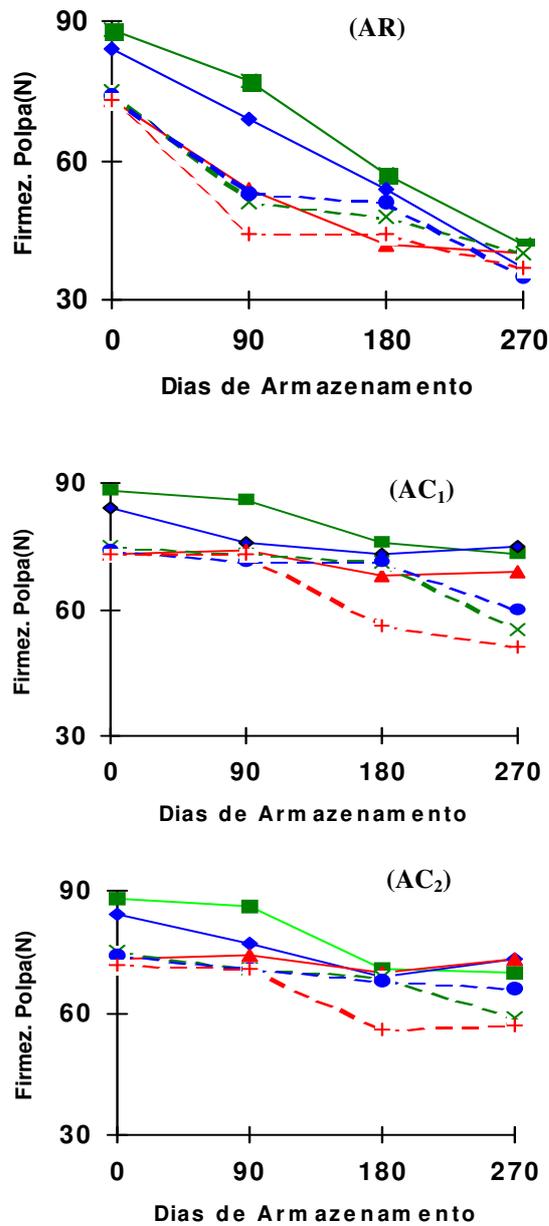


Figura 2: Firmeza de Polpa de maçãs cv. Jonagold: Gráfico AR (atmosfera resfriada), AC₁ (atmosfera controlada 1) e AC₂ (atmosfera controlada 2) (Linhas contínuas) Um dia após saída da câmara

Legenda: Estádio I: ■ - Estádio II: ◆ - Estádio III: ▲ (Linhas descontínuas) Seis dias após saída da câmara: Estádio I: × - Estádio II: ● - Estádio III: +

