

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

COMPORTAMENTO PÓS-COLHEITA DE CAQUI
(*Diospyros kaki*): AVALIAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA

POR

SAUL DUSSÁN SARRIA

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Saul Dussán Sarria e aprovada pela Comissão Julgadora em 27 de março de 1998. Campinas, 13 de julho de 1998.

Orientador:

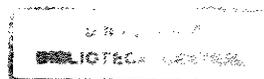
Prof. Dr. Sylvio Luís Honório

Sylvio Luís Honório
Presidente da Banca

Dissertação apresentada em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Pré-Processamento de Produtos Agrícolas.

Campinas, SP

Março de 1998



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	TV/unicamp
	D947c
V. _____	Er. _____
TOMBO BC/	35358
PROC.	395/98
C <input type="checkbox"/>	D <input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	06/10/98
N.º CPD	

CM-00116654-7

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Dussán Sarria, Saul

D947c Comportamento pós-colheita de caqui (*diospyros kaki*) :
avaliação física e química. / Saul Dussán Sarria.--
Campinas, SP: [s.n.], 1998.

Orientador: Sylvio Luís Honório
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

I. Caqui - Conservação. I. Honório, Sylvio Luís. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Agrícola. III. Título.

**Aos meus pais, Saul e Inés,
Aos meus irmãos Melby, Nicolás, Vladimir e Fernando,
A minha avó Julia,
A todos os meus familiares, amigos e amigas,
A Deus,
Dedico.**

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Sylvio Luís Honório, pela orientação, dedicação e apoio em todas as etapas do trabalho.

Aos Professores Antônio Carlos de Oliveira Ferraz e Kil Jin Park, pelas sugestões apresentadas ao trabalho.

Ao Dr. Mussã e o senhor Antônio Hamaguti, proprietários de sítio em Piedade - SP, pela disponibilização dos frutos para o experimento.

A Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), pela oportunidade de realizar o curso.

Ao Programa Estudante Convênio (PEC/PG), pela bolsa de estudo.

A FAPESP pelo auxílio de pesquisa.

Aos funcionários do Departamento de Pré-Processamento de Produtos Agropecuários (FEAGRI), Rosália, Francisco e Dario, pela ajuda no laboratório, e Vânia pela ajuda na secretaria.

Ao Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos, em especial a Alice pela ajuda no laboratório.

Ao Dennis, estagiário do Departamento de Máquinas Agrícolas (FEAGRI), pela sua colaboração no laboratório.

Aos amigos, em especial para Helena, e demais funcionários da Faculdade que de uma ou outra forma colaboraram nesta dissertação.

A Nadia pela sua paciência.

SUMÁRIO

	Página
PÁGINA DE ROSTO	I
DEDICATÓRIA	II
AGRADECIMENTOS	III
SUMÁRIO	IV
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Aspectos gerais do fruto	3
2.2 Propriedades físicas	4
2.3 Fatores pós-colheita que causam perecibilidade	5
2.3.1 Fatores biológicos	6
2.3.1.1 Respiração	6
2.3.1.2 Produção de etileno	7
2.3.1.3 Mudanças na composição do fruto	8
2.3.1.4 Transpiração	10
2.3.2 Fatores ambientais	11
2.3.2.1 Temperatura	11
2.3.2.2 Umidade relativa	11
2.3.2.3 Composição atmosférica	11
2.4 Fatores que influenciam na qualidade	12

2.4.1 Condições climáticas.....	12
2.4.2 Práticas culturais.....	12
2.4.3 Ponto de colheita.....	12
2.4.4 Manuseio pós-colheita.....	14
2.5 Maturação, amadurecimento e senescência.....	15
2.6 Refrigeração.....	16
2.7 Relação acidez / sólidos solúveis.....	19
2.8 Açúcares.....	20
2.9 pH.....	21
2.10 Resistência mecânica.....	21
2.10.1 Módulo de elasticidade.....	23
2.10.2 Módulo de Poisson.....	26
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1 Produto.....	29
3.2 Local.....	29
3.3 Embalagem.....	29
3.4 Acompanhamento pós-colheita.....	30
3.5 Perda de peso.....	32
3.6 Relação acidez titulável / sólidos solúveis.....	32
3.7 pH.....	33
3.8 Açúcares redutores, totais e não redutores.....	33
3.9 Taxas de produção de CO ₂ e C ₂ H ₄	34
3.10 Módulo de elasticidade.....	35
3.11 Análise estatística.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1 Perda de peso.....	38
4.2 Mudanças nos açúcares.....	40
4.3 Mudanças na aparência do fruto.....	43
4.4 Mudanças na relação acidez titulável / sólidos solúveis.....	44
4.5 Mudanças no pH.....	48
4.6 Análise de gases (CO ₂ e C ₂ H ₄).....	50

4.7 Mudanças no módulo de elasticidade	53
4.8 Análise estatística	55
4.8.1 Relação entre a acidez titulável e os sólidos solúveis	55
4.8.2 Relação entre os açúcares totais e os sólidos solúveis	56
4.8.3 Relação entre o pH e a acidez titulável	56
4.8.4 Relação entre o módulo de elasticidade e a perda de peso	57
4.8.5 Relação entre o módulo de elasticidade e os açúcares totais	58
4.8.6 Relação entre a relação acidez titulável/SS e os açúcares totais	59
4.8.7 Relação entre o CO_2 e a relação acidez titulável/SS	59
<hr/>	
5. CONCLUSÕES	64
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
7. ANEXOS	70

LISTA DE TABELAS

TABELA	Página
1 Período adequado para consumo "in natura" do caqui 'Fuyu' e valores dos parâmetros em cada tratamento.....	65
2 Modelos de ajuste e R^2 , na perda de peso (%) do caqui - 'Fuyu', em cada um dos tratamentos.....	70
3 Modelos de ajuste e R^2 , na relação entre a acidez titulável e os sólidos solúveis.....	70
4 Modelos de ajuste e R^2 , na relação entre os açúcares totais e os sólidos solúveis.....	71
5 Modelos de ajuste e R^2 , na relação entre pH e a acidez titulável.....	71
6 Modelos de ajuste e R^2 , na relação entre o módulo de elasticidade e a perda de peso.....	71
7 Modelos de ajuste e R^2 , na relação entre o módulo de elasticidade e os açúcares totais.....	72
8 Modelos de ajuste e R^2 , na relação entre a relação acidez titulável/SS e os açúcares totais.....	72

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
1 Uma esfera em contato com uma superfície plana	23
2 Embalagem comercial de caqui 'Fuyu'	30
3 Câmara de conservação modelo 347 CD.....	31
4 Determinação dos açúcares.....	34
5 Prensa universal "Ottawa Texture Measuring System" e o sistema de aquisição de dados (Aqdados).....	35
6 Instron com registro de dados em carta de papel	36
7 Perda de peso do caqui 'Fuyu', índice 1 em condições de laboratório (22 ± 3 °C e 71 ± 6 % de UR)	38
8 Mudanças nos açúcares do caqui 'Fuyu', índice 1 em condições de laboratório (22 ± 3 °C e 71 ± 6 % de UR)	41
9 Mudanças nos açúcares do caqui 'Fuyu', índice 2 em condições de laboratório (22 ± 3 °C e 71 ± 6 % de UR)	42
10 Mudanças nos açúcares do caqui 'Fuyu', índice 1, refrigerado a 0 ± 1 °C e 65 ± 1 % de UR.....	42
11 Mudanças nos açúcares do caqui 'Fuyu', índice 2, refrigerado a 0 ± 1 °C e 65 ± 1 % de UR.....	43
12 Mudanças na relação acidez titulável/sólidos solúveis do caqui 'Fuyu', índice 1 em condições de laboratório (22 ± 3 °C e 71 ± 6 % de UR).....	45
13 Mudanças na relação acidez titulável/sólidos solúveis do caqui 'Fuyu', índice 2 em condições de laboratório (22 ± 3 °C e 71 ± 6 % de UR).....	46

14	Mudanças na relação acidez titulável/sólidos solúveis do caqui 'Fuyu', índice 1, refrigerado a $0 \pm 1^\circ\text{C}$ e $65 \pm 1\%$ de UR.....	47
15	Mudanças na relação acidez titulável/sólidos solúveis do caqui 'Fuyu', índice 2, refrigerado a $0 \pm 1^\circ\text{C}$ e $65 \pm 1\%$ de UR.....	47
16	Mudanças no pH do caqui 'Fuyu', índice 1 em condições de laboratório ($22 \pm 3^\circ\text{C}$ e $71 \pm 6\%$ de UR).....	48
17	Mudanças pH do caqui 'Fuyu', índice 2, em condições de laboratório ($22 \pm 3^\circ\text{C}$ e $71 \pm 6\%$ de UR).....	49
18	Mudanças pH do caqui 'Fuyu', índice 1, refrigerado a $0 \pm 1^\circ\text{C}$ e $65 \pm 1\%$ de UR.....	50
19	Mudanças pH do caqui 'Fuyu', índice 2, refrigerado a $0 \pm 1^\circ\text{C}$ e $65 \pm 1\%$ de UR.....	50
20	Mudanças no CO_2 do fruto de caqui 'Fuyu', índice 2 e mantido a $23 \pm 1^\circ\text{C}$ e $66 \pm 3\%$ de UR.....	51
21	Mudanças na produção de etileno de caqui 'Fuyu', índice 2 e mantido a $23 \pm 1^\circ\text{C}$ e $66 \pm 3\%$ de UR.....	52
22	Mudanças no módulo de elasticidade (E) do caqui 'Fuyu', para dois pontos de colheita e duas condições de conservação ..	54
23	Relação entre a acidez titulável e os sólidos solúveis, nos frutos com índice 2, CR.....	55
24	Relação entre os açúcares totais e os sólidos solúveis, nos frutos com índice 2, CR.....	56
25	Relação entre o pH e a acidez titulável, nos frutos com índice 2, CR.....	57
26	Relação entre o módulo de elasticidade e a perda de peso, nos frutos com índice 2, CR.....	58
27	Relação entre o módulo de elasticidade e os açúcares totais, nos frutos com índice 2, CR.....	58

