**EFEITOS DE NÍVEIS DE O₂ E CO₂ NA CONSERVAÇÃO
PÓS-COLHEITA DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*)
cv. AGRISSET COLHIDO EM ESTÁDIO INTERMEDIÁRIO
DE MATURIDADE**

MÁRCIA LIMA MOURA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **RICARDO FERRAZ DE OLIVEIRA**

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura “Luiz de Queiroz”,
Universidade de São Paulo, para obtenção
do título de Mestre em Ciências, Área de
Concentração: Fisiologia e Bioquímica de
Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Outubro - 1997

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Moura, Márcia Lima

Efeitos de níveis de O_2 e CO_2 na conservação pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum*) cv. Agriset colhido em estágio intermediário de maturidade / Márcia Lima Moura. - - Piracicaba, 1997.

62 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997.
Bibliografia.

1. Armazenamento 2. Câmara de atmosfera controlada 3. Conservação de alimento 4. Maturidade vegetal 5. Pós-colheita 6. Qualidade fisiológica 7. Tomate I.
Título

CDD 635.642

**EFEITOS DE NÍVEIS DE O₂ E CO₂ NA CONSERVAÇÃO
PÓS-COLHEITA DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*)
cv. AGRISSET COLHIDO EM ESTÁDIO INTERMEDIÁRIO
DE MATURIDADE**

MÁRCIA LIMA MOURA

Aprovada em: 28.11.1997

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Ricardo Ferraz de Oliveira
Prof. Dr. Antonio Augusto Lucchesi
Prof. Dr. Fernando Luiz Finger

ESALQ/USP
ESALQ/USP
UFV

Prof. **RICARDO FERRAZ DE OLIVEIRA**
Orientador

*Dedico este trabalho as duas mulheres que
são meu exemplo de vida: minha mãe Léia
dos Santos Lima e minha madrinha Ivone
Vilhena.*

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTAS DE ABRAVIATURAS E SÍMBOLOS.....	viii
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Atmosferas de armazenamento.....	4
2.2 Modificações atmosféricas para a conservação do tomate.....	7
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1 Material.....	10
3.2 Métodos.....	16
3.2.1 Procedimento estatístico.....	16
3.2.2 Análises de frutos intactos.....	17
3.2.2.1 Perda de peso.....	17
3.2.2.2 Firmeza dos frutos.....	18
3.2.2.3 Cor.....	18
3.2.3 Análises de frutos processados.....	18
3.2.3.1 Acidez titulável.....	19
3.2.3.2 Açúcares totais.....	19
3.2.3.3 Vitamina C.....	20
3.2.3.4 Compostos voláteis.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 Experimento 1.....	21
4.1.1 Perda de peso.....	21
4.1.2 Firmeza.....	22
4.1.3 Cor.....	23

4.1.4	Análise química.....	26
4.1.4.1	Açúcares totais e acidez titulável.....	26
4.1.4.2	Vitamina C.....	27
4.1.5	Amadurecimento pós-colheita.....	28
4.2	Experimento 2.....	28
4.2.1	Perda de peso.....	28
4.2.2	Firmeza.....	29
4.2.3	Cor.....	30
4.2.4	Análise química.....	32
4.2.4.1	Açúcares totais e acidez titulável.....	32
4.2.4.2	Vitamina C.....	34
4.2.4.3	Compostos voláteis.....	34
4.2.5	Amadurecimento pós-colheita.....	35
5	CONCLUSÕES.....	36
	ANEXO.....	37
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
	Aêndice 1: Estádios de maturidade do tomate segundo o USDA.....	58
	Apêndice 2: Equações de regressão para compostos voláteis.....	60

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Estádio de maturidade dos frutos selecionados para os dois experimentos - estágio 2 (“breaker”) segundo critérios estabelecidos pelo USDA (1976).....	11
Figura 2 - Frutos acondicionados em recipientes de vidro de 9646 ml, sob atmosfera controlada a 12 °C.....	12
Figura 3 - Painel de controle das misturas de gases provenientes de suprimento engarrafado - localizado no laboratório de pós-colheita do Departamento de Horticultura da Universidade da Flórida, Gainesville, FL, EUA.....	14
Figura 4 - Sistema de capilares do painel de distribuição do fluxo - localizado no laboratório de pós-colheita do Departamento de Horticultura da Universidade da Flórida, Gainesville, FL, EUA.....	15

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Frutos e hortaliças classificados quanto a sua tolerância a baixas concentrações de oxigênio (O ₂).....	6
Tabela 2 - Frutos e hortaliças classificados quanto a sua tolerância a elevadas concentrações de gás carbônico (CO ₂).....	6
Tabela 3 - Esquema de análise da variância com a aplicação do teste F dos dados obtidos nos experimentos 1 e 2.....	16
Tabela 4 - Perda de peso e firmeza dos tomates após 7 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C (experimento 1).....	22
Tabela 5 - Cor dos tomates medida após 7 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C (experimento 1).....	24
Tabela 6 - Cor dos tomates medida após 7 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C e posterior amadurecimento a 20 °C (experimento 1).	25
Tabela 7 - Valores de açúcares totais, acidez titulável e vitamina C em tomates, medidos após 7 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C e posterior amadurecimento a 20 °C (experimento 1).....	27
Tabela 8 - Perda de peso e firmeza dos tomates após 14 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C (experimento 2).....	29
Tabela 9 - Cor dos tomates medida após 14 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C (experimento 2).....	31
Tabela 10 - Cor dos tomates medida após 14 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C e posterior amadurecimento a 20 °C (experimento 2).....	32
Tabela 11 - Valores de açúcares totais, acidez titulável e vitamina C em tomates, medidos após 14 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C e posterior amadurecimento a 20 °C (experimento 2).....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AA - ácido ascórbico
AC - atmosfera controlada
ACC - ácido 1-aminociclopropanocarboxílico
AM - atmosfera modificada
AP - altura de pico
atm - atmosfera
C - concentração
CA - Califórnia
CNTp - condições normais de temperatura e pressão
CO₂ - dióxido de carbono
CP - componentes principais
CV - coeficiente de variação
DNPH - dinitrofenilhidrazina
E - equivalentograma
EUA - Estados Unidos da América
F - fluxo total
FL - Flórida
FP - fluxo parcial
GL - graus de liberdade
K - graus Kelvin
m - massa
mE - miliequivalente
min - minuto
mol - moléculagrama
N - normal
N₂ - nitrogênio
nº - número

Nb - normalidade da base
NC - Carolina do Norte
NJ - Nova Jersey
NaOH - hidróxido de sódio
O₂ - oxigênio
P - pressão
PG - poligalacturonase
pH - potencial hidrogeniônico
PVC - cloreto de polivinila
QM - quadrado médio
R - constante universal dos gases perfeitos
rpm - rotações por minuto
T - temperatura
V - volume
Vb - volume da base
USDA - United States Department of Agriculture

RESUMO

O tomate é uma das principais olerícolas produzidas no Brasil e nos EUA. A colheita de frutos verdes, como é feita na Flórida, EUA, garante um longo período de vida pós-colheita, por outro lado, resulta em frutos maduros de baixa qualidade. No Brasil a colheita é feita quando os frutos já apresentam mais de 30% da superfície vermelha o que resulta num produto de curta vida pós-colheita. Um esquema que possa unir a longa vida pós-colheita com a boa qualidade final do fruto seria o ideal. O armazenamento sob atmosfera controlada, juntamente com a refrigeração, é um dos processos que tem sido muito utilizados para atrasar o amadurecimento e retardar a senescência de frutas e olerícolas. Neste trabalho procurou-se estudar os efeitos do uso da atmosfera controlada na qualidade final do tomate. Para isso, tomates (cv. Agriset) foram colhidos no estágio 2 de maturidade (menos de 10% de cor vermelha) e armazenados em um sistema de fluxo contínuo a 12 °C sob diferentes atmosferas (2% O₂, 3% O₂, 4% O₂, 2% CO₂, 4% CO₂, 7% CO₂ e ar) por dois períodos de tempo distintos, 7 e 14 dias. Após o armazenamento os frutos foram transferidos para uma câmara de amadurecimento (20 °C) e quando se encontravam totalmente maduros - começaram a perder a firmeza - foram avaliadas a perda de peso e firmeza, o desenvolvimento da cor, o conteúdo de açúcares totais e vitamina C, a acidez titulável e a produção de compostos voláteis. De acordo com os resultados obtidos as concentrações de 2% O₂ e 3% O₂ a 12 °C foram as mais eficazes para atrasar o amadurecimento dos frutos, principalmente quando o período de armazenamento foi de 14 dias. Os tratamentos com altos níveis de CO₂, por outro lado, não atrasaram o amadurecimento dos frutos.

SUMMARY

Tomato is one of the most important vegetable crop produced in Brazil and USA. In Florida, USA, tomatoes are harvested at green stage, it leads to a longer postharvest life but, in the other hand, to a poor quality when they reach edible maturity. The harvest in Brazil usually happens when more than 30% of fruit surface turned to red, these tomatoes have a better quality but for a short time. The ideal would be a scheme that gathers a long postharvest life with a good final quality. Controlled atmosphere and low temperature storage have been used to delay ripening and senescence of fruits and vegetables. The purpose of this research was to study the effects of controlled atmosphere storage on tomato quality. Tomatoes (cv. Agriset) was harvested at breaker stage (less than 10% of red coloration) and storage in a flow through system at 12 °C at various atmospheres (2% O₂, 3% O₂, 4% O₂, 2% CO₂, 4% CO₂, 7% CO₂ e air) for 7 and 14 days. After storage, fruits were allowed to ripen in a 20°C chamber until they reach edible maturity (when noticeable softening began), when weight loss, firmness, color, total sugars, titratable acidity, vitamin C and volatile production were measured. Our research suggested that 2% O₂ and 3% O₂ are the best atmosphere concentration to delay ripening when breaker tomatoes are storage for 14 days at 12 °C. However, fruits treated with high CO₂ didn't show a delay on ripening.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o tomate é uma cultura de grande importância econômica. Somente no estado de São Paulo, a área cultivada é de 17.000 ha com uma produção de 800.000 toneladas que equivalem a cerca de 10% da produção nacional de olerícolas (Camargo Filho & Mazzer, 1995). Mesmo assim, poucos esforços tem sido feitos para garantir a qualidade pós-colheita, logo, uma grande parte da produção é perdida. Isto tem levado os pesquisadores à procura de técnicas que possam reduzir as perdas que ocorrem durante o transporte e comercialização, e estender a vida pós-colheita dos produtos através do armazenamento, visando um maior período de comercialização e a regularização da oferta desses produtos no mercado.

Um desses processos, que vem sendo muito utilizado na pós-colheita, é o armazenamento sob refrigeração. O tomate, no entanto, é altamente suscetível a injúrias causadas por baixas temperaturas, suportando apenas temperaturas iguais ou maiores a 12 °C durante o armazenamento (Jackman et al., 1988). Uma alternativa é o uso da atmosfera controlada (AC) que, associada à refrigeração, pode ser um processo útil para prolongar o período de armazenamento do tomate, mantendo a boa qualidade do fruto. Muitos trabalhos realizados com maçã (Knee, 1980), manga (Bender et al., 1994), alface (Singh et al., 1972) e ervilha (Ontai et al., 1992), entre outros, têm comprovado que a AC é uma importante técnica para estender a vida pós-colheita de frutos e olerícolas.

Outro ponto que deve ser considerado para o armazenamento do tomate é o estágio de maturidade em que este se encontra no momento da colheita. O ponto de colheita é muito importante pois dele depende a vida pós-colheita e o processo de amadurecimento, que por sua vez influencia diretamente a qualidade do produto que chegará ao consumidor. No Brasil, os frutos (grupo ‘Santa Cruz’) são colhidos quando

apresentam mais de 30% da superfície com coloração rósea ou avermelhada - estádios 4 e 5 da escala do United States Department of Agriculture (USDA) de 1976 - o que resulta num produto final de boa qualidade (Apêndice 1), e são mandados para as centrais de distribuição logo em seguida. Todavia, as perdas durante a comercialização são grandes e o período de armazenamento fica reduzido, pois frutos nesse estágio tornam-se totalmente vermelhos em poucos dias e, conseqüentemente, mais suscetíveis a danos.