ACIDEZ

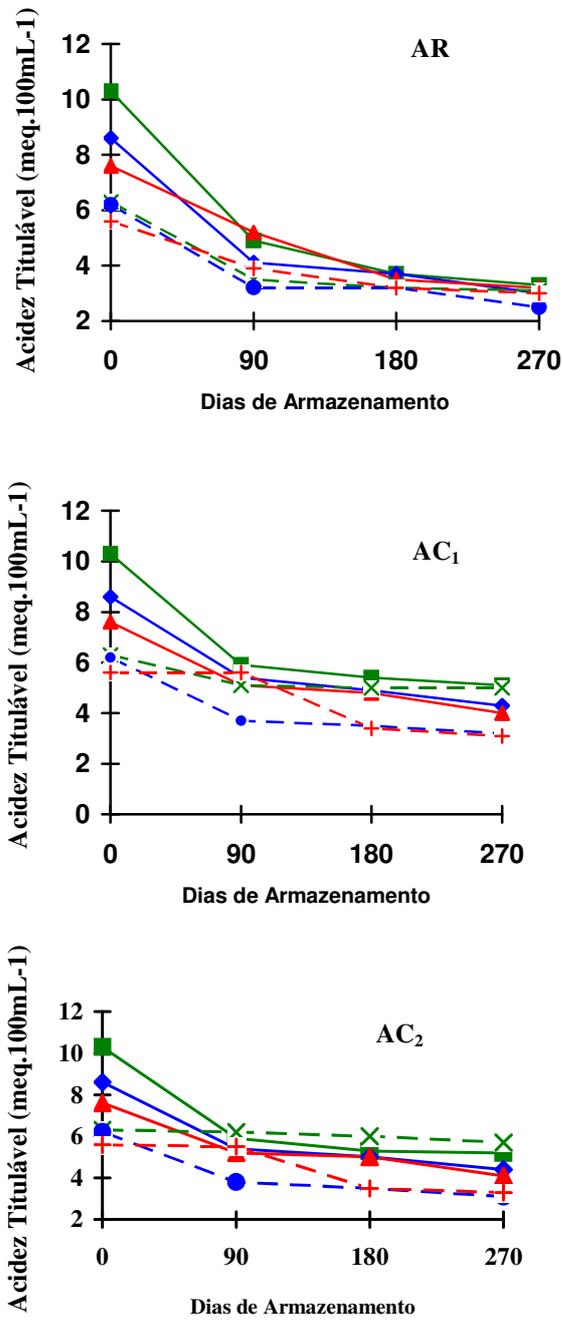


Figura 3: Acidez de maçãs cv. Jonagold: Gráfico AR (atmosfera resfriada), AC₁ (atmosfera controlada 1) e AC₂ (atmosfera controlada 2) Um dia após saída da câmara.

Legenda: Estádio I: ■ - Estádio II: ◆ - Estádio III: ▲ (Linhas descontínuas) Seis dias após saída da câmara Estádio I: × - Estádio II: ● - Estádio III: +

A acidez total titulável reduziu-se em todos os tratamentos realizados, influenciada pelo período e sistema de armazenamento, e pelo período de avaliação após a retirada das câmaras frias. Os menores valores foram observados nas maçãs colhidas mais maduras (estádios II e III) e àquelas armazenadas em atmosfera refrigerada convencional. Isto pode ser atribuído à maior taxa respiratória destas frutas e à menor eficiência da atmosfera refrigerada convencional no controle da maturação, confirmando os resultados de (BENDER, 1989; KADER et al., 1989; KE et al., 1991; BRACKMANN et al., 1996).

As maiores reduções da acidez total titulável foram observadas em frutas armazenadas em atmosfera refrigerada, aos 180 dias de armazenamento, onde observou-se uma redução de 8,3 meq.100mL⁻¹. para 3,0 meq.100mL⁻¹. Quando as maçãs foram mantidas em condições ambientais não controladas, a redução foi ainda maior atingindo, aos 180 dias 2,6 meq.100mL⁻¹. Lau (1988) também observou reduções significativas na acidez titulável, porém as variações absolutas foram menores. Isto pode ser explicado pelo fato de que este autor armazenou frutas em estágio de maturação mais avançado.

A redução da concentração de oxigênio no armazenamento em atmosfera controlada inibe enzimas responsáveis pela degradação do ácido málico, que é o principal ácido constituinte da acidez das maçãs (PURVIS,1993), o que justifica a melhor preservação da acidez nestas condições.

Segundo Ericsson (1983), a redução da acidez titulável em maçãs e em frutas de caroço é diretamente proporcional à evolução da maturação e inversamente proporcional à conservabilidade. Por isto há necessidade de se estabelecer uma combinação entre estágio de maturação e sistema de armazenamento que prolongue o período de conservação.

Kader (1989) cita que o emprego de atmosfera refrigerada não é suficiente para preservar as substâncias de reserva (açúcares e ácidos) por períodos prolongados de estocagem.

Tendências similares também foram observadas para outras cultivares de maçã como Golden *delicious* (BRACKMANN et al.,1996), Fuji (BRACKMANN,& SAQUET., 1995; BENDER,1991).

Os teores de sólidos solúveis também foram influenciados pelo estágio de maturação e pelas condições de armazenamento, (Figura 4). Pode-se observar que

nos estádios de maturação II e III, as maçãs apresentam valores superiores de SST, demonstrando estarem mais aptas para o consumo da fruta *in natura*.