28	Relação entre a relação acidez titulável/SS e os açúcares totais, nos frutos com índice 2, CR.....	59
29	Relação entre o CO ₂ e a relação acidez titulável/SS, nos frutos com índice 2, SR.....	60
30	Estado inicial dos frutos de caqui com Índice 1.....	60
31	Estado inicial dos frutos de caqui com Índice 2.....	61
32	Frutos de caqui 'Fuyu', com Índice 1, SR, 15 dias após a colheita.....	61
33	Frutos de caqui 'Fuyu', com Índice 2, SR, 11 dias após a colheita.....	62
34	Frutos de caqui "Fuyu", Índice 1, CR, 27 dias após a colheita.....	62
35	Frutos de caqui "Fuyu", Índice 2, CR, 19 dias após a colheita.....	63

RESUMO

Foi avaliado o comportamento pós-colheita de caqui (*Diospyros kaki*), 'Fuyu', para dois pontos de colheita e duas condições de conservação, através do acompanhamento periódico de alguns parâmetros físicos e químicos. Os dois pontos de colheita avaliados foram: anterior ao ponto de colheita comercial (Índice 1), ou seja, 15 a 20 dias antes do ponto de colheita comercial e no ponto de colheita comercial (Índice 2).

Os frutos foram acondicionados em embalagem comercial (caixas de papelão) e mantidos em condições ambientais de laboratório com temperatura de 22 ± 3 °C e 71 ± 6 % de umidade relativa e sob refrigeração com temperatura de 0 ± 1 °C e 65 ± 1 % de umidade relativa.

Os parâmetros físicos avaliados foram: perda de peso durante o armazenamento e resistência mecânica à compressão, medida através do módulo de elasticidade aparente.

Os parâmetros químicos avaliados foram: açúcares redutores, açúcares totais, açúcares não redutores, relação acidez titulável/sólidos solúveis e pH.

Os resultados mostraram que o caqui com Índice 1, sem refrigeração, apresentou o melhor dia para consumo no 15º dia após a colheita; já os frutos com Índice 2, apresentaram o melhor dia para no 11º dia após a colheita. Os frutos com Índice 1 e Índice 2, refrigerados, apresentaram condições adequadas de aceitação no 27º e 19º dia após a colheita, respectivamente.

O caqui 'Fuyu' apresenta comportamento respiratório característico de fruto climatérico e o pico de evolução de etileno coincide com o pico climatérico. Além disso, foi verificada uma forte correlação linear entre a perda de peso e o módulo de elasticidade.

ABSTRACT

The persimmon fruit (*Diospyros kaki*), 'Fuyu' was studied at two harvest indexes and two postharvest storage conditions. Periodical evaluations of some physical and chemical parameters were conducted during the postharvest period.

The harvest indexes considered were: Index 1, where the fruits were harvested 15 to 20 days before the commercial index, and Index 2 known as the commercial index.

The fruits were stored in commercial carton boxes, and kept under ambient laboratory conditions (22 ± 3 °C e 71 ± 6 % UR) and under refrigeration (0 ± 1 °C e 65 ± 1 % relative humidity).

The physical parameters evaluated were: weight loss during the storage period and mechanical compression resistance expressed through Young's modulus.

The chemical parameters evaluated were: reducing sugars and non reducing sugars, total sugars, titratable acidity to soluble solids ratio and pH.

The results demonstrated that the index 1 - persimmon fruit, showed an appropriate period for consumption on the 15th postharvest day. For the index 2 fruits, also without refrigeration, this period occurred on the 11th postharvest day. The refrigerated index 1 and the refrigerated index 2 - persimmon, showed appropriate period for consumption on the 27th and 19th postharvest days, respectively.

The persimmon fruit 'Fuyu' showed a respiratory pattern characteristic of climacteric fruits and exhibited a maximum ethylene evolution at the climacteric pick. A very strong correlation was found between weight loss and Young's modulus.

1. INTRODUÇÃO

O caqui (*Diospyros kaki*) é um fruto subtropical cuja cultura vem despertando grande interesse, tendo em vista os elevados rendimentos que tem proporcionado aos produtores. É importante fonte de vitamina C, açúcares e pectina.

O consumidor está, cada vez mais, procurando caquis não taninosos que, pôr isso, tem melhor cotação no mercado. O Estado de São Paulo, assim como outras regiões de clima ameno, apresenta atualmente condições excepcionais para a exploração econômica de fruteiras de clima temperado, entre elas o caquizeiro. Entre as variedades mais cultivadas de caqui no Estado está o Fuyu.

Os frutos são possíveis de ser colhidos com boa qualidade no ponto de colheita adequado, mas os produtos perecíveis, quando separados da planta, são inibidos das suas fontes de água e nutrientes. As perdas de água, firmeza, sabor, cor e energia na etapa pós-colheita são traduzidas como perdas de qualidade, sendo um processo irreversível. Assim o fruto após a colheita, só dispõe de material de reserva para suprir o processo metabólico como ser vivo.

O amadurecimento e senescência dos frutos, através do consumo das suas reservas, dependem do ponto de colheita, condições físicas e de conservação. O ponto de colheita indica o grau de desenvolvimento ou nível de maturidade alcançado antes da colheita. Os frutos climatéricos como o caqui, tem a capacidade de continuar com seus processos fisiológicos após a colheita. O ponto adequado para o consumo do fruto, representado como o estágio de maior ou menor conteúdo de componentes químicos, grau de firmeza e aparência física, é geralmente estabelecido entre o amadurecimento e a senescência. Este estágio pode ser tentativamente estabelecido, através do acompanhamento periódico após a colheita.

A maturidade dos produtos perecíveis colhidos têm relação importante com a forma como são manuseados, comercializados e conservados. A boa qualidade comercial se obtém quando a colheita é realizada no estágio de maturidade comercial apropriado.

O caqui é um fruto com alto conteúdo de água, por isso, suscetível à desidratação, danos mecânicos e ataque de microrganismos, acelerando a senescência.

Dentro dos parâmetros ambientais mais importantes que incidem no desenvolvimento do fruto estão a temperatura, umidade relativa e composição dos gases que rodeiam o fruto. O resfriamento e armazenamento a frio, continua sendo a técnica mais econômica e eficiente para a conservação prolongada de frutos e hortaliças frescas, sempre associada a uma boa qualidade do produto, às condições termodinâmicas apropriadas para a conservação, embalagem, transporte e mercado. Métodos como o controle e modificação de atmosfera, uso de ceras na superfície do fruto, entre outros, não produzem os melhores resultados, se não forem associados ao uso da refrigeração.

O caqui apresenta escassa revisão bibliográfica nos aspectos que serão abordados, o que reafirma a necessidade de pesquisa para este fruto.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento pós-colheita do caqui 'Fuyu', para dois pontos de colheita e mantido sob duas condições de conservação, para poder estimar o período ou faixa de aceitação para consumo humano, com base no acompanhamento periódico de alguns parâmetros físicos e químicos e verificar o tipo de correlação apropriada entre os parâmetros avaliados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais do fruto

Segundo PENTEADO (1986), o caqui pertence à família *Ebenacea*, que possui centenas de plantas de valor econômico e ornamental. Dentre elas, destaca-se o gênero *Diospyros*, originário da Ásia (China e Japão). As espécies mais conhecidas são *D. kaki*, *D. lotus*, *D. discolor* e *E. ebenum*. A espécie *D. kaki* compreende os cultivares comuns de caqui atualmente explorados.

As variedades e cultivares comerciais de *D. kaki* são enquadradas em três tipos: *Sibugaki*, sempre taninosos, com ou sem sementes, como são: Taubaté, Pomelo, Rubi, IAC 5, etc. Outro tipo é o *Amagaki*, sempre doces, não taninosos, com ou sem sementes, a saber: Fuyu, Fuyuhana, Jiró Fuyugaki, etc. Os de tipo *Variável*, possuem polpa amarelada e alguns exemplos são: Rama Forte, Giombo, Luiz-de-Queiroz, Kaoru, Karioka, chocolate, etc. (PENTEADO, 1986; MANUAL..., 1986; IAC, 1980).

O cultivar Fuyu é o caqui tipo Amagaki, que está dentro dos principais cultivares recomendados para o cultivo comercial em São Paulo em condições de clima subtropical-temperado. O fruto é de tamanho grande, formato arredondado e possuindo ou não sementes nunca é taninoso. De sabor muito doce e agradável, com polpa firme, coloração amarelo avermelhado, é consumido como a maçã. Além da crescente aceitação no mercado interno, o 'Fuyu' é o caqui de exportação, com maiores possibilidades de colocação no mercado externo. É um cultivar recomendado para regiões frias, a ser colhido nos meses de abril a maio. Os frutos de caqui com sementes têm a tendência de maturação mais precoce (PENTEADO, 1986).