Por outro lado, nos Estados Unidos (EUA) o tomate é colhido verde-maduro, selecionado, transportado e amadurecido com etileno quando chega ao seu destino final. Esse esquema permite uma maior flexibilidade ao sistema, reduz o número de colheitas e permite uma vida mais longa ao produto, o que acaba por favorecer o transporte em longas distâncias, mas freqüentemente resulta em tomates de qualidade inferior se comparados com aqueles amadurecidos na planta. O processo de amadurecimento depende da maturidade fisiológica em que os frutos se encontram no momento da colheita e este é um fator que não pode ser determinado por suas características externas. Deste modo, uma grande parte dos frutos colhidos verde é imaturo o que compromete seu amadurecimento normal e, por conseqüência, a qualidade final do produto. Estudos mostraram que 40% a 80% dos tomates que passam pelos “packinghouses” na Florida, EUA, são imaturos (Sargent, 1995). Assim, os frutos que chegam ao consumidor têm qualidade inferior a desejada.

A qualidade do tomate depende de aparência, cor, textura, aroma e sabor. Segundo Jones & Scott (1983), tais características são distintas entre frutos colhidos verdes e aqueles colhidos vermelhos. Considera-se de ótima qualidade o fruto que sofre o processo de amadurecimento na planta, isto é, colhido totalmente vermelho (Nakhasi et al., 1991), além disso os consumidores preferem a cor e o sabor destes tomates (Hicks et al., 1975; Kader et al., 1977). No entanto, tomates vermelhos são perecíveis e muito suscetíveis a danos durante a comercialização e, portanto, não resistem ao rigor do sistema de manuseio pós-colheita.

Diante dessas informações pode-se supor que uma situação ideal seria aquela que permitisse uma boa qualidade final do produto e, ao mesmo tempo, uma longa vida pós-colheita; isto é, armazenar frutos que foram colhidos quando já atingiram a maturidade fisiológica, mas que não estejam num estágio muito avançado de maturidade, apresentando menos de 30% da superfície vermelha. Este fruto não teria seu amadurecimento normal comprometido, o que levaria a uma boa qualidade final e agregaria um alto valor ao produto. Por outro lado, este fruto teria curta vida pós-colheita se comparado com aqueles colhidos verdes, mas esse problema pode ser remediado pelo uso da AC. No entanto, ainda não se tem muita informação a respeito do uso da AC em tomates colhidos em estádios intermediários de maturidade. A maioria dos trabalhos que podem ser encontrados na literatura referem-se a tomates verdes ou totalmente vermelhos (Lockhart & Eaves, 1967; Parsons et al., 1970; Dennis et al., 1979; Vidigal et al., 1979; Hobson, 1981; Thomas et al., 1982; Brown et al., 1989; Marangoni & Stanley, 1991). Murata et al. (1968), no entanto, estudaram o efeito da alta concentração de CO₂ em tomates colhidos no estágio 2 ("breaker"), e mostraram que o uso da AC pode ser benéfico no armazenamento deste produto.

A partir do conhecimento desses problemas, sugerimos a utilização de um esquema que combine a boa qualidade final do produto, obtida no Brasil, com a maior vida pós colheita, como ocorre nos EUA. Para isto, neste trabalho foram utilizados tomates colhidos no estágio 2 de maturidade, pois estes seguramente já atingiram a maturidade fisiológica, e são mais resistentes ao manuseio. Estes frutos foram armazenados em AC a 12 °C, pois nessa temperatura pode-se evitar os danos causados pelo frio; e os efeitos das diferentes composições atmosféricas aplicadas foram avaliadas a partir do estudo de diversas variáveis como a mudança de cor e firmeza durante o armazenamento, e da qualidade final do fruto, analisando-se a acidez titulável, açúcares totais, vitamina C e compostos voláteis.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Atmosferas de armazenamento

A composição dos gases na atmosfera de armazenamento pode afetar diretamente a vida pós-colheita de um produto, principalmente alterações na concentração dos gases relacionados à respiração (O_2 e CO_2). Para esse sistema de armazenamento os termos atmosfera controlada (AC) e atmosfera modificada (AM) são comumente utilizados. Estes processos implicam na adição ou remoção de gases, resultando em uma composição atmosférica diferente da atmosfera normal do ar que é de 78,08% de N_2 , 20,69% de O_2 e 0,03% de CO_2 (Kader, 1980). Estes processos são geralmente empregados em adição ao armazenamento refrigerado podendo ter como benefício o retardamento do processo de amadurecimento e de senescência, a redução da sensibilidade ao etileno, o alívio de certas desordens fisiológicas e a redução da incidência e da severidade de doenças (Brecht, 1980).

A AC consiste em prolongar a vida pós-colheita de produtos através da adição ou remoção de gases, como por exemplo o uso de permanganato de potássio ($KMnO_4$) para remoção do etileno, o que exige um controle rigoroso da composição atmosférica. Para este fim são utilizadas câmaras herméticas a estes gases. No caso da AM, a atmosfera de armazenamento é geralmente alterada pelo uso de filmes plásticos, permitindo que a concentração de gases seja modificada pela respiração do próprio produto. São utilizados filmes de polietileno de baixa densidade com diferentes espessuras ou filmes de cloreto de polivinila (PVC), que possuem permeabilidade limitada ao O_2 e ao CO_2 . A composição da atmosfera interna irá depender da característica de permeabilidade do material da embalagem e da velocidade de consumo ou de liberação de

gases pelo produto embalado. O princípio básico da AC e AM, segundo Kader et al. (1989), é o de controlar ou modificar as concentrações de gases no meio de armazenamento. Para os dois casos, o interesse é o de aumentar a concentração de CO_2 e reduzir a concentração de O_2 , com o objetivo principal de inibir a respiração. Deste modo, consegue-se retardar o amadurecimento e atrasar a senescência do produto, prolongando a sua vida pós-colheita. Apesar de possuírem princípios comuns, há uma diferença básica entre os dois sistemas: o grau de controle da concentração de gases. Enquanto na AC há total controle das concentrações, na AM não há controle da atmosfera que se produz dentro das embalagens.

Reduzindo o O_2 a níveis menores que 8% a produção de etileno é reduzida em frutos e hortaliças. O O_2 é necessário para a síntese e a ação do etileno, uma vez que sob condições anaeróbicas a conversão do ACC (ácido 1-aminociclopropanocarboxílico) à etileno é inibida, promovendo um acúmulo de ACC no tecido, uma vez que a passagem de metionina a ACC ocorre mesmo na ausência de O_2 . Altas concentrações de CO_2 , por sua vez, pode reduzir, promover ou não ter nenhum efeito na taxa de produção de etileno pelo fruto, dependendo do produto e da concentração a que este é exposto. Em alguns frutos, ocorre um acúmulo de CO_2 nos espaços intercelulares e este funciona como um antagonista natural do etileno.

A partir deste princípio, durante os últimos 60 anos, pesquisadores norte-americanos voltaram seus interesses para o estudo da AC em uma vasta variedade de produtos, mas as respostas apresentaram uma grande variabilidade. Isto pode ser explicado pelas distintas tolerâncias a baixas concentrações de O_2 e a altas de CO_2 para os diferentes frutos e hortaliças (Tabelas 1 e 2), níveis estes que se ultrapassados provocariam danos de ordem fisiológica. Esses limites podem variar de acordo com a temperatura de armazenamento (Kader, 1992). Deste modo, a concentração ideal para um produto não o é para outro, parecendo haver especificidade entre produto e concentrações limite.

Tabela 1 - Frutos e hortaliças classificados quanto a sua tolerância a baixas concentrações de oxigênio (O₂).

Concentração mínima de O ₂ tolerada (%)	Produtos
0,5	nozes
1,0	brócoli, alho e cebola
2,0	kiwi, cereja, maçã, alface e couve-flor
3,0	abacate, pepino e alcachofra
5,0	frutos cítricos, ervilha, aspargo e batata

Fonte: Kader, 1992.

Tabela 2 - Frutos e hortaliças classificados quanto a sua tolerância a elevadas concentrações de gás carbônico (CO₂).

Concentração máxima de CO ₂ tolerada (%)	Produtos
2	uva, alface e alcachofra
5	maçã, laranja, kiwi, ervilha e couve-flor
10	limão, aspargo, brócoli, alho e cebola
15	morango, cereja, figo e espinafre

Fonte: Kader, 1992.

Geralmente, a concentração de O₂ deve ser reduzida a menos de 10% para obtenção de efeito positivo na redução da respiração. No entanto, são necessários cuidados para que não se atinjam níveis de O₂ (Tabela 1) que promovam a respiração anaeróbica, associada ao desenvolvimento de aroma e sabores desagradáveis e à quebra de componentes estruturais dos tecidos, o que provoca perda de firmeza do produto. Além disso, o nível mínimo de O₂ em que certo produto pode ser armazenado sem

problemas não é constante, mas dependente da temperatura e da resistência da epiderme à difusão do O_2 (Dadzie et al., 1993).

A adição de pequena porcentagem de CO_2 na atmosfera de armazenamento tem um efeito marcante na respiração, mas se os níveis de CO_2 forem muito elevados, efeitos similares àqueles causados pela anaerobiose podem ser desencadeados. As respostas ao aumento nos níveis de CO_2 apresentam uma variação ainda mais ampla do que as respostas à redução de O_2 . Bender et al. (1994) observaram que concentrações de 50% e 70% de CO_2 aumentaram a taxa de produção de etanol em mangas armazenadas a 12°C.

Os produtos apresentam uma ampla variedade de respostas às alterações nas concentrações de O_2 e CO_2 e, por essa razão, combinações ideais precisam ser determinadas experimentalmente para cada produto.

2.2 Modificações atmosféricas para a conservação do tomate

O tomate foi uma das primeiras olerícolas testadas em atmosfera controlada por Kidd & West (1932). Eles observaram que a mudança da cor verde para vermelha, indicativa do amadurecimento, podia ser retardada por altas concentrações de CO_2 (5%) e baixas de O_2 (5%). Muitos outros pesquisadores estudaram o comportamento do tomate sob atmosfera controlada ou modificada visando prolongar a vida pós-colheita e estudar as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o processo. Segundo Hall (1968), essas mudanças, principalmente as ocorridas em açúcares e ácido, afetam o sabor dos frutos após o amadurecimento. Desde 1955, Dennison já ressaltava a importância da quantidade de açúcares e da acidez para o sabor do tomate. Goodenough & Thomas (1980) testaram 6 cultivares de tomate, armazenaram-nos em AC (2,5 - 4% O_2 ; 4% CO_2) por 2 meses, e analisaram o conteúdo de açúcares, ácidos orgânicos e aminoácidos livres. Salunke & Wu (1973), estudando o efeito de baixas concentrações de oxigênio (1 a 3%) no amadurecimento de tomate, observaram que quanto menor a concentração de O_2 , dentro de certos limites, maior a vida pós-colheita,

maior o atraso na perda de clorofila e na síntese de licopeno e β caroteno, e maior a inibição da degradação de amido e, por consequência, da síntese de açúcares.

No entanto, esses trabalhos foram realizados utilizando-se frutos colhidos verdes. Testes realizados por Subburamu et al. (1990), em condições ambiente com 4 diferentes cultivares de tomate em 4 diferentes estádios de maturidade, mostraram que embora a vida pós-colheita tenha sido maior (11 a 12,5 dias) em frutos colhidos verdes, estágio 1, a qualidade após o armazenamento era inferior, e frutos no estágio 2 tinham melhor qualidade e uma vida pós-colheita de 8,3 a 10,5 dias. Anju-Kumari et al. (1993) estudaram a influência do estágio de maturidade na vida pós-colheita e qualidade do tomate dos cultivares Roma, Pusa, Sioux e Solan Gola. Eles observaram que para todos os cultivares, o estágio de maior vida pós-colheita foi o 1, que todavia resultou em um menor conteúdo de ácido ascórbico após o armazenamento.