As variações nos teores de sólidos solúveis foram maiores somente em maçãs armazenadas em atmosfera controlada, analisadas um dia após a retirada da câmara fria. Neste caso, houve um incremento no teor de sólidos solúveis totais passando de valores médios de 14,8 °Brix na instalação do experimento para 16,1 °Brix aos 270 dias de armazenamento. Este incremento deve-se, provavelmente, à bioconversão do amido e de macromoléculas da parede celular em substâncias hidrossolúveis (PECH et al., 1995).

Nas frutas armazenadas em atmosfera refrigerada convencional não houve variações significativas durante o armazenamento. A menor eficiência das condições da atmosfera refrigerada convencional no controle da atividade respiratória explica este comportamento.

Alguns trabalhos de pesquisa não avaliam as variações do teor de sólidos solúveis totais durante o armazenamento de maçãs (BRACKMANN et al., 1995, 1996; LAU, 1988). Entretanto, os resultados obtidos neste experimento mostram que a avaliação desta variável constitui um bom indicativo da eficiência do sistema de armazenamento na preservação do conteúdo de substâncias de reserva. Assim, as condições de atmosfera controladas proporcionaram uma melhor manutenção da firmeza de polpa, da acidez titulável e também dos sólidos solúveis totais.

Sólidos Solúveis Totais

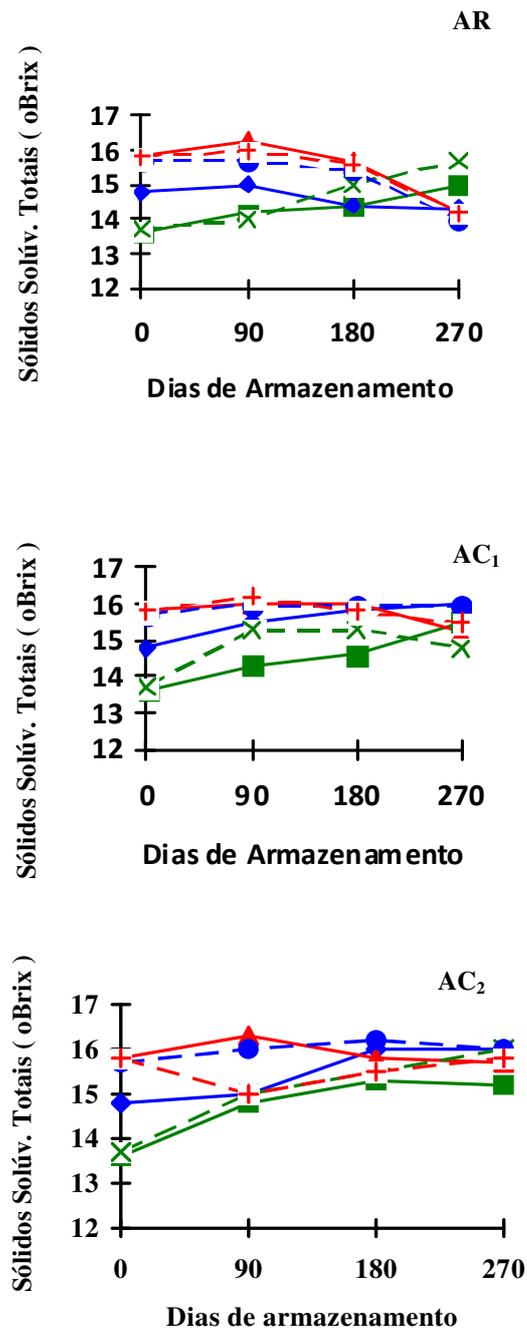


Figura 4: Sólidos Solúveis de maçãs cv. Jonagold: Gráfico AR (atmosfera resfriada), AC₁ (atmosfera controlada 1) e AC₂ (atmosfera controlada 2) Linhas contínuas) Um dia após saída da câmara.