No Estado de São Paulo a comercialização do caqui 'Fuyu' é feita em caixas de papelão de aproximadamente 4 kg de peso bruto com 9, 12 ou 15 frutos por embalagem, selecionados

por tamanho. A embalagem comercial possui as seguintes medidas internas: 39 cm de comprimento, 24,5 cm de largura e 8 cm de altura. A caixa e a tampa possuem 3 ou 4 orifícios nas laterais, que permitem a circulação de ar. Esses orifícios tem um diâmetro de 2 cm. De acordo com PENTEADO (1986), o período em que o caqui obtém melhores cotações no mercado é de fevereiro a maio. Segundo informações dos produtores um pomar com aproximadamente 600 pés e bem tratados (com fertilização por microaspersão e protegido com telas de plástico), produz 6 mil caixas por ano, que garantem segundo preços de 1996, receita bruta anual de R\$80 mil. Os frutos são embalados nas próprias fazendas e vendidos nas companhias de entrepostos CEAGESP/São Paulo e CEASA/Campinas.

2.2 Propriedades físicas

O tamanho e a forma são características inseparáveis. Os frutos e hortaliças, teoricamente, requerem um número infinito de medições, porém, do ponto de vista prático, algumas medidas mutuamente perpendiculares são suficientes para definir estas propriedades. O número de medidas incrementa-se com a irregularidade na forma do produto (MOHSENIN, 1986).

A forma do produto pode ser definida pelo número da carta padrão ou pelos termos descritivos para frutos e hortaliças. Dentro dos critérios definidos para descrever a forma e tamanho dos produtos, tem-se as cartas padrões e os baseados nas medidas longitudinal e lateral. MOHSENIN (1986), apresenta a carta padrão para maçã, pêssego e batata. Além disso, mostra treze termos que descrevem a forma dos frutos e hortaliças. O autor afirma que a comparação visual pela carta é um método simples, mas subjetivamente psicológico, podendo ter diferentes resultados do mesmo produto.

Tomado pelos três diâmetros médios que geram um corpo em terceira dimensão, o caqui é um fruto de formato achatado, com seu eixo transversal maior que o longitudinal (SARRIA e HONÓRIO, 1997). MOHSENIN (1986), não ilustra a carta padrão de forma para o caqui, porém, com base nos termos descritivos que utiliza para frutos e hortaliças e no critério subjetivo, considera-se o caqui um fruto de forma *oblata* (achatado nos pólos).

A esfericidade indica a forma característica do sólido, relativo a uma esfera de mesmo volume, expressa em percentagem. Segundo SARRIA e HONÓRIO (1997), considerando frutos de caqui 'Fuyu' com diferentes pontos de colheita, a sua esfericidade está em torno de 88 %. A literatura não publica intervalos definidos que permitam classificar o comportamento esférico de um produto, baseado nos valores da esfericidade encontrados. Porém, com base na subjetividade física e nos resultados obtidos, considera-se que o caqui é um fruto relativamente esférico, e nos cálculos onde não sejam necessários valores precisos, pode-se assumi-lo como uma esfera. Comparado com valores publicados por MOHSEIN (1986), o caqui possui uma esfericidade próxima à esfericidade da pêra, cujo valor é de 89 %.

ITO citado por HULME (1971), apresenta alguns valores dos parâmetros físicos do caqui 'Fuyu' com base no peso fresco:

Peso médio = 249 g.

Água^a = 82,40 %

Peso Específico = 1066 kg/m³

^a Água: Pelo método de destilação de tolueno.

De acordo com SARRIA e HONÓRIO (1997), o caqui 'Fuyu' no ponto de colheita comercial pesa 276g, e com ponto de colheita 15 a 20 dias anterior ao ponto comercial pesa 243g. No ponto de colheita comercial possui uma densidade aparente de 539 kg/m³ e uma densidade real de 989 kg/m³. O fruto com ponto de colheita 15 a 20 dias anterior ao ponto comercial possui uma densidade aparente de 526 kg/m³ e densidade real de 955 kg/m³. O caqui 'Fuyu' possui um conteúdo médio de água de 80%.

2.3 Fatores pós-colheita que causam perecibilidade

As perdas em quantidade e qualidade afetam os produtos agrícolas entre a colheita e o consumo. A magnitude das perdas pós-colheita dos frutos "in natura" é estimada de 5 a 25% nos países desenvolvidos e de 20 a 50% nos países em desenvolvimento, dependendo do produto. Para reduzir essas perdas, os produtores e comercializadores deveriam ter ciência dos fatores biológicos e do meio ambiente envolvidos na deterioração e também usar técnicas pós-colheita que retardem a senescência e mantenham a qualidade.

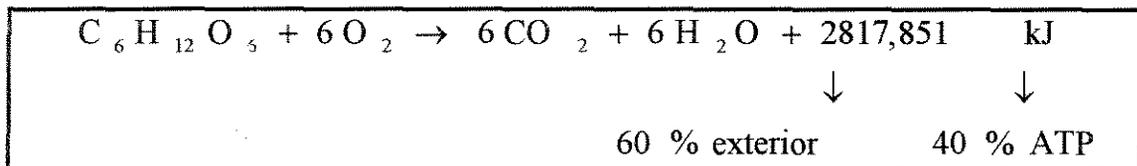
Os frutos "in natura" estão sujeitos a contínuas mudanças, que não podem ser detidas, mas podem ser controladas dentro de certos limites através de técnicas adequadas. As recomendações para a vida pós-colheita máxima variam muito com a espécie e cultivar (KADER, 1992).

2.3.1 Fatores biológicos

2.3.1.1 Respiração

A respiração é a decomposição oxidativa de substâncias mais complexas presentes nas células (amido, açúcares, ácidos orgânicos), em moléculas mais simples (CO_2 e H_2O), com a concomitante produção de energia e outras moléculas, as quais podem ser utilizadas pela célula para reações de síntese (KADER, 1992).

Como exemplo do processo respiratório tem-se a oxidação de uma molécula de glicose,



As perdas do material de reserva do produto estocado significam: apressar a senescência, reduzir o valor do alimento (valor energético) para consumo, perda de sabor e aroma e perda de peso (especialmente se é destinado para secagem). A energia dissipada em forma de calor se conhece como calor vital, o qual é usado no cálculo da carga térmica na refrigeração.

A taxa de perecibilidade dos frutos é geralmente proporcional à taxa respiratória. O caqui é classificado com taxa baixa a uma temperatura 5°C e corresponde a uma faixa de 5 a 10 $\text{mgCO}_2/\text{kg.h}$ ou 48,4 a 96,7 kJ/ton.h . Encontrou-se para caqui 'Fuyu', taxas de respiração de 39 a 77 kJ/ton.h a uma temperatura de 0°C e de 193 a 232 kJ/ton.h a 20°C . As taxas de produção de etileno maiores de 0,1 $\mu\text{l/kg.h}$ a 0°C e de 0,1 a 0,5 $\mu\text{l/kg.h}$ a 20°C (KADER, 1992).

Segundo FRASER (1991), os níveis de respiração variam com o tipo de produto, cultivar, grau de maturidade e danos mecânicos, sendo a temperatura o mais importante parâmetro de conservação.

O caqui é classificado como fruto climatérico, exibindo um aumento considerável na taxa de CO_2 e etileno (C_2H_4) durante o amadurecimento. O ponto máximo de liberação de CO_2 é conhecido como "pico-climatérico" quando as mudanças mais importantes do amadurecimento se manifestam e a grande maioria dos frutos alcança a maturidade comercial (KADER, 1992).

Nos frutos climatéricos, as mudanças ocorrem rapidamente e com grande demanda de energia, responsável pela súbita ascensão na taxa respiratória. Segundo CHITARRA e CHITARRA (1990), relacionando o amadurecimento e a flutuação na produção de CO_2 pelos frutos e hortaliças, o caqui japonês é classificado como tipo pico tardio, onde, a taxa máxima de respiração é apresentada desde o estágio completamente maduro até o super-maduro, como o morango e o pêssego.

AWAD (1993), com base na taxa de respiração, afirma que a melhor qualidade do fruto é atingida na proximidade do pico climatérico.

Segundo KAYS (1991), células novas em crescimento tendem a ter maior taxa de respiração que células de maior maturidade. Este efeito é mais visível em frutos climatéricos onde tem-se estádios pré-climatérico, climatérico e pós-climatérico.

SARANTOPOULOS e SOLER (1988), afirmam que o uso de filmes plásticos permite a modificação da atmosfera no interior da embalagem, através da redução na concentração de O_2 do ar e aumento do CO_2 . Essa atmosfera modificada inibe o efeito estimulante do etileno, reduz a taxa respiratória, retardando o processo de amadurecimento.

2.3.1.2 Produção de etileno

De acordo com KADER (1992), o etileno é um componente orgânico dos mais simples e afeta os processos fisiológicos das plantas. É um produto natural do metabolismo e é

produzido por todos os tecidos vegetais e por muitos microrganismos. O etileno é um hormônio que regula o crescimento, o desenvolvimento e senescência. Geralmente a produção de etileno incrementa-se com a maturidade na colheita, danos físicos, doenças, com o aumento da temperatura e com o estresse de água. Ou seja, a taxa de produção de etileno em frutos "in natura" é reduzida com o armazenamento a baixa temperatura, reduzindo a concentração de O₂ (menor que 8%) e elevando os níveis de CO₂ (maior que 2%). O caqui é classificado como um fruto de baixa taxa de produção de etileno.