A maturidade fisiológica do tomate na hora da colheita, portanto, parece ter grande influência na qualidade final do fruto quando maduro (totalmente vermelho). Uma vez que este tenha iniciado o processo de amadurecimento, a taxa de respiração aumenta drasticamente e a vida pós-colheita é reduzida. Tanto o resfriamento quanto a AC têm grande potencial em reduzir a respiração do produto. Kubo et al. (1989) observaram que tomates maduros tiveram uma redução na respiração em função de altas concentrações de CO_2 , mas apresentaram uma pequena resposta quando testados antes do climatério. Buescher (1979) observou atraso no amadurecimento, relacionado a uma rápida redução na síntese de etileno, em tomates colhidos com 10% a 20% da superfície vermelha, estágio 3, armazenados em altas concentrações de CO_2 (5, 10, 20, 40 e 60 %).

Nakhasi et al. (1991) armazenaram frutos de tomate (cv. Perfecto) colhidos no início do aparecimento da cor vermelha, estágio 2, em sacos de polietileno de baixa densidade a 15 °C, por 23 dias. O estado de equilíbrio foi atingido por volta de 3,5% a 4,0% de O_2 e 8,0% de CO_2 , e eles observaram que a AM atrasou as mudanças em acidez, sólidos solúveis, textura e cor, e reduziu a perda de peso, quando comparados

com frutos sem embalagem plástica. Marangoni & Stanley (1991) observaram que tomates (cv. Caruso) podem ser armazenados por até 30 dias no estágio 1 a 12 °C em AM (3% O₂ + 2% CO₂), enquanto que amostras armazenadas a 12 °C no ar por 30 dias amadureceram completamente. Hooda et al. (1994) estudaram os efeitos do estágio de maturidade na qualidade de tomates (cv. Sel-18) armazenados em condições ambiente e AM e observaram que frutos no estágio 1 em AM e tratados com KMnO₄ mostraram uma menor perda de peso e firmeza.

Francile (1992) observou que tomates (cv. Ramy) colhidos no estágio 1 atrasaram seu amadurecimento quando armazenados em AC contendo 1,5% de O₂ , 0% de CO₂ e um absorvedor de etileno, enquanto que Singh et al. (1985) testaram concentrações de 1, 2, 3 e 4 % de CO₂ e encontraram a concentração de 1% como sendo a melhor. Bhowmic & Pan (1992) armazenaram tomates, colhidos verdes, em AC, a 12 °C, sob 85% ou 95% de umidade relativa, e observaram redução na perda de peso dos frutos assim como atraso na mudança de cor verde para vermelha. O mesmo foi observado por Kim & Hall (1976), que armazenaram tomates verdes em AC (2,5% O₂) e mostraram que após 7 semanas estes apresentavam a mesma cor do que aqueles armazenados por 1 semana em condições ambiente. Morris et al. (1982) observaram que tomates colhidos verdes podem ser armazenados por até 7 semanas a 12,8°C, sob atmosfera com 4% O₂, 2% CO₂ e 5% CO, e ainda apresentarem qualidade aceitável após 1 ou 2 semanas a 20°C.

A partir dos trabalhos já existentes, pode-se observar que o estágio de maturidade que promove uma maior vida pós-colheita do tomate é o estágio 1, no entanto, após o armazenamento, o produto não mantém sua qualidade inicial. Frutos armazenados em estádios mais avançados de maturidade, apesar de apresentarem menor vida pós-colheita, mostraram ter melhor qualidade após o armazenamento. O acondicionamento em AC poderia então aumentar a vida pós-colheita dos frutos em estágio avançado de maturidade, de modo a manter melhor qualidade final do produto após o armazenamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Foram realizados 2 experimentos com o objetivo de verificar os efeitos da AC no armazenamento de tomates (*Lycopersicon esculentum*) colhidos em estágio intermediário de maturidade. Os tomates da cultivar Agriset foram colhidos na região de Immokalee, sudoeste da Flórida, EUA, no dia 25/04/1996, e foram armazenados em diferentes AC a uma temperatura constante e igual a $12 \pm 0,5$ °C. As concentrações testadas foram: 2% O₂, 3% O₂, 4% O₂, 2% CO₂, 4% CO₂, 7% CO₂ e ar (controle). No primeiro experimento, os frutos foram armazenados em AC por 7 dias e, no segundo, por 14 dias.

Os tomates foram colhidos, manualmente, de plantas cultivadas no campo segundo os tratos culturais convencionais nos EUA. Estes frutos foram imediatamente transportados, em caixas padrão (12 kg) de papelão ondulado, para o laboratório de pós-colheita do Departamento de Horticultura da Universidade da Flórida, Gainesville, Flórida, EUA, onde foram imediatamente lavados com água contendo 100 ml.L⁻¹ de hipoclorito. Em seguida, os frutos foram selecionados de acordo com seu estágio de maturidade, sendo que aqueles que apresentavam qualquer dano aparente foram descartados. Os frutos selecionados para os dois experimentos foram aqueles no estágio 2 (“breaker”) segundo critérios estabelecidos pela USDA (1976), isto é, aqueles cuja cor predominante era a verde e que apresentavam menos de 10% de coloração rósea ou avermelhada na região apical, situada no polo oposto à inserção do pedúnculo (Figura 1).

Após lavados e selecionados, de acordo com o estágio de maturidade, cinco tomates foram pesados (cada fruto tinha um peso médio de 150 g), e acondicionados no interior

Figura 1 - Estádio de maturidade dos frutos selecionados para os dois experimentos - estágio 2 ("breaker") segundo critérios estabelecidos pelo USDA (1976).

Figura 2 - Frutos acondicionados em recipientes de vidro de 9646 ml, sob atmosfera controlada a 12 °C.

de jarros de vidro de 9646 ml e submetidos a um fluxo (F) contínuo de $26,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Figura 2). Este fluxo, cuja composição dos gases (O_2 , CO_2 e N_2) variou entre os tratamentos, foi calculado com base na taxa respiratória (TR) de $15 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ a 10°C (USDA, 1986), conforme cálculos abaixo.

$$\text{TR} = \frac{15 \text{ mg CO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}}{1,88} = 7,97 \text{ ml CO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1} \quad (1)$$

O fator 1,88 foi utilizado para a conversão de mg para ml para a temperatura de armazenamento igual a 12°C (ver Anexo 1).

Logo, empregando um fator de segurança de 0,5%, de modo que a concentração de CO_2 não ultrapasse esse patamar, teremos um fluxo total por minuto de:

$$\text{F} = \frac{7,97 \text{ ml CO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}}{0,005 \times 60 \text{ min}} = 26,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1} \quad (2)$$

Os jarros foram fechados com tampas que apresentavam 3 orifícios (aproximadamente 5 mm de diâmetro): um para a entrada da mistura de gases, um para a saída e o último com um septo de borracha, de onde podia-se retirar amostras da atmosfera interna. Em seguida, os frutos foram armazenados em câmara fria a uma temperatura de $12 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

Os gases (N_2 , CO_2 e O_2), provenientes de suprimento engarrafado, foram misturados em um painel de controle (Figura 3) - construído no laboratório de pós-colheita do departamento de horticultura da Universidade da Florida, EUA - nas concentrações desejadas (ver Anexo 2) e passados a borbulhar em jarro contendo água de modo a promover uma alta umidade relativa. As concentrações foram conferidas com um analisador de gases, modelo Servomex 1450B Oxygen and Carbon Dioxide Analyser, NJ, EUA. Esta mistura foi distribuída uniformemente entre as repetições de cada tratamento, através de sistema de capilares. Tubos de plástico, de mesmo diâmetro e comprimento, foram utilizados para ligar o sistema de capilares aos jarros (Figura 4).

Figura 3 - Paineil de controle das misturas de gases provenientes de suprimento engarrafado - localizado no laboratório de pós-colheita do Departamento de Horticultura da Universidade da Flórida, Gainesville, FL, EUA.

Figura 4 - Sistema de capilares do painel de distribuição do fluxo - localizado no laboratório de pós-colheita do Departamento de Horticultura da Universidade da Flórida, Gainesville, FL, EUA.

Após o armazenamento em AC, a $12 \pm 0,5$ °C, os frutos foram transferidos para a temperatura de $20 \pm 0,5$ °C de modo a permitir o término do processo de amadurecimento em atmosfera normal. Quando estes começaram a perder a firmeza, apresentando uma deformação de aproximadamente 4 mm, medida através do método de Hampson (1952), os frutos foram processados e congelados. Análises químicas foram realizadas posteriormente.

3.2 Métodos

3.2.1 Procedimento estatístico

A análise dos dados obtidos foi efetuada, separadamente para os experimentos 1 e 2, segundo o procedimento GLM do sistema para análise estatística para microcomputador SAS (SAS Institute Inc. Cary, NC, EUA. 1992).

O delineamento experimental utilizado nos dois experimentos foi o inteiramente casualizado, dentro do esquema de análise de variância apresentado na Tabela 3. Foram testados 7 tratamentos de AC com 3 repetições, obtendo-se um total de 21 parcelas. Cada parcela foi representada por um recipiente de vidro com 5 frutos.

Tabela 3 - Esquema de análise da variância com a aplicação do teste F dos dados obtidos nos experimentos 1 e 2.

CV	GL	QM	F
AC	(I-1)	QM_{AC}	QM_{AC} / QM_{Res}
Resíduo	I(J-1)	QM_{Res}	
Total	IJ-1		

O modelo matemático associado a este delineamento foi:

$$y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}, \quad (3)$$

com $i = 1, \dots, I$ (número de níveis de AC) e

$j = 1, \dots, J$ (número de repetições),

onde:

y_{ij} é o valor observado correspondente a j -ésima repetição do i -ésimo tratamento;

μ é a média geral;

t_i é o efeito do i -ésimo tratamento na variável dependente;

e_{ij} é o erro aleatório não observável atribuído à observação y_{ij} .

A hipótese geral testada foi:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_I \text{ vs } H_a : \text{pelo menos } \mu_i \neq \mu_{i'}, \text{ para } i \neq i'.$$

Para as variáveis que apresentaram F significativo, isto é, para aquelas em que rejeitou-se H_0 , foram feitas comparações entre médias duas a duas aplicando-se o teste de t de Student.

Os dados de compostos voláteis foram analisados através da análise da variância multivariada, com a utilização do procedimento MANOVA do SAS. A escolha das variáveis utilizadas foi feita através do método dos Componentes Principais (CP), tomando os CP com autovalores menores do que 0,09 e os maiores coeficientes dos autovetores associados, eliminando desta forma a variável correspondente.

3.2.2 Análise de frutos intactos

3.2.2.1 Perda de peso

Os cinco frutos de cada repetição foram pesados duas vezes em conjunto, numa balança modelo Mettler PE 24 / Mettler Instruments Co., NJ, EUA: a primeira, antes de serem colocados na AC para obtenção do peso inicial e, a segunda, durante a transferência para a câmara de amadurecimento, para obtenção do peso final. A perda de

peso durante o armazenamento foi calculada pela diferença entre os pesos inicial e final e apresentada como porcentagem do peso inicial.

3.2.2.2 Firmeza dos frutos

A firmeza foi medida em todos os frutos em dois pontos da região mediana destes utilizando-se o método descrito por Hampson (1952). Neste método, os frutos são comprimidos com um peso de 1 kg por 5 segundos e a deformação é medida por um micrômetro de relógio. As medidas foram feitas em duas ocasiões: a primeira, durante a transferência para a câmara de amadurecimento e, a segunda, antes de serem processados. As medidas de deformação foram apresentadas em mm. Utilizou-se a medida de 4 mm de deformação como índice de ponto final de amadurecimento.