Legenda: Estádio I: ■ - Estádio II: × - Estádio III: ◆ - Estádio IV: ▲ (Linhas descontinúas) Seis dias após saída da câmara: - Estádio I: ■ - Estádio II: × - Estádio III: ◆ - Estádio IV: ▲

Etileno

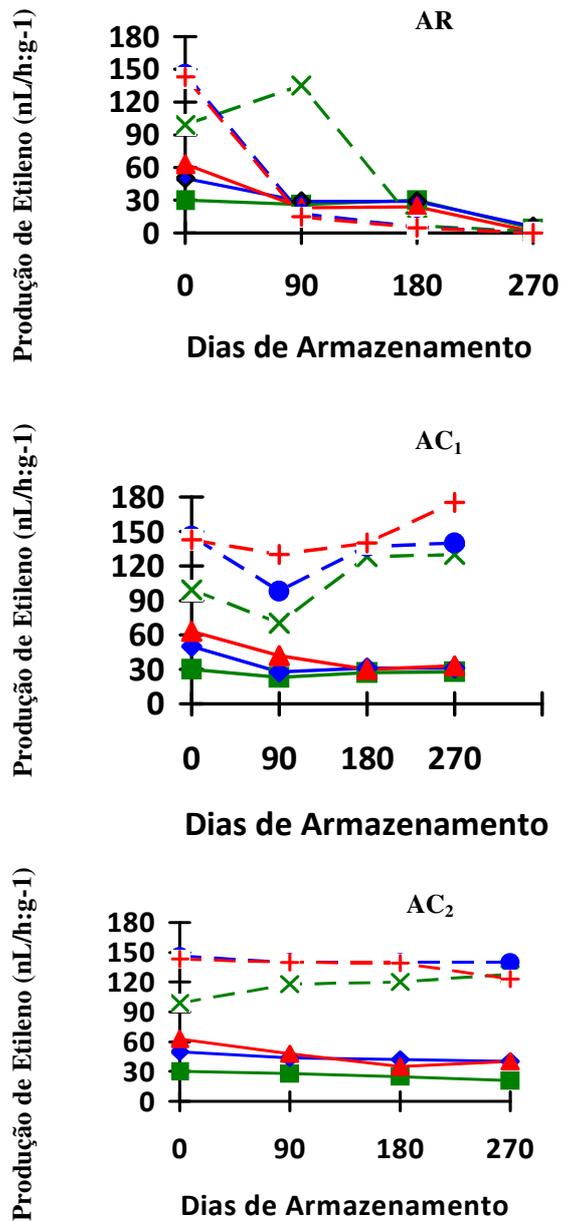


Figura 5: Produção de Etileno de maçãs cv. Jonagold: Gráfico AR (atmosfera resfriada), AC₁ (atmosfera controlada 1) e AC₂ (atmosfera controlada 2) Linhas contínuas. Um dia após saída da câmara.

Legenda: Estádio I: - Estádio II: ◆ - Estádio III: ▲ (Linhas descontinuas). Seis dias após saída da câmara: - Estádio I: ✕ - Estádio II: ● - Estádio III: +

A produção de etileno das maçãs cv. Jonagold variou de 22 a 147 nL.h⁻¹.g⁻¹, caracterizando-as como frutas altamente produtoras deste fitoregulador (PECH et al., 1994). Estes valores assemelham-se aos observados para a maçã Gala e Golden Delicious (BRACKMAN et al., 1994 e 1996).

As significativas variações nos valores médios de produção de etileno foi influenciada pelo ponto de colheita e pelo sistema de armazenamento. As frutas colhidas no estágio I produziram menos etileno do que as colhidas nos estágios II e III. Frutas em estágios menos avançados de maturação produzem menos etileno do que as mais maduras. Este comportamento está relacionado com a evolução da maturação (WATADA et al., 1984; HARTMANN, et al., 1989; GRIERSON, 1987; DUPILLE et al. 1993; JOHNSON, et al., 1989).

Segundo Lau (1988) e Pech et al. (1995) há correlação positiva entre produção de etileno e a velocidade das reações de senescência das frutas. Estes autores citam também que, por se tratar de um fitoregulador, cuja cinética de produção segue um comportamento de uma curva normal, o acompanhamento de sua evolução permite inferir sobre a integridade biológica das frutas. Isto pode ser observado ao compararem-se as frutas em atmosfera refrigerada convencional e as armazenadas em atmosfera controlada. Quando as avaliações foram realizadas um dia após a retirada das frutas das câmaras frias, os valores médios variaram de 22 a 30 nL.h⁻¹.g⁻¹ em frutas armazenadas em atmosfera refrigerada convencional e de 26 a 50 nL.h⁻¹.g⁻¹, para frutas armazenadas em atmosfera controlada. Já quando as frutas foram submetidas a condições ambientais não controladas durante seis dias, houve um aumento da produção de etileno, especialmente naquelas frutas armazenadas em atmosfera controlada, indicando, neste caso, que estas maçãs apresentavam-se melhor preservadas como pode ser observado na Figura 5.