O etileno é o único hormônio gasoso regulador do crescimento; é a molécula orgânica mais simples que apresenta atividade biológica importante em concentrações muito reduzidas. Esse "hormônio" inicia a maturação dos frutos climatéricos. Nestes, na fase pré-climatérica a produção de etileno é reduzida ou inexistente. Na proximidade do início do aumento climatérico, ocorre naturalmente o início da produção de etileno, seguida de um surto violento e dramático que termina em um pico. Logo depois se observa um rápido declínio na evolução do gás. Em frutos como a banana e o caqui, o início da produção de etileno ocorre antes do aumento climatérico da respiração (AWAD, 1993).

Segundo KAYS (1991), durante a fase de amadurecimento de frutos climatéricos, o etileno assume um grande papel como hormônio regulador. Os frutos climatéricos sofrem produção autocatalítica de etileno (etileno induzindo a síntese de etileno). A concentração interna de etileno é muito variável, iniciando com uma baixa produção antes do início do amadurecimento, chegando a elevadas taxas no final do amadurecimento e entrada na senescência.

2.3.1.3 Mudanças na composição do fruto

Durante o amadurecimento dos frutos, importantes mudanças acontecem nas suas características químicas e físicas. A perda da clorofila é considerada um evento precíval, o desenvolvimento de carotenóides (amarelo, laranja e vermelho) no caqui 'Fuyu' é um processo que acompanha a precívalidade do fruto. O desenvolvimento da cor vermelha no caqui é devido ao carotenóide licopeno. Mudanças nas antocianinas e outros compostos fenólicos podem resultar em tecidos de cor marrom, o qual é indesejável para a aparência e qualidade do fruto (KAYS, 1991 e KADER, 1992).

Durante a pré-colheita e pós-colheita, muitos produtos experimentam mudanças na pigmentação (KAYS, 1991). Essas mudanças incluem degradação de pigmentos existentes e síntese de novos pigmentos, em muitos casos ambos processos acontecem concomitantemente. Mudanças na pigmentação são usadas como um critério da qualidade do produto e quando os frutos são consumidos por humanos, as mudanças nas cores são utilizadas como um índice para definir o grau de maturidade. Alguns frutos climatéricos tem a capacidade de desenvolver as cores naturais após serem removidos da planta, porém, outros só desenvolvem sua cor natural quando unidos à planta.

As mudanças nos carboidratos como a conversão de amido a açúcares e a conversão de amido e açúcares em CO_2 e água, através da respiração, acontece na maioria dos frutos. A quebra de pectinas e outros polisacarídeos resulta no amolecimento dos frutos e na susceptibilidade aos danos mecânicos. Segundo KAYS (1991), a conversão de amido em açúcares nos frutos é uma característica do sabor doce como também o precursor de muitos dos componentes aromáticos. Na banana, durante o amadurecimento, o conteúdo de amido decresce de 1 a 2%, no entanto o conteúdo de açúcar aumenta de 1% para 14 a 15%. Esta conversão acontece em um período curto (8 a 10 dias).

Em geral, após a colheita do fruto e durante a armazenagem, a concentração dos ácidos orgânicos totais tende a diminuir (KAYS, 1991). Essas mudanças dependem do ácido em questão, manuseio e condições de armazenagem, cultivar, idade e outros parâmetros. As mudanças dos ácidos orgânicos, proteínas, aminoácidos e lipídeos podem influenciar no sabor e aroma do produto. As perdas no conteúdo de vitaminas, especialmente do ácido ascórbico (vitamina C), decrescem a qualidade nutricional. A produção de aromas associada com o amadurecimento dos frutos é muito importante para a sua qualidade nutricional (KADER, 1992).

KAYS (1991), afirma que a atividade das enzimas pécticas tem mostrado correlação com o amolecimento no amadurecimento de muitos frutos e com o conseqüente incremento de pectinas solúveis. O conteúdo de pectinas solúveis em maçã aumenta três vezes ou mais para cada 1,4 kg de perda na firmeza. Este incremento é devido à divisão hidrolítica das longas cadeias pécticas, o que aumenta sua solubilidade. Porém, em alguns casos, o amolecimento não está associado à solubilização e mudanças texturais, e sim pela divisão

de enzimas pécticas do acoplamento entre a molécula de pectina e outros componentes da parede celular. Em pêssegos verdes, aproximadamente 25% da pectina é solúvel em água, e quando estão maduros, o conteúdo aumenta até aproximadamente 70% do total.

2.3.1.4 Transpiração

A perda de água dos frutos causa perecibilidade, não só diretamente, devido à perda de peso comercial, mas também pela perda de aparência, qualidade textural (amolecimento e flacidez) e a perda da qualidade nutritiva.

O sistema dérmico que protege o fruto regula a perda de água. A cutícula que recobre a superfície é composta por graxas, cutina e polímeros. A espessura, estrutura e composição química da cutícula variam dependendo do tipo de fruto, cultivar e estágio de desenvolvimento.

A taxa de transpiração é influenciada pelas características morfológicas e anatômicas do fruto, relação superfície-volume, danos na pele e estágio de maturidade. Os fatores ambientais como a temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e pressão atmosférica influenciam na taxa de transpiração. A transpiração ou evaporação da água dos tecidos é um processo físico e pode ser controlada pela aplicação de tratamentos ao produto como óleos sintéticos ou comestíveis e filmes plásticos, ou também mantendo umidade relativa elevada e controlando a circulação do ar (KADER, 1992). A perda de água pode ser minimizada através da redução da diferença de pressão de vapor de água entre o fruto e o ar e da redução da temperatura (CHACE e PANTÁSTICO, 1975).

XUE et al. (1996), concluem que a perda de peso em uma câmara com baixa umidade relativa (65%) e uma temperatura de 20°C, influencia nas características de amadurecimento da banana verde.

2.3.2 Fatores ambientais

2.3.2.1 Temperatura

A temperatura é o fator ambiental que mais influencia na perecibilidade dos frutos colhidos. De forma geral, a cada 10°C de redução na temperatura dentro da faixa de atividade fisiológica, a atividade respiratória apresenta-se duas a quatro vezes menor. A manutenção da temperatura inadequada resulta em muitas desordens fisiológicas. A temperatura também afeta a produção de etileno, a concentração de O₂ e a produção de CO₂. O crescimento de patógenos é grandemente influenciado pela temperatura, uma vez que o resfriamento rápido a 5 °C negativos, reduz-se a incidência de microorganismos. Os efeitos da temperatura na etapa pós-colheita observam-se na sensibilidade ao frio ("chilling" ou "freezing") (KADER, 1992).

2.3.2.2 Umidade relativa

KADER (1992), cita que a taxa de perda de água dos frutos depende da diferença de pressão de vapor entre o produto e o meio ambiente, e é influenciada pela temperatura e umidade relativa (UR). A perda de água ocorre quando existe uma diferença de pressão de vapor de água entre o tecido do fruto e o ar ambiente. Esta diferença quase sempre existe, conseqüentemente sempre ocorre a perda de água. Quanto maior for essa diferença, maior será a perda de água. A diferença de pressão de vapor cresce à medida que a diferença de temperatura entre o produto e o ar ambiente aumenta, ou na medida em que a UR do ar ambiente decresce. No armazenamento refrigerado, a circulação de ar também afeta a perda de água do fruto.

2.3.2.3 Composição atmosférica

A redução do O₂ e o aumento do CO₂ (atmosfera modificada e controlada) tende a aumentar a vida prateleira dos frutos "in natura". A magnitude destes efeitos depende do tipo de produto, cultivar, idade fisiológica, níveis de CO₂ e O₂, temperatura e tempo de armazenamento (KADER, 1992).

2.4 Fatores que influenciam na qualidade

De acordo com KADER (1992), muitos fatores pré e pós-colheita influenciam os componentes da qualidade dos frutos, a saber: fatores genéticos, fatores climáticos pré-colheita, maturidade na colheita ou ponto de colheita, método de colheita e processo de manuseio pós-colheita.

2.4.1 Condições climáticas

Na pré-colheita, a temperatura e intensidade luminosa tem um grande efeito na qualidade nutritiva dos frutos, assim a localização e período climático podem determinar o ácido ascórbico, carotenos, riboflavina e conteúdo de tiamina. O uso de telas plásticas sobre o pomar permite atrasar a safra devido à redução da incidência solar durante o dia.

2.4.2 Práticas culturais

O tipo de solo, a origem da muda, irrigação e fertilização influem no suprimento de água e nutrientes para a planta. Práticas culturais como a poda, determinam o tamanho do fruto e podem influenciar na composição nutritiva. O uso de produtos químicos como inseticidas e reguladores de crescimento, influem na composição do fruto e podem acelerar o amadurecimento.

2.4.3 Ponto de colheita

Este é um dos fatores importantes que determinam a qualidade e a vida de armazenagem dos frutos. A maioria dos frutos alcançam a melhor qualidade comestível quando amadurecem na planta (KADER, 1992).