3.2.2.3 Cor

A coloração da epiderme foi medida em todos os frutos, na região apical, com um colorímetro manual, modelo Minolta CR-300 / Minolta Crop., Ramsey, NJ, EUA, calibrado com a cor branca. As medidas foram feitas em duas ocasiões: durante a transferência para a câmara de amadurecimento e antes dos tomates serem processados.

O sistema utilizado para medir a cor foi o “L” “a” “b” de Hunter , onde “L” refere-se a intensidade da luz (valores maiores mais escuro), “a” a cromaticidade em um eixo que vai de verde (-) ao vermelho (+), e “b” a cromaticidade em um eixo que vai do azul (-) ao amarelo (+). Os valores de “a” e “b” foram convertidos em ângulo “h” ($h = \tan^{-1} (b/a)$), que representa a intensidade da cor, e croma ($C = (a^2 + b^2)^{1/2}$), que representa a pureza da cor (Francis, 1980; Shewfelt, 1988).

3.2.3 Análises de frutos processados

Frutos com 4 mm de deformação foram triturados individualmente, com o auxílio de um liquidificador e, em seguida, os 5 frutos de cada repetição foram agrupados em uma só amostra composta. O homogeneizado resultante foi colocado em uma centrífuga, modelo Beckman J2-21 com rotor JA-20 de fabricação de Beckman Inc., CA,

EUA, por 20 minutos a 15000 rpm. O sobrenadante foi filtrado utilizando-se um papel de filtro Whatman nº 4, 10 ml do filtrado foram então colocados em frascos e congelados para posterior análises de acidez titulável e açúcares totais. Para análise de vitamina C, antes de centrifugar, 2,0 g do homogeneizado foram misturados com 20 ml de uma mistura dos ácidos metafosfórico e acético glacial (Nunes et al., 1995). Para a análise de compostos voláteis as amostras foram congeladas com nitrogênio líquido, logo depois de trituradas, e armazenadas em freezer a -80°C.

3.2.3.1 Acidez titulável

As amostras foram retiradas do freezer, descongeladas e uma alíquota de 6,0 g foi diluída com 50 ml de água destilada. A acidez titulável foi determinada com um titulador automático, modelo Automatic Titration System nº 0-313-10 / Fisher Scientific Co., EUA, através de uma solução 0,1 N de NaOH até um pH final de 8,2. Os resultados foram calculados (ver Anexo 3) de modo a serem expressos em % de ácido cítrico, que é o ácido orgânico presente em maior quantidade no tomate (Hobson & Davies, 1971), segundo a equação 4:

$$\% \text{ác. cítrico} = \frac{Vb \text{ (ml)} * Nb * 0,064 * 100}{6,0} \quad (4)$$

onde:

Vb = volume da base (NaOH) em ml,

Nb = normalidade do NaOH em N, e

0,064 = miliequivalente para o ácido cítrico.

3.2.3.2 Açúcares totais

Os açúcares totais foram determinados segundo o método analítico de Dubois et al. (1956), baseado na estabilidade da cor da reação entre os açúcares com fenol e ácido sulfúrico, lida em espectrofotômetro modelo Beckman DU-50 / Beckman Instruments Inc., CA, EUA, com absorbância de 490 nm. A quantidade de açúcares foi

determinada comparando-se as amostras diluídas com uma curva padrão de glicose (20, 40, 60, 80 e 100 $\mu\text{g glicose.ml}^{-1}$) previamente construída e expressa em mg.ml^{-1} .

3.2.3.3 Vitamina C

A vitamina C foi determinada a partir da quantidade de ácido ascórbico (AA). Aliquotas do homogeneizado de tomate, previamente preparadas com uma mistura de ácidos, foram submetidas ao método da dinitrofenlhidrazina (DNPH) de determinação de AA descrito por Terada et al. (1978) e modificada por Nunes et al. (1995). Neste método, o AA é oxidado a osazona pela incubação com DNPH numa solução diluída (90%) de ácido sulfúrico. A coloração resultante é estável e foi lida em espectrofotômetro modelo Beckman DU-50 / Beckman Instruments Inc., CA, EUA, em uma absorbância de 540 nm. Os resultados foram comparados à uma curva de calibração de AA (5, 10, 20 e 30 $\mu\text{gAA.ml}^{-1}$) e expressos em $\text{mg AA.100g fruto}^{-1}$.

3.2.3.4 Compostos voláteis

A análise de compostos voláteis foi feita somente no experimento 2. As amostras foram preparadas segundo o método desenvolvido por Nisperos-Carriedo & Shaw (1990) para citros e modificado para tomate conforme descrito por Baldwin et al. (1991). Estas amostras foram analisadas por cromatografia gasosa e as concentrações foram calculadas utilizando-se equações de regressão (Apêndice 2), que foram previamente determinadas injetando-se 5 concentrações de cada padrão para obtenção de uma curva de calibração baseada na altura dos picos de cada composto nos cromatogramas.

Os compostos voláteis analisados foram: acetona, metanol, etanol, 1-penten-3-ona, hexanal, *cis*-3-hexenal, *trans*-2-hexenal, 2+3-metilbutanol, *trans*-2-heptenal, 6-metil-5-hepten-2-ona, *cis*-3-hexanol, 2-isobutiltiazol, 1-nitro-2-feniletano, geranilacetona e β -ionona. Tais compostos foram analisados por contribuírem significativamente para o “flavor” do tomate e outros frutos (Buttery et al., 1987; Petro-Turza, 1987; Mc Donald et al., 1996).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1

4.1.1 Perda de peso

A perda de peso dos tomates durante o armazenamento ocorre principalmente devido a dois fatores, a transpiração e a respiração. A transpiração, que é a maior responsável pela perda de peso, é o mecanismo pelo qual a água é perdida devido a diferença de pressão de vapor d'água entre a atmosfera circundante e a superfície do fruto. A diferença de pressão de vapor é uma função da temperatura, pressão atmosférica e umidade relativa do ar. A respiração, por sua vez, também causa redução no peso, pois átomos de carbono são perdidos do fruto toda vez que uma molécula de CO_2 é produzida e perdida para a atmosfera (Bhowmik & Pan, 1992).

As médias dos valores obtidos na medição da perda de peso dos frutos no experimento 1 podem ser observadas na Tabela 4. A perda de peso em todos os casos foi menor que 0,15% do peso inicial, durante o período de 7 dias de armazenamento a 12 °C. Este baixo valor para todos os tratamentos pode ser explicado pela presença de umidificadores em todas as linhas que abasteciam os recipientes de armazenamento, inclusive o controle, o que gerou uma alta umidade relativa diminuindo assim a diferença da pressão de vapor entre a atmosfera circundante e a superfície dos frutos. Além disso, todos os frutos foram armazenados nas mesmas condições de temperatura e pressão. Desta forma, o fruto perdeu pouca água por transpiração e consequentemente pouco peso. Os tomates, em geral, perdem pouco peso porque o pericarpo do fruto é uma estrutura pouco permeável. O único ponto de trocas gasosas é a cicatriz formada no ponto da inserção do pedúnculo. Segundo boletim publicado pelo USDA (1986) a perda

de peso diária de tomates armazenados a 27 °C e umidade relativa de 60% (condições bastante adversas) é de somente 0,9%.

Tabela 4 - Perda de peso e firmeza dos tomates após 7 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C (experimento 1).

Tratamentos	Perda de peso (% peso inicial)	Firmeza (mm de deformação)
2% O ₂	0,099 a*	1,58 a
3% O ₂	0,067 a	1,83 a
4% O ₂	0,138 a	1,70 a
2% CO ₂	0,147 a	1,86 a
4% CO ₂	0,176 a	1,74 a
7% CO ₂	0,137 a	1,74 a
Ar	0,147 a	1,85 a

*Valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente ao nível de 0,5% de probabilidade (teste t de Student).

Não foi encontrada diferença estatística entre os tratamentos, apesar disso, os tratamentos 2% O₂ e 3% O₂ - menores concentrações de O₂ - mostraram valores mais baixos. Isto pode ser explicado pelo fato de que as baixas concentrações de O₂ reduzem o processo respiratório e conseqüentemente ocorre uma menor taxa de quebra de glicose e liberação de CO₂ para o ambiente, logo uma menor perda de peso. Segundo Burton (1974), as baixas concentrações de O₂ retardam a atividade da citocromo-c oxidase e deste modo a taxa respiratória é reduzida. Esses fatores podem ter levado a uma menor perda de peso, mesmo que em pequena magnitude, em frutos armazenados sob baixas concentrações de O₂.

4.1.2 Firmeza

Várias mudanças ocorrem durante o amadurecimento do fruto, uma delas é a perda de firmeza que está relacionada com a estrutura e composição da parede

celular, principalmente da fração péctica (Gross & Wallner, 1979). Uma das mais importantes enzimas ligadas a bioquímica da parede celular é a poligalacturonase (PG) que está envolvida na degradação da pectina (Kays, 1991) e tem sido relatada por fazer parte do processo de amolecimento em frutos de tomate (Crookes & Grierson, 1983; Brady et al., 1982; Hobson, 1974). Segundo Sawamura et al. (1978), a PG parece ser a maior responsável pela perda de firmeza do fruto durante o amadurecimento, pois é a responsável pela solubilização da parede celular. Além disso, quanto mais cedo o fruto é destacado da planta mãe mais cedo a atividade da PG aumenta. Segundo Kader et al. (1989), o armazenamento sob AC inibe a atividade da PG, podendo reduzir deste modo a taxa de amolecimento do fruto. No morango, por exemplo, além de retardar o amolecimento, alguns autores observaram que o armazenamento sob elevadas concentrações de CO₂ pode aumentar a firmeza dos frutos, em algumas cultivares (Smith & Skog, 1992; Smith, 1992).

Da mesma forma que a perda de peso, não houve diferença significativa entre os tratamentos para perda de firmeza no experimento 1 (Tabela 4). Os frutos armazenados em AC apresentaram a mesma firmeza que aqueles armazenados em ar durante os 7 dias. Possivelmente, o tempo de armazenamento sob AC não foi suficiente para que ocorresse significativa inibição da PG. No entanto, essa suposição só poderia ser confirmada se a atividade da PG tivesse sido monitorada, o que não aconteceu.

4.1.3 Cor

A sequência de eventos que resultam na mudança de cor durante o armazenamento tem sido intensamente estudada em tomate (Grierson & Kader, 1986; Goodwin, 1980; Khudairi, 1972). A alteração da coloração do fruto normalmente envolve a degradação da clorofila e a síntese de pigmentos como carotenos - principalmente o licopeno no caso do tomate - e xantofilas, à medida em que os cloroplastos são transformados em cromoplastos. A utilização de um método físico de medida de cor, no entanto, provê um modo mais acessível de avaliar o amadurecimento do que a análise de pigmentos, e está mais relacionada com a percepção visual, que é uma das formas com que os consumidores avaliam a qualidade de um produto.

Durante a transferência para a câmara de amadurecimento observou-se que os frutos sob AC de 2% O₂, 3% O₂ e 7% CO₂ apresentavam valores de “L” maiores (Tabela 5), o que indica coloração mais clara. Por outro lado, os menores valores de “L” foram observados nos tratamentos de AC com 4% O₂, 2% CO₂ e 4% CO₂, e no controle. Todos os tratamentos, com exceção de 2% O₂, não apresentaram diferença significativa se comparados ao controle.

Tabela 5 - Cor dos tomates medida após 7 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C (experimento 1).

Tratamentos	Cor		
	L	h	Croma
2% O ₂	55,81 a*	84,56 a	23,32 d
3% O ₂	54,88 abc	86,31 a	25,14 cd
4% O ₂	51,71 cd	80,37 ab	25,09 cd
2% CO ₂	51,42 cd	65,21 bc	25,42 bc
4% CO ₂	52,79 bcd	63,72 c	29,49 a
7% CO ₂	55,65 abc	65,04 bc	27,38 b
Ar	51,02 cd	67,45 bc	26,94 bc

*Valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente ao nível de 0,5% de probabilidade (teste t de Student).