Este comportamento foi observado em todo o período de avaliação, mesmo após 270 dias de estocagem observou-se uma produção média de etileno de 140 nL.h⁻¹.g⁻¹. Isso evidencia que as frutas apresentava-se fisiologicamente ativas. Lau (1988) cita que a eficiência de um sistema de armazenamento pode ser correlacionada com sua capacidade de retardar o início da fase climatérica.

As alterações associadas com o amadurecimento, como amolecimento, hidrólise de amido, alterações na cor e no sabor e síntese de novas substâncias, podem ser atribuídas a energia proveniente da atividade respiratória. O controle da

respiração pelo aumento do CO_2 e redução dos índices de O_2 no armazenamento de maçãs constitui o princípio básico da conservação desta fruta.

Neste estudo observou-se que as condições de atmosfera controlada utilizada retardam a evolução da maturação, pois quando as frutas são retiradas das câmaras e mantidas durante seis dias em condições ambientais não controladas, ainda apresentam grande potencial de produção de etileno.

4 CONCLUSÃO

- a) As maçãs do cultivar Jonagold, destinadas ao armazenamento, devem ser colhidas quando pelo teste de iodo-amido obtém-se um perfil entre 3,0 à 3,5 (escala 1-5); um teor de sólidos solúveis totais de 14,8°Brix; uma firmeza de polpa de 84N e uma coloração de superfície avermelhada atingindo aproximadamente 60% da superfície da fruta.
- b) É possível armazenar maçãs Jonagold em atmosfera controlada com 1,5 kPa de O_2 e 2,5 CO_2 ou 3,5 kPa de CO_2 por períodos superiores a 270 dias. Em atmosfera refrigerada convencional esse período é reduzido para 90 dias.
- c) As principais perdas que limitam o armazenamento de maçãs em atmosfera refrigerada convencional são as reduções da firmeza de polpa, acidez e integridade biológica.

REFERÊNCIAS

ABELES, F. B., MORGAN, P. W., SALTVEIT JÚNIOR, M. E. **Ethylene in plant biology**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1992. 414p.

AYUB, A. R. Manipulation génétique de la synthèse d'éthylène chez le melon (*Cucumis melo*, L.) par l'expression d'un adnc antisens codant pour l'ACC oxidase. **Institut National Polytechnique**, Toulouse, França, 1995. Thèse. (Doctorat).

BENDER, R. J.; EBERT, A. Determinação do ponto de colheita de cultivares de macieira. **Teste iodo-amido**. Florianópolis: EMPASC, 1985, 6p.

BENDER, R. J. Controlled atmosphere storage of apples cv. Gala in Southern Brazil. **Acta Horticulturae**. Wageningen, n. 258, p.221, 1989.

BRACKMANN, A. & SAQUET, A. A. Armazenamento de maçã cv. Gala em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 1, n. 2, p. 55-60, 1995.

BRACKMANN, A.; ARGENTA, L. C.; MAZARO, S.M. Concentrações de O₂ e CO₂ na qualidade de maçãs (*Malus domestica*, Bork, L.) cv. Gala, armazenadas a 0,5°C e 2,5°C. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 2, n. 1, p. 51-56, 1996.

BRACKMANN, A.; MAZZARO, S.; CECCHINI, R. Efeito do pre-resfriamento e tratamento pós-colheita sobre a qualidade de maçãs, cv. Golden Delicious e Fuji, durante o armazenamento em atmosfera normal e controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v. 16, n. 1, p. 7-14, 1994.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**: fisiologia e manuseio. ESAL/FAEPE, Lavras-MG, 1990, 543p.

DUPILLE, E.; ROMBALDI, C.; LELIÈVRE, J. M. Purification, properties and partial amino-acid sequence of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase from apple fruits. **Planta**, n. 190, p. 65-70, 1993.