Segundo PENTEADO (1986), de modo geral, o agricultor que leva muitos anos explorando um pomar com uma ou várias espécies de frutos pode afirmar, na prática, qual a época exata de colheita. Os seus princípios baseiam-se, em geral, no número de dias decorridos desde a florada até o tamanho normal do fruto, na coloração deste e na resistência do pedúnculo. Para a maioria dos produtores, a maturação dos frutos baseia-se na coloração

da casca, embora muitas vezes, a coloração não seja indicativa da constituição química da polpa quando se pretende saber, por exemplo, qual é o teor de açúcar ou de acidez que um determinado fruto pode conter. A coloração do fruto pode dar uma falsa indicação do seu estado de maturação, principalmente quando se encontra em posição privilegiada na copa, recebendo os raios solares durante boa parte do dia e adquirindo coloração muito intensa.

A maturidade do fruto para a colheita não implica que possua um ponto para consumo imediato. Por exemplo, maçãs e bananas são colhidas antes e armazenadas por um tempo considerável alcançando maturidade de consumo (amadurecimento) sem problemas. O momento e duração do período de colheita do fruto até o amadurecimento, pode ser regido por vários fatores como o cultivar, condições ambientais ou agronômicas. O ponto de colheita adequado é essencial para a manutenção da qualidade pós-colheita. A maturidade comercial do fruto é uma determinação altamente subjetiva e está em função da produção, método de colheita, armazenamento, mercado e uso final (KAYS, 1991).

De acordo com KAYS (1991), para muitos produtos hortícolas, o ponto de colheita adequado é determinado implicitamente pela utilização de um ou vários parâmetros físicos ou químicos. Os parâmetros físicos podem ser tamanho, cor, ou textura. Os critérios de avaliação destes parâmetros físicos podem ser objetivos ou subjetivos. Como método objetivo pode-se exemplificar a determinação analítica utilizando instrumentos que medem textura. Em alguns cultivares de tomate, é usado um método destrutivo mecânico para determinar o ponto de colheita. Os parâmetros químicos mais comumente utilizados são a determinação do conteúdo de água, sólidos solúveis, açúcares, amido e acidez.

Segundo AWAD (1993), a maturidade dos produtos hortícolas é considerada sob dois aspectos: a maturidade fisiológica e a comercial.

A maturidade fisiológica ocorre quando o fruto já alcançou seu desenvolvimento máximo e tem a capacidade de atingir a maturação na planta ou fora dela. Pode-se determinar pela cor da casca, consistência da polpa, tamanho e forma do fruto, composição química, comportamento respiratório e tempo após a antese. A determinação se baseia, na maioria dos casos, na experiência do fruticultor.

A maturidade comercial é o estágio do órgão ou da planta requerido para a comercialização.

Não se relaciona com a maturidade fisiológica, porque pode ser em qualquer etapa da vida do produto, desde o início do desenvolvimento até a senescência.

Para REID (1992) o índice de maturidade para o caqui é estabelecido por taninos (adstringência) como fator de composição. AWAD (1993), afirma que o cultivar 'Fuyu' que pertence aos cultivares do tipo PCNA (Polinização Constante e Não-Adstringente), a perda natural da adstringência deve-se à diluição dos taninos durante o aumento do volume celular no amadurecimento.

A época de colheita, baseada nos índices de maturidade, pode ser afetada pelas diferenças existentes na taxa de desenvolvimento e maturação de plantas individuais ou de órgãos numa mesma planta. A maioria dos frutos atinge qualidade comestível máxima, quando amadurece completamente na planta; entretanto, não podem ser colhidos nesse estágio, devido aos inconvenientes que apresentam quanto ao seu maior grau de perecimento e sensibilidade ao manuseio (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Considera-se importante a avaliação de pontos de colheita anteriores ao ponto de colheita comercial utilizado no Estado de São Paulo para o mercado local, visando ampliar a fronteira do mercado e prolongar a vida prateleira do fruto.

2.4.4 Manuseio pós-colheita

Geralmente o sistema pós-colheita encerra uma série de passos: colheita, seleção, resfriamento, embalagem, armazenamento, transporte e comercialização. Obviamente, não necessariamente nesta ordem. Para maximizar a vida pós-colheita, geralmente requer-se um rápido resfriamento do fruto a uma temperatura apropriada. O manuseio adequado do fruto em cada uma das etapas, preserva a sua qualidade durante a refrigeração. A demora entre a colheita e resfriamento ou processamento pode resultar na perda de peso, sabor e aroma e qualidade nutritiva.

Os métodos de avaliação da qualidade podem ser destrutivos ou não destrutivos. Eles incluem escalas, cartas padrões, instrumentos e apreciações subjetivas baseadas no julgamento humano.

2.5 Maturação, amadurecimento e senescência

Segundo CHITARRA e CHITARRA (1990), é fundamental o conhecimento dos seguintes termos, que regem o comportamento dos frutos:

-Pré-maturação: Corresponde ao estágio de desenvolvimento que antecede a maturação. Geralmente inclui a metade do período entre floração e colheita. É caracterizado pelo extensivo aumento do volume. O fruto ainda não se encontra plenamente apto para o consumo.

-Maturação: O fruto atinge o crescimento pleno e máxima qualidade comestível ou seja a maturidade fisiológica. Esta fase cessa quando se inicia a senescência do fruto.

-Amadurecimento: Corresponde ao período final da maturação (excluído desenvolvimento). As principais mudanças que ocorrem são químicas. Em alguns frutos, o amadurecimento pode ocorrer tanto antes como após a colheita.

-Senescência: Pode ocorrer antes ou após a colheita dos frutos. A senescência ocorre porque na fase final a capacidade de síntese do vegetal é muito limitada e dentro de um curto espaço de tempo as transformações tendem para o lado das degradações, o que determina a perecibilidade do fruto.

CHITARRA e CHITARRA (1990), afirmam que maturação é um evento interessante no ciclo vital dos frutos, por transformá-los em produtos atrativos e aptos para o consumo humano. É uma etapa intermediária entre o final do desenvolvimento e o início da senescência, sendo um processo normal e irreversível; porém, pode ser retardado com o uso de meios adequados. A maturação dos frutos pode ser definida como a sequência de mudanças na cor, sabor, aroma e textura, conduzindo a um estado que os torna comestíveis, e, com isto, apropriados para o consumo "in natura" ou industrialização.

A etapa correspondente ao amadurecimento, é aquela na qual o fruto completamente maduro torna-se mais palatável, pois, sabores e odores específicos se desenvolvem em conjunto com o aumento da doçura e da acidez (KAYS, 1991 e KADER, 1992). Portanto, o

amadurecimento corresponde basicamente às mudanças nos fatores sensoriais do sabor, odor, cor e textura que tornam o fruto aceitável para o consumo. Algumas dessas mudanças podem ser detectadas por análise ou observação das transformações físicas visíveis, ou pelas endógenas, como mudanças nos pigmentos, ácidos, taninos, carboidratos, pectinas, etc.

Não há, entretanto, uma distinção bem delineada entre amadurecimento e senescência, embora cada um dos processos que contribui para a síndrome da senescência, conduza diretamente à morte dos tecidos. O processo da senescência aumenta a probabilidade de morte, como, por exemplo, por desidratação ou invasão de microrganismos; porém, não há evidências de que ela inclua a morte programada do tecido.

Após a colheita, os frutos têm vida independente e utilizam para tal, suas próprias reservas de substratos, acumulados durante o seu crescimento e maturação, com conseqüente depressão progressiva nas reservas de matéria seca acumulada. Em condições não controladas, as mudanças podem levar rapidamente à senescência, e os tecidos tornam-se muito susceptíveis ao ataque de microrganismos e à perda de umidade. Assim, o controle da respiração passa a ser condição essencial para obtenção de condições adequadas de armazenamento dos produtos perecíveis (CHITARRA e CHITARRA, 1990). Frutos climatéricos removidos da planta, geralmente amadurecem mais rápido que se fossem mantidos unidos a ela. Muitos fatores (possíveis hormônios) diferentes do etileno, operam no amadurecimento dos frutos (KAYS, 1991).

2.6 Refrigeração

KADER (1992), afirma que o controle da temperatura é o mais efetivo método para prolongar a vida pós-colheita dos frutos. Se inicia com a rápida remoção do calor do campo através do resfriamento com água, com gelo, em câmaras frias, ar forçado frio, vácuo ou hidro-vácuo.

Um dos fatores mais importante para a manutenção da qualidade dos frutos após a colheita é o resfriamento ou pré-resfriamento logo após a colheita e a manutenção das temperaturas apropriadas na comercialização ou refrigeração. Quanto mais rápido, tanto menor é a perda de água, e também se tornam menos sensíveis ao etileno, ou toleram concentrações mais

elevadas (ASHRAE, 1986).

FRASER (1991), relata que muitas vezes, as maiores perdas são resultantes da demora na remoção do "calor de campo", imediatamente depois que os frutos são colhidos. O processo de resfriamento deve começar imediatamente, e as temperaturas baixas devem ser mantidas durante a armazenagem, o transporte, e a exposição do produto, para que seja alcançada a longevidade máxima.

A temperatura elevada representa seguramente o fator individual mais crítico na manutenção da qualidade dos frutos colhidos. Por natureza a planta mantém a sua temperatura em uma faixa de segurança biológica através da mudança da água do estado líquido para o gás necessitando da reposição contínua de água perdida. Como consequência da temperatura atmosférica, energia solar e a produção de calor pela respiração do fruto, resulta em um progressivo incremento da temperatura do produto. Se a temperatura não é reduzida, a qualidade do produto será comprometida (KAYS, 1991).