Para os valores do ângulo “h”, os tratamentos com baixas concentrações de O₂ foram os que apresentaram valores mais altos (menos vermelho) ao contrário dos tratamentos com altas concentrações de CO₂ que apresentaram valores menores, e não diferiram estatisticamente do controle, como pode ser observado na Tabela 5. Isto indica que nos tratamentos com baixas concentrações de O₂ houve um maior atraso no desenvolvimento da cor vermelha do que naqueles armazenados com altos níveis de CO₂ e o controle.

Os valores de croma (Tabela 5), por sua vez, também apresentaram uma distinção entre os tratamentos de O₂ e CO₂, sendo que os de baixo O₂ apresentaram os menores valores. Além disso, apenas os tratamentos 2% O₂ e 4% CO₂ apresentaram diferença estatística em relação ao controle.

Outro ponto que pode ser observado na Tabela 5 é um aparente estímulo do amadurecimento quando os frutos foram tratados com 4% CO₂, uma vez que estes frutos apresentaram baixo valor de “L”, o menor valor do ângulo “h” e o maior valor de croma, indicando frutos mais escuros e mais vermelhos.

Tabela 6 - Cor dos tomates medida após 7 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C e posterior amadurecimento a 20 °C (experimento 1).

Tratamentos	Cor		
	L	h	Croma
2% O ₂	44,33 a*	50,52 ab	33,61 b
3% O ₂	44,12 a	49,24 bc	34,92 ab
4% O ₂	44,25 a	49,91 ab	33,66 ab
2% CO ₂	43,47 a	47,52 c	35,38 ab
4% CO ₂	44,46 a	50,47 ab	34,57 ab
7% CO ₂	43,92 a	51,44 a	33,22 b
Ar	43,22 a	49,76 ab	35,86 a

*Valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente ao nível de 0,5% de probabilidade (teste t de Student).

Segundo Shewfelt et al. (1988), o desenvolvimento da cor durante o amadurecimento do tomate é caracterizado por menores valores de “L”, redução do ângulo “h” e o aumento do croma. Isto implica em dizer que, segundo os dados observados, os tratamentos 2% O₂ e 3% O₂ - menores concentrações de O₂ - foram os que apresentaram maior atraso na mudança de cor. Salunkhe & Wu (1973), da mesma forma, observaram um atraso no amadurecimento de tomates colhidos no estágio 1 de

maturidade armazenados sob baixas concentrações de O₂, pois nestas condições ocorreu inibição da degradação de clorofila e da síntese de licopeno.

As medidas feitas antes do processamento dos frutos (Tabela 6), isto é, quando os tomates apresentavam 4 mm de deformação após amadurecimento a 20 °C, mostraram que não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto aos valores de “L”. Para os valores do ângulo “h” todos os tratamentos, exceto 2% CO₂ (menor valor), não apresentaram diferença significativa quando comparados com o controle e, quanto ao croma, apenas os tratamentos mais extremos (2% O₂ e 7% CO₂) apresentaram diferença significativa em relação ao controle. Isto indica que após a retirada da AC os frutos recuperaram seu desenvolvimento normal da cor, alcançando valores muito próximos àqueles armazenados somente em ar durante todo o período.

4.1.4 Análise química

4.1.4.1 Açúcares totais e acidez titulável

As mudanças que ocorrem na composição do tomate durante a maturação e o amadurecimento têm sido muito estudadas (Salunkhe et al., 1974; Hobson & Davies, 1971). Entre as substâncias orgânicas do tomate, os açúcares e ácidos orgânicos são os constituintes mais importantes para o sabor do fruto e afetam diretamente a qualidade do produto. Os açúcares são principalmente redutores - frutose e glicose - e aumentam progressivamente com o amadurecimento do fruto, enquanto que a acidez aumenta durante o desenvolvimento e alcança um máximo no estágio 2 de maturidade e então diminui com o amadurecimento (Dalal et al., 1966).

Não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto ao teor de açúcares totais e à acidez titulável (Tabela 7). Essas observações mostram que o armazenamento em AC por 7 dias a 12 °C e amadurecimento sob 20 °C não alterou o processo normal de redução de acidez e degradação do amido em açúcar que acontece durante o amadurecimento do tomate (Hobson & Grierson, 1993). Segundo Nakhasi et al. (1991) o armazenamento em AM faz com que a redução da acidez total, de frutos colhidos no estágio 2, seja mais lenta. Por outro lado, Murata et al. (1968) não observaram inibição na redução da acidez total sob AC, mas a redução do ácido málico

foi retardada. Como os dados do experimento 1 foram obtidos após o armazenamento a 20 °C os frutos parecem ter se recuperados do efeito da AC, e por isso não apresentaram diferença significativa quando comparados com o controle ao final do armazenamento.

Tabela 7 - Valores de açúcares totais, acidez titulável e vitamina C em tomates, medidos após 7 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C e posterior amadurecimento a 20 °C (experimento 1).

Tratamentos	Açúcares totais (mg/ml)	Acidez titulável (% ác. cítrico)	Vitamina C (mg AA/100g)
2% O ₂	17,19 a*	0,94 a	12,77 ab
3% O ₂	14,18 a	0,91 a	11,99 ab
4% O ₂	16,17 a	0,83 a	11,11 b
2% CO ₂	15,49 a	0,88 a	10,73 b
4% CO ₂	14,78 a	0,82 a	10,84 b
7% CO ₂	16,48 a	0,91 a	12,59 ab
Ar	14,49 a	0,87 a	13,27 a

*Valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente ao nível de 0,5% de probabilidade (teste t de Student).

4.1.4.2 Vitamina C

Segundo Hobson & Davies (1971) os dados sobre o comportamento do ácido ascórbico durante a maturação de tomates são inconsistentes. Alguns autores afirmam que há reduzida mudança no conteúdo desse ácido, enquanto que outros, como Dalal et al.(1966), mostraram que há um aumento do conteúdo de ácido ascórbico com o amadurecimento do fruto. Além disso, Al-Shaibani & Greig (1979) observaram que não houve diferença significativa na quantidade final de ácido ascórbico em frutos armazenados a 20 °C e aqueles amadurecidos na planta quando estes foram armazenados no estágio 2 de maturidade, ao contrário daqueles armazenados no estágio 1. A AC,

segundo Kader (1986), geralmente promove melhor retenção do ácido ascórbico do que o armazenamento em ar.

No experimento 1, os tratamentos 4% O₂, 2% CO₂ e 4% CO₂ apresentaram diferença significativa quanto ao conteúdo de ácido ascórbico quando comparados com o controle, por outro lado, não houve diferença estatística entre os tratamentos de AC (Tabela 7). O maior valor de ácido ascórbico obtido, no entanto, foi no controle ao contrário do esperado. Possivelmente, o período de amadurecimento a 20 °C tenha interferido na retenção da vitamina C nos tratamentos de AC.

4.1.5 Amadurecimento pós-colheita

Os frutos mantidos sob AC não apresentaram diferença significativa quanto a vida pós-colheita sendo que apenas o tratamento 7% CO₂ apresentou valor maior do que o controle. Os frutos do tratamento controle tiveram uma vida pós-colheita de 13,53 dias (média de 15 tomates). Davies & Hobson (1981) afirmaram que, geralmente, sob condições de baixas concentrações de O₂ ou altas de CO₂, a firmeza é preservada o que pode vir a resultar em maior vida pós-colheita. O curto período sob AC a que os tomates foram submetidos, no entanto, podem não ter sido suficiente para que acarretasse diferenças na firmeza do fruto, como pode ser observado na Tabela 4, de modo a não causar um prolongamento maior na vida pós-colheita comparado com o controle.

4.2 Experimento 2

4.2.1 Perda de peso

No segundo experimento, assim como no primeiro, não foi encontrada diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 8). No entanto, os menores valores encontrados para perda de peso durante o armazenamento foram dos tratamentos 2% O₂ e 3% O₂, provavelmente pelo fato da taxa respiratória ser reduzida às baixas concentrações de O₂. Todos os tratamentos testados apresentaram perda de peso menor que 0,3 % do seu peso inicial durante os 14 dias de armazenamento a 12 °C. Este baixo valor pode ser explicado pelo fato de todas as linhas fornecedoras das misturas de gases, inclusive a do controle, apresentarem um umidificador, o que gerou uma alta umidade

relativa no interior dos recipientes armazenadores reduzindo a transpiração e consequentemente a perda de peso.

Tabela 8 - Perda de peso e firmeza dos tomates após 14 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C (experimento 2).

Tratamentos	Perda de peso (% peso inicial)	Firmeza (mm de deformação)
2% O ₂	0,205 a*	1,48 b
3% O ₂	0,207 a	1,58 b
4% O ₂	0,264 a	1,76 ab
2% CO ₂	0,217 a	1,80 ab
4% CO ₂	0,227 a	1,79 ab
7% CO ₂	0,300 a	1,74 ab
Ar	0,264 a	2,03 a

*Valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente ao nível de 0,5% de probabilidade (teste t de Student).

4.2.2 Firmeza

Quanto a firmeza dos frutos, não foi encontrada diferença estatística entre os tratamentos de AC após o armazenamento por 14 dias (Tabela 8). No entanto, apenas os tratamentos de AC 2% O₂ e 3% O₂ apresentaram diferença significativa quando comparados com o controle. Esses tratamentos foram os que apresentaram os menores valores o que indica frutos mais firmes que o controle após esse período sob AC. Kim & Hall (1976), estudando os efeitos de baixas concentrações de O₂ no armazenamento de tomates colhidos no estágio 1 de maturidade, observaram que a perda de firmeza foi inibida a medida em que reduziu-se a concentração de O₂ e aumentou-se o tempo de armazenamento dos frutos. O período de 14 dias de armazenamento possibilitou evidenciar melhor as diferenças entre os tratamentos quanto a manutenção da firmeza do que o de 7 dias, já que no primeiro experimento não houve diferença significativa entre os

tratamentos de AC e o controle. Os tomates armazenados em ar foram os que apresentaram a maior média indicando frutos menos firme após o armazenamento. A perda de firmeza continuou em todos os tratamentos após a transferência para a atmosfera normal, da mesma forma que foi observado por Nakhasi et al. (1991). Park et al. (1994) também observaram atraso na perda de firmeza quando frutos colhidos no estágio 2 foram armazenados em AM.

4.2.3 Cor

A média dos dados de cor observados durante a transferência dos frutos para a câmara de amadurecimento (20 °C) podem ser observados na Tabela 9. Observou-se que os tratamentos sob AC de 2% O₂, 3% O₂ e 7% CO₂ não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram os maiores valores de “L”. Estes tratamentos apresentaram diferença significativa quando comparados ao controle e aos outros tratamentos de AC, com exceção de 7% CO₂. Isto indica que estes foram os frutos que apresentaram coloração mais clara após os 14 dias de armazenamento. Por outro lado, os frutos mais escuros - valores de “L” mais baixos - foram aqueles armazenados em AC de 4% O₂, 2% CO₂ e 4% CO₂, isto é, as AC com menor alteração nos níveis de O₂ e CO₂, e não apresentaram diferença significativa em relação ao controle.

Quanto aos valores do ângulo “h”, apenas nos tratamentos 2% O₂ e 3% O₂ observou-se diferença significativa em relação ao controle, além de apresentarem os maiores valores. Da mesma forma como foi visto no experimento 1, isto indica que os frutos armazenados em AC sob baixas concentrações de O₂ apresentaram maior atraso no desenvolvimento da cor vermelha do que aqueles armazenados sob altas concentrações de CO₂ ou em ar.