ERICSSON, N. A. Influence harvest time on yield, fruit growth and quality in three apple cultivars. **Horticultural Abstracts**, v. 53, n.5, p. 310, 1983.

FORTES, G. R. L. **Características físicas e químicas de frutos de maçã (*Malus doméstica* Borkh, L.) cv. Gala na colheita e após frigoconservação.** Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG: UFV, 1985.

GOFFINGS, G.; HERREGODS, M. The influence of the storage conditions on some quality parameters of Jonagold apples. **Acta Horticulturae** 368, Posthaverst 93, p. 37-42, 1994.

GRIERSON, D. Senescence in fruits. **HortScience**, v. 22, p.859-862, 1987.

GRIERSON, D. Biotechnology of vegetable crops. **HortScience**, v. 26, p.1025-1028, 1991.

HAMMETT, L. K. **Evaluation of fresh market and storage quality of North Carolina Apples.** (Technical Bulletin, 262). North Carolina Agric. Res. Serv. 1980. 25 p.

HARTMANN, C.; DROVET, A. C.; MORIN, F. Ethylene and ripening of apple, pear and cherry fruit. **Plant Physiology. Biochemistry.** v. 25, p.505-512, 1989.

JOHNSON, D. S.; PRINJA, J.; SMITH, S. M. The use of controlled atmosphere (CA) conditions for the control of bitter pit and superficial scald in Bramley's Seedling apples. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE. 5, Wenatchee, Washington, 1989. **Proceedings** Wenatchee, Washington, v. 1, p.157-167, 1989b.

KADER, A. A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E.L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Food Science and Nutrition**, v. 28, p. 1-29, 1989.

KE, D.; RODRIGUEZ-SINOBAS, L.; KADER, A. A. Physiology and production of fruit tolerance to low-oxygen atmospheres. **Journal American Horticultural Science.** Alexandria, USA, v. 116, n. 2, p. 253-260, 1991.

LAU, O. L. Harvest indices, dessert, quality, and storability of 'Jonagold' apples in air and controlled atmosphere storage. **Journal American Horticultural Science.** v. 113, n. 4, p. 564-569, 1988.

LESLIE, C. A.; ROMANI, R. J. Salicylic acid: a new inhibitor of ethylene biosynthesis. **Plant Cell Reports**, n. 5, p. 144-146, 1986.

PECH, J. C.; BALAGUÉ, C.; LATCHÉ, A.; BOUZAYEN, M.; ROMBALDI, C.V. Postharvest physiology of climacteric fruits: recent developments in the biosynthesis and action of ethylene. **Sciences des Aliments**. Paris, n.14, p. 3-15, 1994.

PECH, J. C.; LASSERE, E.; AYUB, R.; GUIZ, M.; BIBONDE, S.; HERNEDEZ, J. A. ; RAMASSAMY, E.; ROMBALDI, C. V.; BOUZAYEN, M.; BALAGUÉ, C.; LATCHÉ, A. Involvement of ethylene in fruit ripening: Expression and control of ACC oxidase gene **Austral Journal Horticultural Research**, v. 54, n.3, p.1545-1549, 1995.

THEOLOGIS, A.; OELLER, P. W.; MIN-WONG, L. Modifying fruit ripening by suppressing gene expression in: PECH, J. C.; LATCHÉ, A.; BALAGUÉ, C. **Cellular and molecular aspects of the plant hormone ethylene**. Kluwer Academic Publishers, London, p. 19-23, 1993, 385p.

VENDRELL, M.; CHARRASQUER, A. M. Fisiología Postcosecha de Frutas de Hueso. In: CALIDAD POST-COSECHA Y PRODUCTOS DERIVADOS EN FRUTAS DE HUESO, 17-18 out. 1994. **Acta...** Lleida: IRTA/CIHEAM, p.37-53. 1994.

WATADA, A. E.; HERNER, R. C.; KADER, A. A.; ROMANI, R. J.; STABY, G. L. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. **HortScience**, v. 19, p. 20-21, 1984.

WESTWOOD, M. N. **Floricultura de zonas templadas**. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 1992, 461p.