As baixas temperaturas também podem causar danos por frio ou "chilling". A sensibilidade ao frio depende de diferentes fatores como espécie, cultivar, morfologia, condição fisiológica e tempo de exposição. A maior sensibilidade coincide com o pico climatérico e diminui com o amadurecimento. KADER (1992), classifica o caqui como um fruto não sensível ao "chilling".

A conservação do fruto do caqui depende do grau de maturação, das condições climáticas e do cultivar. Pesquisas preliminares vem demonstrando a possibilidade de ser armazenado em câmaras frigoríficas, com bons resultados (PENTEADO, 1986).

A refrigeração continua sendo o método mais econômico e eficiente de conservar os produtos perecíveis por vários dias. Com a refrigeração retira-se o calor do campo e/ou calor vital durante o armazenamento. O sistema refrigerado pode utilizar as seguintes técnicas: compressão de vapor, absorção de vapor, circulação de ar e resfriamento termoelétrico. O sistema por compressão é o mais comumente utilizado na conservação de produtos perecíveis. Consiste na retirada do calor da câmara fria através da evaporação de um refrigerante líquido, após a mudança de fase, o refrigerante gasoso é comprimido para continuar assim com um novo ciclo (KAYS, 1991). A refrigeração é o processo de remover

calor do produto; o calor é reduzido e mantido a um nível desejado. O calor flui naturalmente do corpo quente para o frio (REID, 1992).

CHITARRA e CHITARRA (1990), citam os principais objetivos do armazenamento refrigerado:

- Redução da atividade biológica do produto.
- Redução do crescimento de microrganismos.
- Redução da perda de água, pela diminuição da diferença entre a temperatura do ar e a do produto, avaliado pela elevação da UR no ambiente de armazenamento.

O produto a ser armazenado deve estar na melhor condição e qualidade possível, para que possa ter maior tempo de armazenamento.

Quando um produto é resfriado com ar, continuará perdendo água por evaporação, enquanto permanecer mais quente que o ar, ou seja, enquanto existir uma diferença de pressão de vapor (DPV). Portanto, é importante resfriar o produto, o mais rapidamente possível, para minimizar a DPV e sua conseqüente perda de água. Dessa forma, evita-se uma redução na comercialização não só em função da perda de peso do produto, como também da qualidade, como murchamento, enrugamento, perda de textura (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Quando a temperatura de conservação da câmara fria é de 0 °C e a umidade relativa de 90%, o caqui 'Rama-Forte' conserva-se por 30 dias, perdendo o tanino em 15 dias. O cultivar 'Taubaté' além de possuir também boa conservação e perder o tanino, melhora consideravelmente a sua coloração. O caqui 'Fuyu', que é um cultivar não adstringente, demonstra maior possibilidade de conservação, até 90 dias, adquirindo uma coloração mais intensa (PENTEADO, 1986).

Segundo KADER (1992), as recomendações para transporte e/ou armazenamento do caqui são: entre 0-5 °C de temperatura, de 3-5% a concentração de O₂ e de 5-8% de CO₂, com UR de 85-95%. Este fruto está classificado como de nível baixo de produção de C₂H₄ à

temperatura constante.

2.7 Relação acidez / sólidos solúveis

Designa-se pelo nome de acidez orgânica total, a soma de todos os ácidos orgânicos livres e os presentes sob a forma de sais. A acidez orgânica total tende a aumentar com o decorrer do crescimento do fruto, até o seu completo desenvolvimento fisiológico, quando então começa a decrescer à medida que este vai amadurecendo.

KAYS (1991), afirma que em geral após a colheita do fruto e durante a armazenagem, a concentração dos ácidos orgânicos totais tende a diminuir. Essas mudanças dependem do ácido em questão, manuseio e condições de armazenagem, cultivar, idade e outros parâmetros.

Os principais ácidos orgânicos encontrados nos frutos são: málico, cítrico, tartárico, oxálico e succínico. Em cada espécie de fruto há predominância de um desses ácidos. Segundo SALUNKE e DESAI (1984), o caqui é boa fonte de ácido ascórbico. O fruto imaturo de caqui contém, consideravelmente, mais ácido ascórbico (vitamina C - $C_6H_8O_6$) na casca que na polpa do fruto maduro. Existe alta concentração de ácido ascórbico na superfície externa da polpa comparada com o centro do fruto. O caqui 'Fuyu' tem em média 195 mg de ácido ascórbico na casca e 41 mg de ácido ascórbico na polpa.

SALUNKE e DESAI (1984), comentam que na medida que os frutos vão amadurecendo, o amido é hidrolisado e açúcares mais simples. Em consequência, com o amadurecimento do fruto, o seu teor de sólidos solúveis (SS) vai se elevando.

A relação Acidez/Sólidos Solúveis é a relação entre o ácido e o doce do fruto. É o balanço de sabor, relação utilizada em alguns países como fator de classificação dos frutos para exportação (PEARSON, 1986).

2.8 Açúcares

Os açúcares são biologicamente muito importantes e considerados dentre os compostos orgânicos os mais antigos conhecidos pelo homem.

Segundo CHITARRA e CHITARRA (1990), por monossacarídeos denominam-se os açúcares que não produzem outros mais simples por hidrólise. Quimicamente são aldeídos ou cetonas poli-hidroxilados com pelo menos três átomos de carbono em cadeia alifática. Os carboidratos que se hidrolisam em duas moléculas de monossacarídeo são chamados de dissacarídeos, dentre os quais o mais importante é a sacarose.

Os açúcares oxidáveis pelos reagentes de Tollens e de Fehling são denominados de "açúcares redutores". Todos os monossacarídeos são açúcares redutores, bem como a maioria dos dissacarídeos; a sacarose constitui uma exceção entre estes últimos.

Açúcares Redutores = Glicose + Frutose

Açúcares Totais = Açúcares Redutores + Sacarose

De acordo com KAKIUCHI e ITO citados por HULME (1971), a polpa madura de caqui tem frutose e glicose que perfazem 90% do total de açúcares. A sacarose está em pequena proporção. Nesta referência bibliográfica para o caqui 'Fuyu' apresenta-se o seguinte conteúdo de açúcar com base no peso fresco:

°Brix = 14,8

Sacarose (%) = 0,42

Frutose (%) = 7,03

Açúcares Totais (%) = 14,34

Glicose (%) = 6,87

Glicose : Frutose = 1 : 1,02

Açúcares Redutores (%) = 13,90

A determinação de açúcares redutores e açúcares totais é uma prática amplamente utilizada em laboratórios químicos que analisam produtos alimentícios. Esta determinação pode ser efetuada com o objetivo de caracterizar uma amostra, acompanhar uma reação química ou enzimática, ou ainda avaliar o estado de maturação de uma espécie. Qualquer que seja o objetivo, o ideal é efetuar a determinação de maneira rápida, eficiente e com baixo custo.

GONÇALVES (1988), cita que a técnica mais simples, empregada em laboratórios de análise de alimentos e controle de qualidade de produtos alimentícios, é o método volumétrico de LANE - EYNON. Apesar do método fornecer resultados razoáveis em condições bem padronizadas para determinação de açúcares redutores, apresenta desvantagens como a variação estequiométrica conforme o teor de açúcar e interferência de sacarose. Entretanto, tendo em vista no caqui 'Fuyu' o teor de sacarose é baixo, o que permite ter confiabilidade na aplicação do método volumétrico de LANE - EYNON.

2.9 pH

A escala do pH é um significado matemático de designar a medida ou concentração de H^+ . O intervalo do pH é de 1 a 14. Um valor abaixo de 7 representa uma solução ácida, 7 uma solução neutra e acima de 7 uma solução alcalina (ASSAF e ASSAF, 1974).

A escala do pH foi feita para facilitar os cálculos e para uma melhor ilustração. É importante ter presente a variação considerável na concentração de H^+ entre um valor e outro, por exemplo, entre pH 5,0 e pH 6,0, corresponde uma concentração de 10^{-5} a 10^{-6} respectivamente devido a que a escala de pH apresenta um comportamento logarítmico.

Segundo PEARSON (1986), o pH é o logaritmo comum do número de litros de solução que contém uma equivalente grama de ions de hidrogênio.

A maioria dos peagômetros medem a diferença de potencial entre o eletrodo padrão e um eletrodo de vidro, por balanço em um potenciômetro.

2.10 Resistência mecânica

A aparência física está relacionada com a textura, que a sua vez é condição de firmeza. De acordo com MOHSENIN (1986), apesar de sempre apresentar incremento nas aplicações de manejo e processos de produtos agrícolas, precisa-se conhecer mais ao respeito das características básicas e propriedades físicas de produtos hortícolas. O conhecimento dessas propriedades deveria ser constituinte importante e dado essencial na engenharia para o cálculo de aparelhos, estruturas e processos. Forma, tamanho, volume, área de

superfície, densidade, porosidade, cor e aparência são algumas das características físicas importantes associadas ao cálculo de uma máquina ou análise do comportamento no manuseio de um produto.

A resistência mecânica está relacionada com a textura. A textura, segundo CHITARRA e CHITARRA (1990), é definida como o conjunto de propriedades do alimento, compostas por características físicas perceptíveis pelo tato e que se relacionam com a deformação, desintegração e fluxo do alimento, sob aplicação de uma força. Essas características são avaliadas objetivamente por funções de força, tempo e deformação.