Os dados de croma, por sua vez, também mostraram distinção dos tratamentos 2% O₂ e 3% O₂ em relação aos demais, sendo que nestes observou-se os valores mais baixos. Não foi encontrada diferença significativa entre o controle e os tratamentos 4% O₂, 2% CO₂, 4% CO₂ e 7% CO₂. Buescher (1979) observou que o desenvolvimento da cor foi inibido em frutos - colhidos no estágio 3 - armazenados sob altas concentrações de CO₂ por 4 dias, no entanto, apenas os tratamentos com

concentrações muito altas como 10, 20, 40 e 60 % apresentaram diferenças significativas quando comparados com aqueles armazenados em ar.

Tabela 9 - Cor dos tomates medida após 14 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C (experimento 2).

Tratamentos	Cor		
	L	h	Croma
2% O ₂	52,90 a*	78,15 a	25,58 b
3% O ₂	51,97 a	72,35 ab	24,41 b
4% O ₂	46,58 bc	51,06 c	33,21 a
2% CO ₂	46,23 c	52,40 c	33,81 a
4% CO ₂	48,34 bc	55,29 c	33,18 a
7% CO ₂	50,37 ab	61,23 bc	33,83 a
Ar	46,34 c	51,60 c	34,86 a

*Valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente ao nível de 0,5% de probabilidade (teste t de Student).

Os dados de cor obtidos após o amadurecimento dos frutos (Tabela 10) mostraram que não houve diferença significativa entre os tratamentos de AC em relação aos valores de “L” e somente as AC de 2% O₂, 3% O₂ e 7% CO₂ apresentaram diferença significativa em relação ao controle, que apresentou o menor valor. Para os valores do ângulo “h” apenas o tratamento 3% O₂ apresentou diferença significativa quando comparado ao controle. Os menores valores observados foram das AC 4% O₂ e 2% CO₂ e do controle. Os valores de croma observados também mostram maior atraso no desenvolvimento da cor para os tratamentos 2% O₂ e 3% O₂, sendo que este último apresentou o menor valor, e apresentaram diferença significativa em relação ao controle em que, ao contrário destes, observou-se o maior valor. Esses dados mostraram que o período de amadurecimento sob 20 °C em ar não foi suficiente para a total recuperação do desenvolvimento normal da cor dos frutos armazenados sob AC de 2%O₂ e 3% O₂,

apesar de que estes frutos já apresentavam mesma firmeza que os dos outros tratamentos. Aparentemente esses frutos demoram mais para desenvolver a cor, mas ao mesmo tempo perdem a firmeza com maior rapidez após a retirada dos frutos da AC. Segundo Nakhasi et al. (1991) o armazenamento de frutos no estágio 2 em AM diminui os processos metabólicos responsáveis pela perda de clorofila e síntese de licopeno, o que também foi observado por Yang et al. (1987), mas o desenvolvimento da cor vermelha ocorre normalmente quando os frutos são retirados das embalagens e transferidos para o ar.

Os tratamentos que mais se aproximaram do controle quanto a cor foram os das AC 4% O₂, 2% CO₂ e 4% CO₂, os tratamentos menos extremos.

Tabela 10 - Cor dos tomates medida após 14 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C e posterior amadurecimento a 20 °C (experimento 2).

Tratamentos	Cor		
	L	h	Croma
2% O ₂	45,19 a*	49,73 ab	32,66 b
3% O ₂	45,06 a	52,04 a	29,49 c
4% O ₂	42,57 ab	47,55 b	34,11 ab
2% CO ₂	42,96 ab	46,88 b	35,77 a
4% CO ₂	43,27 ab	48,95 ab	34,66 ab
7% CO ₂	43,73 a	49,85 ab	35,08 ab
Ar	40,10 b	47,07 b	36,17 a

*Valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente ao nível de 0,5% de probabilidade (teste t de Student).

4.2.4 Análise química

4.2.4.1 Açúcares totais e acidez titulável

Após o armazenamento sob AC a 12 °C por 14 dias e posterior amadurecimento a 20 °C, os tratamentos não apresentaram diferença estatística entre si em relação aos açúcares totais e acidez titulável (Tabela 11). Não houve diferença

estatística entre os tratamentos de AC e o controle, da mesma forma que foi observado por Nakhasi et al. (1991) para frutos armazenados sob AM, apesar disso, os maiores valores observados para conteúdo de açúcar foram os dos tratamentos com baixas concentrações de O₂ e 2% CO₂, sendo que 2% O₂ obteve o maior valor, e o menor valor foi o do tratamento 7% CO₂. Nunes et al. (1996) estudando o efeito da AC em frutos colhidos no estágio 4 em diferentes temperaturas também observaram que a 12 °C não houve diferença estatística entre os tratamentos de AC e o ar quanto a acidez titulável. Por outro lado, eles observaram que os sólidos solúveis foram mais baixos nos frutos sob AC do que naqueles armazenados em ar. Segundo Salunkhe & Wu (1973) baixas concentrações de O₂ inibem a degradação do amido e a subsequente formação de açúcar e que essa inibição é ainda mais distinta no estágio 1 - menos avançado de maturidade - ao contrário do que foi observado no experimento 2. Provavelmente, isto se deve ao fato dos frutos no estágio 2 já estarem no início da ascensão climatérica da respiração enquanto que os frutos no estágio 1 estarem no pré-climatério, sendo assim o efeito na inibição da quebra de amido em açúcar deve ser maior.

Tabela 11 - Valores de açúcares totais, acidez titulável e vitamina C em tomates, medidos após 14 dias de armazenamento sob atmosfera controlada a 12 °C e posterior amadurecimento a 20 °C (experimento 2).

Tratamentos	Açúcares totais (mg/ml)	Acidez titulável (% ác. cítrico)	Vitamina C (mg AA/100g)
2% O ₂	16,24 a	0,84 a	12,10 a
3% O ₂	14,52 a	0,79 a	11,63 a
4% O ₂	16,07 a	0,83 a	11,77 a
2% CO ₂	16,22 a	0,89 a	11,42 a
4% CO ₂	13,88 a	0,81 a	10,71 a
7% CO ₂	13,24 a	0,81 a	11,54 a
Ar	13,88 a	0,82 a	11,84 a

*Valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente ao nível de 0,5% de probabilidade (teste t de Student).

4.2.4.2 Vitamina C

Da mesma forma que para o conteúdo de açúcares totais e a acidez titulável, não foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos no experimento 2 para vitamina C. Apesar disso, os tomates armazenados sob 2% O₂ mostraram a tendência a ter maior valor para conteúdo de ácido ascórbico. Murata et al. (1968), por outro lado, observaram decréscimo no conteúdo de ácido ascórbico com o tempo de armazenamento principalmente nos frutos armazenados sob AC a 7,5 °C.

4.2.4.3 Compostos voláteis

As substâncias voláteis produzidas pelo tomate segundo Petro-Turza (1987) são em sua maioria derivadas de aminoácidos ou da quebra de carotenóides (Buttery et al., 1988). Dos 400 compostos que já foram identificados apenas poucos deles têm importância para o aroma característico do tomate. Este odor está ligado a substâncias como álcoois, hidrocarbonetos e compostos insaturados, fato que tem sido confirmado por trabalhos mais recentes. Alguns voláteis, segundo Baldwin et al. (1991), aumentam durante o amadurecimento junto com o aumento na síntese de licopeno. Dalal et al. (1968) também observou aumento na concentração dos compostos voláteis com o amadurecimento do fruto.

Ao contrário dos outros trabalhos, neste experimento foi feita uma análise multivariada dos compostos voláteis identificados, por este método de análise estatística os compostos são analisados como um todo e os efeitos dos tratamentos podem ser descritos como diferenças no aroma dos frutos. Observou-se que apenas o tratamento 7% CO₂ não apresentou diferença significativa quando comparado ao controle e houve diferença significativa entre os tratamentos com baixas concentrações de O₂ e aqueles com altos níveis de CO₂. Isto indica que a AC altera o aroma normal de tomates armazenados a 12 °C, no entanto não pode-se dizer se a mudança foi positiva ou negativa, para isso seria necessário um teste sensorial.

4.2.5 Amadureciemnto pós-colheita

Não foi encontrada diferença estatística quanto a dias para o amadurecimento entre os frutos mantidos sob AC e seguidos por amadurecimento em ar. Os frutos do controle tiveram uma vida pós-colheita de 20,93 dias (média de 15 tomates). Por outro lado, parece haver uma diferença entre os tratamentos com baixas concentrações de O_2 e aqueles com alto CO_2 , sendo que os primeiros apresentaram menor vida pós-colheita. Os frutos armazenados em baixas concentrações de O_2 parecem perder a firmeza mais rapidamente após serem retirados da AC do que os em altas concentrações de CO_2 , já que em um mesmo espaço de tempo eles já apresentavam 4 mm de deformação - que foi o ponto escolhido como final do amadurecimento - mas coloração mais clara do que aqueles armazenados sob altos níveis de CO_2 ou em ar.

5 CONCLUSÕES

O uso da atmosfera controlada no armazenamento a 12 °C de tomates colhidos no estágio 2 (menos de 10% de cor vermelha) de maturidade foi eficiente em retardar o amadurecimento dos frutos, uma vez que após o período de armazenamento esses frutos apresentaram-se mais firmes e com a coloração mais clara e menos vermelhos que frutos armazenados em ar no mesmo período e temperatura. No entanto, este comportamento foi bem mais marcante quando a duração do armazenamento foi de 14 dias, comparado com 7 dias..

Frutos armazenados sob AC por 7 dias apresentaram a mesma perda de peso e firmeza que tomates armazenados em ar, nas mesmas condições, e recuperaram a cor normalmente quando voltaram a atmosfera normal. Por outro lado, quando o período de armazenamento foi aumentado para 14 dias os frutos sob AC mostraram-se mais firmes e houve atraso no desenvolvimento da cor vermelha. Provavelmente as diferenças seriam maiores ainda se o período de armazenamento em AC fosse estendido.

O armazenamento sob altas concentrações de CO₂ não foi eficiente em retardar o amadurecimento, ao contrário do esperado o tratamento 4% CO₂ parece ter estimulado o amadurecimento dos frutos.

De acordo com os resultados obtidos o armazenamento de tomates colhidos no estágio 2 e armazenados a 12 °C sob a concentração de 2% ou 3% de O₂ por 14 dias seria a condição mais eficaz para a conservação pós-colheita destes frutos.

ANEXO

A1 - Conversão de mg de CO₂ em ml de CO₂

Na equação 1 utilizou-se o fator de conversão de 1,88 para conversão de mg em ml de CO₂. Este fator foi calculado considerando-se o CO₂ como um gás perfeito onde $PV/T = R$, sendo P a pressão do gás em atm, V o volume ocupado pelo gás em L, T a temperatura do gás em Kelvin e R a constante universal dos gases perfeitos que é igual a 0,082 atm L.K⁻¹.

Nas CNTP¹, isto é, temperatura igual a 0°C e pressão de 1 atm, um mol de CO₂ ocupa um volume de 22,4 L. Considerando-se que 1 mol de CO₂ pesa 44 g, temos que 1ml de CO₂ equivale a 1,96 mg (equação 6).

$$x \text{ mg} = 44000 \text{ mg} / 22400 \text{ ml} = 1,96 \text{ mg} \quad (6)$$

Assim, o fator de conversão de mg para ml seria de 1,96 para as CNTP e deste modo tem-se:

$$V' = \text{mg CO}_2 / 1,96 \quad (7)$$

onde V' é o volume ocupado pelo gás, em ml, à temperatura de 0°C.

Como a temperatura de armazenamento utilizada foi de $12 \pm 0,5^\circ\text{C}$, e considerando-se que a pressão utilizada foi a mesma das CNTP, tem-se :

$$PV / T = R \quad (\text{Lei dos gases perfeitos}) \quad (8)$$

$$P = RV / T \quad (9)$$

¹ CNTP = Condições Normais de Temperatura e Pressão

logo,

$$R T' / V' = R t / v \quad (10)$$

$$v = (t / T') V' \quad (11)$$

onde:

T' = temperatura nas CNTP em K,

t = temperatura de armazenamento em K,

V = volume do gás nas CNTP em ml, e

v = volume do gás na temperatura de armazenamento em ml.