As sensações que caracterizam a textura de frutos e hortaliças são múltiplas, na sua maioria induzidas por características mecânicas, embora também possam ser induzidas por características geométricas ou químicas. As principais sensações são de dureza, maciez, fibrosidade, suculência, granulidade, resistência e elasticidade (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

A textura pode ser avaliada com aparelhos (penetrômetro, maturômetro ou texturômetro), os quais permitem obter dados sobre a resistência e consistência do tecido por meio da compressão do produto. A medida equivale a força necessária para vencer a resistência dos tecidos da polpa (CHITARRA e CHITARRA, 1990 e KAYS, 1991).

A pós-colheita mecânica de frutos e hortaliças, o manejo de seu volume e seu armazenamento indica a necessidade de se ter informação básica sobre as propriedades mecânicas. Os produtos agrícolas são considerados geralmente viscoelásticos, isso significa que as relações entre tensão/deformação são governadas pelo tempo (MOHSENIN, 1986).

Segundo GRIFFIN e KERTESZ citados por MOHSENIN (1986), as mudanças texturais na maçã são definidas em termos de química e mudanças estruturais nos tecidos. De acordo com MATZ (1962), os fatores que influenciam na textura dos frutos e hortaliças são a turgidez das células, tipo de tecido, aderência das células e síntese tal como conversão de amido a açúcar.

MOHSENIN (1986), afirma que o tipo de carga mais comum a que um fruto está sujeito é a

carga de contato, a qual pode produzir injúria. Forças de contato geralmente ocorrem durante a colheita, o manuseio e o armazenamento. Entre os vários testes mecânicos avaliados para biomateriais sólidos, o mais comum e simples é o teste de compressão. Sólidos com sua forma intacta são sujeitos aos testes de compressão simples axial, empregando o molde cilíndrico rígido, a bola de aço ou pratos rígidos planos. A Figura 1, mostra o caso particular de um corpo esférico quando submetido a uma carga F em contato axial com uma superfície plana.

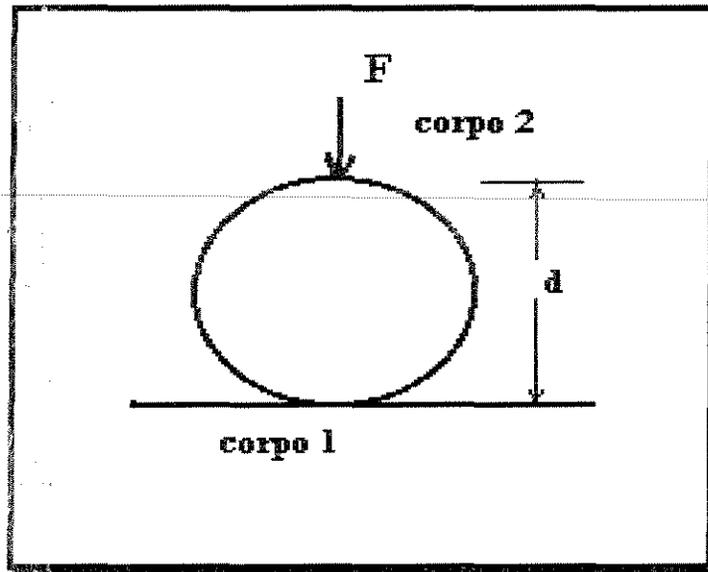


Figura 1: Uma esfera em contato com uma superfície plana.

2.10.1 Módulo de elasticidade

O cálculo do valor do módulo de elasticidade é baseado na teoria de contato de Hertz a qual tem sido utilizada por alguns autores para descrever a deformação de frutos (MOHSENIN, 1986). O módulo de elasticidade de um fruto é essencial para se calcular a carga máxima permissível quando se armazena a granel, impondo desta maneira cargas estáticas ou dinâmicas. A determinação da carga máxima permissível que um material pode resistir sem sofrer danos é um dos maiores objetivos do estudo das propriedades mecânicas.

As considerações assumidas por KOSMA e CUNNINGHAM citados por MOHSENIN (1986) para a solução do "stress" de contato entre corpos isotrópicos e elásticos na aplicação da teoria de contato de Hertz são:

- O material dos corpos em contato é homogêneo.
- As cargas aplicadas são estáticas.
- Segurança da Lei de Hooke para níveis baixos de carga.
- A pressão de contato desaparece na ponta oposta do corpo.
- Os raios de curvatura do sólido de contato são maiores quando comparado com os raios da superfície de contato.
- A superfície dos corpos de contato é suficientemente lisa e as forças tangenciais são eliminadas.

Em MOHSENIN (1986), para o caso em que um fruto esférico é comprimido axialmente apoiado sobre um prato de aço plano, como se observa na Figura 1, o módulo elástico aparente (E), é estimado com a seguinte equação:

$$E = \frac{0,338 * k^{3/2} * F (1 - \nu^2) \left(\frac{4}{d}\right)^{1/2}}{D^{3/2}} \dots \dots \dots (1)$$

Sendo o ângulo de contato entre o corpo esférico e o plano de 90° o valor de k será de 1,3514. Substituindo na equação (1):

$$E = \frac{0,531 * F (1 - \nu^2) \left(\frac{4}{d}\right)^{1/2}}{D^{3/2}} \dots \dots \dots (2)$$

Onde:

E = módulo de elasticidade aparente em kgf/m²;

F = força de compressão aplicada sob o corpo em Kgf;

D = deformação na força F em m;

ν = coeficiente de Poisson. Para materiais agrícolas, varia entre 0,3 e 0,5;

d = diâmetro equivalente do corpo em m, sendo $d = (d_1 * d_2 * d_3)^{1/3}$;

d_1 , d_2 , e d_3 são os três diâmetros mutuamente perpendiculares do fruto em m.

Se as curvas de força - deformação são usadas como bons definidores dos parâmetros texturais para frutos como as maçãs, então, são essenciais para estabelecer a correlação satisfatória entre certos parâmetros dessas curvas e muitas das propriedades químicas e físicas do fruto, as quais, tem demonstrado ser bons índices de maturidade e senescência. O período ótimo para a colheita mecânica, por exemplo, é o tempo no qual ambos a qualidade e a resistência ao prejuízo mecânico são elevadas (MOHSENIN, 1986).

MOHSENIN (1986), mostra a correlação do módulo de elasticidade (E) obtido das curvas força - deformação para seis cultivares de maçã no período entre a floração e a colheita, em comparação com algumas propriedades avaliadas. Por exemplo, a correlação entre o E e a cor do fruto é negativa, ou seja, é inversamente proporcional, a correlação com o conteúdo de açúcares também é negativa, e, correlacionando a firmeza e o peso específico observa-se uma tendência positiva. A correlação entre a cor do fruto e o conteúdo de açúcares é positiva, e entre os açúcares e a firmeza é negativa. Este autor definiu o conceito de material sólido alimentício como aquele com rigidez suficientemente alta sob condições normais de manuseio para suportar seu próprio peso sob forças gravitacionais, além disso, fez uma classificação arbitrária, tomando para sólidos moles um módulo de elasticidade menor que 10^7 N/m² ou 10.000 kPa.

VELEZ (1987) concluiu que o módulo de elasticidade aparente obtido a partir da curva força - deformação para laranja pera em estado de maturidade "comercial", varia entre 2.182 e 2.394 kPa. FINNEY (1973), confirma a utilização do módulo de elasticidade para avaliar a umidade e a firmeza em vegetais. O autor cita que para maçã e batata, o E varia de 6.000 a 14.000 kPa, para banana o módulo de elasticidade aparente varia de 800 a 3.000 e para pêssego de 2.000 a 20.000 kPa.

As lesões mecânicas, que causam danos físicos, representam uma das mais serias fontes de perda da qualidade durante o período pós-colheita. Os ferimentos incrementam a taxa respiratória e a produção de etileno, além de criar um lugar propício para o desenvolvimento de fungos e outros patógenos.

2.10.2 Módulo de Poisson

Segundo a teoria da elasticidade linear em 3D, explicada em TIMOSHENKO e GODDIER (1968), quando a amostra cilíndrica experimenta uma pressão ou "stress" em diferentes direções permitindo a deformação ou "strain" só na direção uniaxial, o ensaio é denominado "Rigid Die". Deste ensaio é obtida a pendente da curva ou constante de Massai (M). Relacionando "stress" e "strain" obtém-se a seguinte expressão:

$$\frac{M}{E} = \frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)} \dots\dots\dots (3)$$

Onde:

M = constante de Massai (N/m² ou kPa);

E = módulo de elasticidade (N/m² ou kPa);

ν = módulo de Poisson (adimensional).

O módulo de elasticidade (E), é obtido da curva resultante do ensaio uniaxial, no qual a amostra cilíndrica do fruto com comprimento inicial definido (L₀), é comprimida na direção uniaxial sem restrição lateral. Experimentalmente, os módulos E e M são obtidos através das seguintes expressões:

$$\sigma_{11} = E * \epsilon_{11} \dots\dots\dots (4)$$

Onde:

σ_{11} = pressão uniaxial,

ϵ_{11} = deformação unitária uniaxial.

O "stress" ou pressão pode ser calculada assim:

$$\sigma_{11} = \frac{\Delta F}{A} \dots\dots\dots (5)$$

sendo:

ΔF valor da força de compressão,

A área da base do cilindro.