Substituindo-se os valores numéricos de t e T' , tem-se :

$$v = (285,15 / 273,15) V' \quad (12)$$

$$v = 1,044 V' \quad (13)$$

Substituindo-se a equação 7 na equação 13 e resolvendo para v , temos :

$$v = 1,044 (\text{mg CO}_2 / 1,96) \quad (14)$$

$$v = \text{mg CO}_2 / 1,88 \quad (15)$$

A2 - Obtenção das concentrações de gases para a AC.

Para obtermos um fluxo de ar com uma concentração específica de um gás, os seguintes passos foram obedecidos :

1) Determinou-se o fluxo total (F) em ml min^{-1} de acordo com a quantidade de frutos armazenados. Como $F = 26,5 \text{ ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$, para 1kg de tomate necessita-se de um fluxo de $26,5 \text{ ml min}^{-1}$.

2) Os fluxos parciais (FP) foram calculados para cada gás separadamente, de acordo com a porcentagem desses gases desejada nas misturas.

$$\text{FP CO}_2 = \frac{\% \text{ de CO}_2 \text{ desejada}}{100} \times F \quad (16)$$

$$\text{FP O}_2 = \frac{\% \text{ de O}_2 \text{ desejada}}{100} \times F \quad (17)$$

Como a fonte de O_2 utilizada foi o ar comprimido e considerando-se que só 21 % do ar é O_2 , tem-se que dividir o FP O_2 por 21 % (equação 18).

$$\text{FP O}_2 = \frac{\% \text{ de O}_2 \text{ desejada}}{21} \times F \quad (18)$$

$$\text{FP N}_2 = \frac{\% \text{ de N}_2 \text{ desejada}}{100} \times F \quad (19)$$

Do FP N_2 tem-se de subtrair uma parte do N_2 que já foi suprida pelo ar comprimido, que corresponde ao $\text{FP O}_2 \times 79 \%$. Deste modo, o FP N_2 pode ser calculado segundo a equação 20.

$$FP\ N_2 = [(\% \text{ de } N_2 \text{ desejada} / 100) \times F] - [FP\ O_2 \times (79 / 100)] \quad (20)$$

3) Ajustou-se os FPs no painel de controle com o auxílio de um medidor de fluxo digital modelo ADM 1000 / J & W Scientific, CA, EUA, de modo que, no final, tem-se um fluxo total que apresenta as concentrações de gases desejadas.

A3 - Cálculo da porcentagem de ácido no tomate

Calculou-se a porcentagem de ácido nas amostras utilizando-se o método volumétrico ou titulométrico. Por este método consegue-se determinar o volume de ácido existente em uma amostra a partir do volume de base utilizado para neutralizar esse ácido, como mostra a equação 21:

$$N_b V_b = N_a V_a, \quad (21)$$

onde:

N_b = normalidade da base,

V_b = volume da base em L,

N_a = normalidade do ácido, e

V_a = volume do ácido em L.

Sabe-se que :

$$N = \frac{m}{E \cdot V} \quad (22)$$

onde:

m = massa do soluto em g,

E = equivalente grama, e

V = volume em L.

Assim, substituindo-se a equação 22 na equação 21 teremos:

$$Nb Vb = [m / (E \times Va)] Va \quad (23)$$

$$Nb Vb = m / E \quad (24)$$

$$m = Nb Vb E \quad (25)$$

A partir dessa relação pode-se determinar a porcentagem de ácido na amostra, considerando-se o tamanho da amostra utilizada e o ácido presente em maior quantidade no fruto, que no caso do tomate é o ácido cítrico. Como para a titulação utilizou-se 6,0 g do homogeneizado se todos os 6,0 g fossem apenas ácido cítrico, a porcentagem de ácido seria de 100 %. Deste modo, para determinar-se a porcentagem existente na amostra tem-se:

$$\% \text{ ácido cítrico} = \frac{m \times 100}{6,0 \text{ g}} \quad (26)$$

Substituindo-se a equação 25 na equação 26 tem-se:

$$\% \text{ ácido cítrico} = \frac{Nb Vb E \times 100}{6,0 \text{ g}} \quad (27)$$

Utilizando-se o Vb em ml tem-se:

$$\% \text{ ácido cítrico} = \frac{Nb Vb(\text{ml}) mE \times 100}{6,0 \text{ g}} \quad (28)$$

O ácido cítrico é um ácido tricarboxílico cujo equivalente grama (E) é igual a 192 g (massa atômica) divididos por 3, isto é, 64g , logo, o fator miliequivalente (mE) do ácido cítrico é $64 / 1000 = 0,064$ g. Deste modo, tem-se a equação 29 que representa o cálculo da porcentagem de ácido presente em uma amostra de 6,0 g.

$$\% \text{ ácido cítrico} = \frac{N_b \times V_b(\text{ml}) \times 0,064 \times 100}{6,0} \quad (29)$$

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-SHAIBANI, A.M.H.; GREIG J.K. Effects of stage of maturity, storage, and cultivar on some quality attributes of tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.104, n.6, p.880-882, 1979.

ANJU-KUMARI; BHARDWAJ, M.L.; GULERIA, S.P.S.; KUMARI, A. Influence of stage of harvest on shelf life and quality of tomato. **Horticultural Journal**, v.6, n.2, p.89-92, 1993. /Resumo em **CAB Abstracts on CD-ROM**, 1/1995 - 10/95/.

BALDWIN, E.A.; NISPEROS-CARRIEDO, M.O.; BAKER, R.; SCOTT, J.W. Quantitative analyses of flavor parameters in six Florida tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.39, n.6, p.1135-1140, 1991.

BALDWIN, E.A.; NISPEROS-CARRIEDO, M.O.; MOSHONAS, M.G. Quantative analysis of flavor and other volatiles and for certain constituents of two tomato varieties during ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.116, p.265-269, 1991.

- BENDER, R.J.; BRECHT, J.K.; CAMPBELL, C.A. Responses of 'Kent' and 'Tommy Atkins' mangoes to reduced O₂ and elevated CO₂. **Procedures of the Florida State Horticultural Society**, v.107, p.274-277, 1994.
- BHOWMIK, S.R.; PAN, J.C. Shelf life of mature green tomatoes stored in controlled atmosphere and high humidity. **Journal of Food Science**, v.57, n.4, p.948-953, 1992.
- BRADY, C.J.; MacALPINE, G.; McGLASSON, W.B.; UEDA, Y. Polygalacturonase in tomato fruits and the induction of ripening. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.9, n.2, p.171-178, 1982.
- BRECHT, P.E. Use of controlled atmosphere to retard deterioration of produce. **Food Technology**, v.34, p.45-50, 1980.
- BROWN, E.D.; YADA, R.Y.; STANLEY, D.W. Chilling injury and modified atmosphere storage of mature green tomatoes. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v.22, n.4, p.339-344, 1989.
- BUESCHER, R.W. Influence of carbon dioxide on postharvest ripening and deterioration of tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.104, n.4, p.545-547, 1979.
- BURTON, W.G. Some biophysical principles underlying the controlled atmosphere storage of plant material. **Annals of Applied Biology**, v.78, p.149-168, 1974.

- BUTTERY, R.G.; TERANISHI, R.; LING, L.C. Fresh tomato aroma volatiles: A quantitative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.35, p.540-544, 1987.
- BUTTERY, R.G.; TERANISHI, R.; LING, L.; FLATH, R.A.; STERN, D.J. Quantitative studies on origins of fresh tomato aroma volatiles. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.36, p. 1247-1250, 1988.
- CAMARGO FILHO, W.P. de; MAZZER, A.R. Integração do mercado de cebola e tomate no Mercosul. **Informações Econômicas**, v.25, n.12, p.64-81, 1995.
- CROOKES, P.R.; GRIERSON, D. Ultrastructure of tomato fruit ripening and the role of polygalacturonase isoenzymes in cell wall degradation. **Plant Physiology**, v.72, n.4, p.1088-1093, 1983.
- DADZIE, B.K.; BANKS, N.H.; CLELAND, D.J.; HEWETT, E.W. Role of skin resistance to gas diffusion in the response of fruits to modified atmospheres. **Acta Horticulturae**, v.343, p.129-134, 1993.
- DALAL, K.B.; SALUNKHE, D.K.; BOE, A.A.; OLSON, L.E. Certain physiological and biochemical changes in the developing tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Food Science and Technology Journal**, p.504-508, 1966.
- DALAL, K.B.; SALUNKHE, D.K.; OLSON, L.E.; DO, S.Y.; YU, M.H. **Plant & Cell Physiology**, v.9, p.389, 1968.

DAVIES, J.N.; HOBSON, G.E. The constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition, and genotype. **Critical Reviews of Food Science and Nutrition**, v.15, n.3, p. 205-280, 1981./Resumo em **CAB Abstracts on CD-ROM**, 1982-1983/

DENNIS, C.; BROWNE, K.M.; ADAMACKI, F. Controlled atmosphere storage of tomatoes. **Acta Horticulturae**, v.93, p.75-83, 1979.

DENNISON, R. A . A discussion of the factors that influence color, flavor, and firmness in tomato fruits. **Market Growers Journal**, v.84, n.6, 1955. In: STEVNS, M.A. Tomato flavor: Effects of genotype, cultural practices, and maturity at picking. In: PATTE, H.E. (ed) **Evaluation of quality of fruits and vegetables**. Westport, CT: Avi Publishing Co. Inc., 1985. cap.14, p. 367-387.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-356, 1956.

FRANCILE, A.S. Conservacion de tomate en atmosfera controlada. **Revista de Agricultura Subtropical e Tropicale**, v.86, n.2, p.411-416, 1992. /Resumo em **CAB Abstracts on CD-ROM**, 1993-94/.

FRANCIS, F.J. Color quality evaluation of horticultural crops. **HortScience**, v.15, p.58-59, 1980.

GOODENOUGH, P.W.; THOMAS, T.H. Comparative physiology of field-grown tomatoes during ripening on the plant or retarded ripening in controlled atmosphere. **Annals of Applied Biology**, v.94, p 445-455, 1980.

GOODWIN, T.W. **The biochemistry of the carotenoids**. London: Chapman & Hall, v.1, 2^a ed. , 1980.

GRIERSON, D.; KADER, A.A. Fruit ripening and quality. In: ATHERTON, J.G. & RUDICH, J. (eds) **The tomato crop**. London: Chapman & Hall, p. 241-280, 1986.

GROSS, K.C. & WALLNER, S.J. Degradation of cell wall polysaccharides during tomato fruit ripening. **Plant Physiology**, v.63, n.1, p.117-120, 1979.

HALL, C.B. Changes in titratable acidity of tomato fruits subjected to low temperatures. **HortScience**, v.3, n.1, p.37-38, 1968.

HAMPSON, A.R. Measuring firmness of tomatoes in a breeding program. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, v.60, p.425, 1952. In: **Análisis de calidad de tomate para lograr un mejor product**. Cochabamba, Bolivia, 1980. 17p.

HICKS, J.R.; HAYSLIP, N.C.; SHOWALTER, R.K. Consumer preferences being pink and red-ripe tomatoes. **HortScience**, v.10, p.11-12, 1975.

- HOBSON, G.E. Electrophoretic investigation of enzymes from developing *Lycopersicon esculentum* fruit. **Phytochemistry**, v.3, p.1383-1390, 1974.
- HOBSON, G.E. The short-term storage of tomato fruit. **Journal of Horticultural Science**, v.56, n.4, p.363-368. 1981.
- HOBSON, G.E.; DAVIES, J.N. The tomato. In: HULME, A.C. **The Biochemistry of fruits and their products**. Academic Press London, v.2, 1971, cap.13, p.437-475.
- HOBSON, G.E.; GRIERSON, D. Tomato. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (eds) **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. cap.14, p.405-442.
- HOODA, R.S; JITENDRA-SINGH; HOODA, V.S.; KHURUNA, S.C.; SINGH, J. Effect of maturity stages, storage conditions and chemical treatments on storage quality of tomatoes (cv. Sel-18). **International Journal of Tropical Agriculture**, v.12, n.1-2, p.46-51, 1994. /Resumo em CAB Abstracts on CD-ROM, 1/1995 - 10/95/.
- JACKMAN, R.L.; YADA, R.Y.; MARANGONI, A.; PARKIN, K.L.; STANLEY, D.W. Chilling injury. A review of quality aspects. **Journal of Food Quality**, v.11, p.253-278, 1988.
- JONES, R.A.; SCOTT, S.J. Improvement of tomato flavor by genetically increasing sugar and acid contents. **Euphytica**, v.32, p.845-855, 1983.
-

KADER, A.A. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres. **Food Technology**, v. 34, p.51-53, 1980.

KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, v.40, n.5, p. 99-100 & 102-104, 1986.

KADER, A.A. Modified atmospheres during transport and storage. In: KADER, A.A. (ed) **Postharvest technology of horticultural crops**. California: University of California, 1992. p.85-92.

KADER, A.A.; STEVENS, M.A.; ALBRIGHT-HOLTON, M.; MORRIS, L.L.; ALGAZI, M. Effect of fruit ripeness when picked on flavor and composition in fresh market tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.103, p.724-731, 1977.

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

KAYS, S.J. Secondary metabolic process and products - Carbohydrates. In: KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. cap.4, p.143-156.

KHUDAIRI, A.K. The ripening of tomatoes. **American Scientist**, v.60, n.6, p.696-707, 1972.

KIDD, F.; WEST, C. Gas storage of tomatoes. Food Investment Board Report of Great Britain, v.1931, p.209-211, 1932. In: BEAULIEU, J.C. & SALTVEIT, M.E. Postharvest quality and pH of *Fusarium* inoculated red-ripe tomatoes stored under controlled atmospheres. **International Journal of Food Science and Technology**, v.30, p.379-389, 1995.

KIM, B.D.; HALL, C.B. Firmness of tomato fruit subjected to low concentrations of oxygen. **HortScience**, v.11, n.5, p.466, 1976.

KNEE, M. Physiological responses of apple fruit to oxygen concentrations. **Annals of Applied Biology**, v.96, p.243-253, 1980.

KUBO, Y.; INABA, A.; NAKAMURA, R. Effects of high CO₂ on respiration in various horticultural crops. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v.58, n.3, p.731-736, 1989.

LOCKHART, C.L.; EAVES, C.A. The influence of low oxygen levels and relative humidity on storage of green tomatoes. **Journal of Horticultural Science**, v.42, p.289-294, 1967.

MARANGONI, A.G.; STANLEY, D.W. Studies on the long-term storage of mature, green tomato fruit. **Journal of Horticultural Science**, v.66, n.1, p.81-84, 1991.

McDONALD, R.E.; McCOLLUM, T.G.; BALDWIN, E.A. Prestorage heat treatments influence free sterols and flavor volatiles of tomatoes stored at chilling temperature.

Journal of the American Society for Horticultural Science, v.121, n.3, p.531-536, 1996.

MORRIS, L.L.; MANSFIELD, D.; STAND, L. The role of CA, including CO, in the storage life of tomatoes. **Symposium-series**, Oregon State University, School of Agriculture, n.1, p.285-287, 1982. /Resumo **FSTA Abstracts on CD-ROM**, 1969 - 12/95/.

MURATA, T.; TATEISHI, K.; OGATA, K. Studies on the CA storage of fruits and vegetables. Effect of CA storage on the quality of tomatoes at two ripening stages. **Journal of the Japanese Horticultural Science**, v.37, p.391-396, 1968. Abstract 1396 em **Horticultural Abstracts**, v.40, p.1396, 1968.

NAKHASI, S.; SCHLIMME, D.; SOLOMOS, T. Storage potential of tomatoes harvested at the breaker stage using modified atmosphere packaging. **Journal of Food Science**, v.56, n.1, p.55-59, 1991.

NISPEROS-CARRIEDO, M.O.; SHAW, P.E. Comparison of volatile flavor components in fresh and processed orange juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.38, p.1048-1052, 1990.

NUNES, M.C.N.; BRECHT, J.K.; MORAIS, A.M.M.B.; SARGENT, S.A. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. **Postharvest Biology and Technology**, v.6, p.17-28, 1995.

- NUNES, M.C.N.; MORAIS, A.M.M.B.; BRECHT, J.K.; SARGENT, S.A. Quality of pink tomatoes (cv. Buffalo) after storage under controlled atmosphere at chilling and nonchilling temperatures. **Journal of Food Quality** , v.19, n. 5, p.363-374, 1996.
- ONTAI, S.L.; PAULL, R.E.; SALTVEIT Jr, M.E. Controlled atmosphere storage of sugar peas. **HortScience**, v.27, n.1, p.39-41, 1992.
- PARK, H.J.; CHINNAN, M.S.; SHEWFELT, R.L. Edible coating effects on storage life and quality of tomatoes. **Journal of Food Science**, v.59, n.3, p.568-570, 1994.
- PARSONS, C.S. ; ANDERSON, R.E. ; PENNEY, R.W. Storage of mature green tomatoes in controlled atmospheres. **Jounal of the American Society for Horticultural Science**, v.95, n.6, p.791-794, 1970.
- PETRO-TURZA, M. Flavor of tomato and tomato products. **Food Reviews International**, v.2, p.309-351, 1987.
- SALUNKHE, D.K.; WU, M.T. Effects of low oxygen atmosphere storage on ripening and associated biochemical changes in tomato cultivars. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.98, p.12-14, 1973.
- SALUNKHE, D.K.; JADAV, S.J.; YU, M.H. Quality and nutritional composition of tomato fruit as influenced by certain biochemical and physiological changes. *Qualitas-Plantarum*, 24: 85-113. 1974./Resumo em **CAB Abstracts on CD-ROM**, 1972-1975/

SARGENT, S.A. **Developing a system for screening and handling premium quality tomatoes.** Horticultural Science Department. University of Florida, 1995. 2p.

SAWAMURA, M. ; KNEGT, E. ; BRUINSMA, J. Levels of endogenous ethylene, carbon dioxide, and soluble pectin, and activities of pectin methylesterase and polygalacturonase in ripening tomato fruits. **Plant & Cell Physiology**, v.19, n.6, p.1061-1069, 1978.

SHEWFELT, R.L.; THAI, C.N.; DAVIS, J.W. Prediction of changes in color of tomatoes during ripening at different constant temperatures. **Journal of Food Science**, v.53, p.1433-1437, 1988.

SINGH, B.; WANG, D.J.; SALUNKHE, D.K. Controlled atmosphere storage of lettuce. 2. Effects on biochemical composition of leaves. **Journal of Food Science**, v.37, p.52-55, 1972.

SINGH, A.K.; KASHYAP, M.M.; GUPTA, A.K. Studies on storage of tomatoes in carbon dioxide enriched atmosphere. Indian Society of Agricultural Engineers. **Proceedings of the Silver Jubilee Convention**, held in Bophal, India, 29-31 October 1985, v.3, p.125-129, 1985. /Resumo em **CAB Absracts on CD-ROM**, 1987 - 89/.

SMITH, R.B. Controlled atmosphere storage of 'Redcoat' strawberry fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, p.260-264, 1992.

SMITH, R.B. & SKOG, L.G. Postharvest carbon dioxide treatment enhances firmness of several cultivars of strawberry. **HortScience**, v.27, n.5, p.420-421, 1992.

SUBBURAMU, K.; SINGARAVELU, M.; NAZAR, A.; IRULAPPAN, I. Effect of stage of harvest in tomato cultivars in improving the shelf life and fruit quality. **South Indian Horticulture**, v.38, n.4, p.199-203, 1990. /Resumo em **CAB Abstracts on CD-ROM**, 1992/.

TERADA, M.; WATANABE, Y.; KUMITOMA, M.; HAYASHI, E. Differential rapid analyses of ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. **Analytical Biochemistry**, v.84, p.604-608, 1978.

THOMAS, T.H.; DREW, R.L.K.; GOODENOUGH, P.W. Determination of firmness of field-grown tomatoes during storage in controlled atmosphere or ripened at different temperatures. **Annals of Applied Biology**, v.100, p.197-202, 1982.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **United States standards for grades of fresh tomatoes**. Washington DC, United States Department of Agriculture, 11p. 1976.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks**. USDA., Handbook n.66. 1986.

VIDIGAL, J.C.; SIGRISTI, J.M.M.; FIGUEIREDO, I.B.; MEDINA, J. C. Conservação do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) por refrigeração e em atmosfera

controlada. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v.16, p.421-442, 1979.

YANG, C.C.; BENNAN, P.; CHINNAN, M.S.; SHEWFELT, R.L. Characterization of tomato ripening process as influenced by individual seal-packaging. **Journal of Food Quality**, v.10, p.21-30, 1987.

Apêndice 1

Estádios de maturidade do tomate segundo o USDA.

Descrição do estágio de maturidade de tomates segundo a classificação do USDA (1976). Esta classificação foi utilizada como padrão para o presente trabalho.

Estádio 1 (“Green”): indica que a superfície do tomate é totalmente verde, podendo variar de um verde claro a um verde escuro.

Estádio 2 (“Breaker”): há uma predominância na cor verde mas com o aparecimento de coloração amarela, rosa ou vermelha em menos de 10% da superfície, principalmente na região apical do fruto.

Estádio 3 (“Turning”): o tomate apresenta uma mudança definitiva na cor verde para amarelo, rosa, vermelho ou de uma combinação das três, em 10% a 30% de sua superfície.

Estádio 4 (“Pink”): o tomate apresenta a cor rosa ou vermelha em 30% a 60% da superfície.

Estádio 5 (“Light Red”): o tomate apresenta a cor rosa ou vermelha em 60% a 90% da superfície.

Estádio 6 (“Red”): o tomate apresenta a cor vermelha em mais de 90% da superfície.

Apêndice 2

Equações de regressão para compostos voláteis.

As equações seguintes foram determinadas através de uma curva de calibração baseada na altura dos picos (AP) formadas no cromatograma por 5 concentrações (C) padrão para cada composto.

1. Acetona : $AP = - 609,7 + 3717,5 C ; r = 0,980$

2. Metanol : $AP = - 4910,7 + 48,1 C ; r = 0,950$

3. Etanol : $AP = - 970,8 + 89,8 C ; r = 0,960$

4. 1-Penteno-3-ona : $AP = - 9,0 + 771,3 C ; r = 0,998$

5. Hexanal : $AP = 1667,4 + 816,3 C ; r = 0,990$

6. *cis*-3-Hexanal : $AP = 5,5 + 278,4 C ; r = 0,996$

7. 2+3 Metilbutanol : $AP = - 317,2 + 1750,8 C ; r = 0,999$

8. *trans*-2-Hexanal : $AP = - 1476,59 + 1106,0 C ; r = 0,998$

9. *trans*-2-Hepteno-3-ona : $AP = - 79,9 + 8546,3 C ; r = 0,970$

10. 6-Metil-5-hepteno-2-ona : $AP = - 530,6 + 3364,6 C$; $r = 0,998$

11. *cis*-3-hexanol : $AP = - 112,2 + 3901,7 C$; $r = 0,985$

12. 2-Isobutiltiazol : $AP = - 20,5 + 2108,0 C$; $r = 0,997$

13. 1-Nitro-2-feniletane : $AP = - 173,8 + 4724,3 C$; $r = 0,980$

14. Geranilacetona : $AP = - 148,2 + 336,1 C$; $r = 0,990$

15. β -ionona : $AP = 9,2 + 602,5$; $r = 0,970$