A deformação unitária ou "strain" é adimensional e pode ser calculada assim:

$$\varepsilon_{11} = \frac{L_0 - L}{L_0} \dots\dots\dots (6)$$

Onde:

L_0 o comprimento inicial do cilindro antes da compressão,

L o comprimento final.

Como expressão geral substituindo nas equações (4), (5) e (6) para o cálculo de M tem-se:

$$M = \frac{4 * L_0 * F}{\pi * d^2 * D} \dots\dots\dots (7)$$

Onde:

d é o diâmetro da base do cilindro em m,

D a deformação do cilindro obtida experimentalmente em m,

L_0 expresso em m,

F expressa em kgf.

Neste caso M ficaria expresso em kg/m^2 . Para converter em N/m^2 , basta multiplicar por 9,8, e

para converter de N.m^2 a kPa, basta multiplicar por 0,001000002. Da mesma forma é feito para o cálculo do módulo E.

Uma vez obtida a constante que relaciona M/E, substituí-se na equação (3), resolve-se e fica uma equação de segunda ordem onde interessa o valor positivo de v .

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Produto

Foram utilizados frutos de caqui 'Fuyu', obtidos da região de Piedade (SP). Os frutos possuíam dois pontos de colheita, definidos com base na experiência do agricultor, baseando-se na aparência física (cor). Os pontos de colheita ou índices de colheita foram:

- Índice 1: frutos colhidos com 15 a 20 dias antes do ponto comercialmente utilizado;
- Índice 2: frutos colhidos com maturidade comercial.

O ponto de colheita comercial refere-se à maturidade utilizada para comercializar nas companhias de entrepostos CEAGESP e CEASA.

Foram utilizados cerca de 500 frutos durante todo o experimento, 125 frutos/tratamento.

3.2 Local

As avaliações foram feitas nos laboratórios do Departamento de Pré-Processamento de Produtos Agropecuários e no laboratório de Propriedades Mecânicas dos Materiais Biológicos da FEAGRI, e parte das avaliações mecânicas no Laboratório de Tecnologia Geral - Instrumentação da Faculdade de Engenharia de Alimentos, todos na UNICAMP.

3.3 Embalagem

Os frutos foram colhidos com ajuda de uma tesoura, trazidos ao laboratório em caixas plásticas, limpados suavemente com um pano, dando-lhes uma melhor aparência, e no mesmo dia foram embalados e armazenados.

Os frutos foram mantidos na embalagem comercial e devido a diferença de tamanho na amostra teve-se entre 12 e 15 frutos por embalagem. Os frutos embalados são observados na Figura 2



Figura 2. Embalagem comercial de caqui 'Fuyu'

3.4 Acompanhamento pós-colheita

O experimento constou de 4 tratamentos, resultantes de frutos com 2 pontos de colheita (Índice 1 e Índice 2) e duas condições de conservação. Utilizaram-se 125 frutos/tratamento, com 12 caixas/tratamento. As condições de conservação foram:

- (CR): Frutos mantidos sob refrigeração, temperatura de $0 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $65 \pm 1\%$;
- (SR): Frutos mantidos a condições ambientais do laboratório, temperatura de $22 \pm 3^\circ\text{C}$ e UR de $71 \pm 6\%$.

As determinações físicas e químicas foram iniciadas no dia seguinte após a colheita, e os frutos não considerados aptos foram sendo eliminados ao longo do tempo. Os frutos não considerados aptos foram aqueles que subjetivamente através da sua aparência física não apresentavam condições para consumo.

Foram utilizados termohigrógrafos e termômetros para registrar a temperatura e umidade relativa durante o armazenamento tanto nas condições de laboratório quanto dentro da câmara de conservação.

Na refrigeração foi utilizada a câmara de conservação adaptada com controlador de temperatura e ventilador para a circulação do ar. Para a manutenção da umidade relativa foram colocadas bandejas com água na parte inferior e superior, dentro da câmara.

A câmara de conservação utilizada foi a modelo 347 CD fabricada pela FANEM, SP., com termômetro digital com precisão de 0,1°C, temperatura mínima de -10°C e máxima de 50°C. A câmara onde os frutos foram armazenados observa-se na Figura 3.



Figura 3. Câmara de conservação modelo 347 CD

Foram monitorados os seguintes parâmetros: perda de peso, relação acidez titulável/sólidos solúveis, pH, açúcares redutores, açúcares totais, açúcares não redutores e resistência mecânica do fruto à compressão, taxa respiratória (CO_2) e taxa de produção de etileno (C_2H_4).

As determinações da perda de peso e dos parâmetros químicos foram feitas a cada dois

acompanhamento foi realizado no prazo máximo de 35 dias. As taxas de produção de CO₂ e C₂H₄ foram monitoradas diariamente, para os frutos mantidos em ambiente de laboratório (23±1 °C e 66±3% de UR).

3.5 Perda de peso

Para o acompanhamento deste parâmetro foram acondicionados nove (9) frutos por embalagem/tratamento, e determinada percentagem de perda de peso parcial acumulada a partir do peso total dos frutos de cada embalagem ou tratamento. O peso do fruto retirado da amostra por não apresentar condições para o consumo, não era considerado para o cálculo no período seguinte. Com base nisto, considerou-se somente a perda de água devida à evapotranspiração e respiração. O cálculo foi feito através da equação (8):

$$\%Pp = \frac{(P_i - P_n) \times 100}{P_i} \quad (8)$$

Onde:

%Pp é percentagem de perda de peso parcial acumulada,

P_i peso total da amostra em um período determinado, em g,

P_n peso total da amostra no período seguinte a P_i, em g.

Foi utilizada a balança eletrônica semi-análítica METTLER, modelo PC 4400, de sensibilidade 0,01g. A pesagem dos frutos mantidos sob refrigeração foi feita imediatamente após a retirada das embalagens da geladeira para evitar a condensação.

3.6 Relação acidez titulável / sólidos solúveis

Na determinação deste e demais parâmetros químicos foram selecionados dois frutos/tratamento ao acaso e liquidificados inteiros com casca e sem sementes.

A acidez titulável foi determinada segundo método oficial da AOAC - 37.1.37 (1995), metodologia também descrita por BLEINROTH (1988). Para seu cálculo foi utilizada a

equação (9).

$$\text{Acidez titulavel}^* = \frac{\text{ml. NaOH} \times N \times \text{equivalente grama do acido ascórbico} \times 100}{\text{peso da amostra}} \quad (9)$$

*mg / 100g de peso fresco.

A normalidade (N) do NaOH foi de 0,1 N e o equivalente grama do ácido ascórbico de 88g.

A razão pela qual foi determinada a acidez titulável do fruto inteiro liquidificado, é que o caqui 'Fuyu' tem em média 195 mg de ácido ascórbico na casca e 41 mg de ácido ascórbico na polpa (SALUNKE e DESAI, 1984).

Os sólidos solúveis medidos como °Brix, foram determinados com o refratômetro ATAGO N1 (BRIX 0~32%), com precisão de 0,2%. Fez-se a correção dos °Brix pela temperatura da amostra, segundo manual do refratômetro.

Conhecendo-se a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis, pode-se estabelecer para a amostra, a relação acidez titulável /sólidos solúveis.

Foram feitas duas repetições/tratamento tanto na determinação da acidez titulável como de sólidos solúveis.

3.7 pH

O potencial hidrogeniônico foi determinado com o peagâmetro digital, de marca ORION RESEARCH, com sensibilidade de 0,01. As medições foram feitas diretamente sobre a massa das amostras; após serem liquidificadas.

3.8 Açúcares redutores, totais e não redutores

Os açúcares redutores e totais foram determinados segundo o método de LANE - EYNON descrito no numeral 37.1.51 da AOAC (1995).

Foram feitas duas repetições na determinação dos açúcares redutores e açúcares totais por tratamento. O resultado foi expresso pela média e em percentagem. Na Figura 4 observa-se as amostras da polpa dos frutos e as soluções para sua determinação.

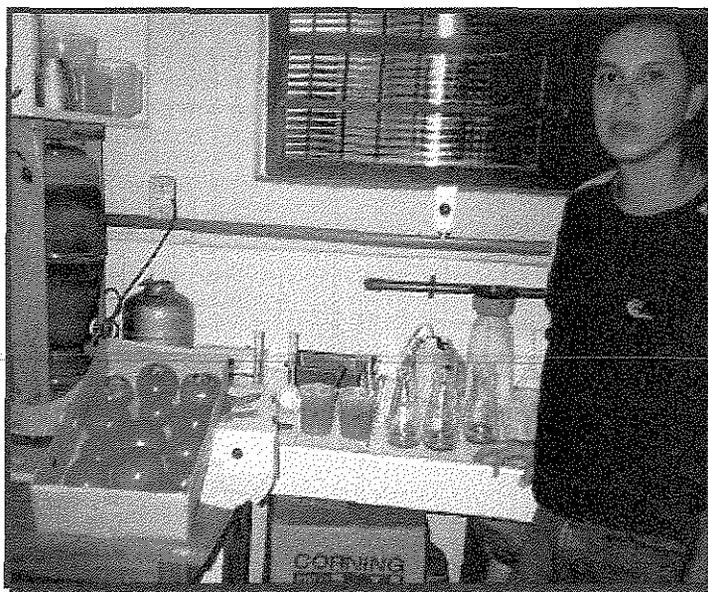


Figura 4. Determinação dos açúcares.

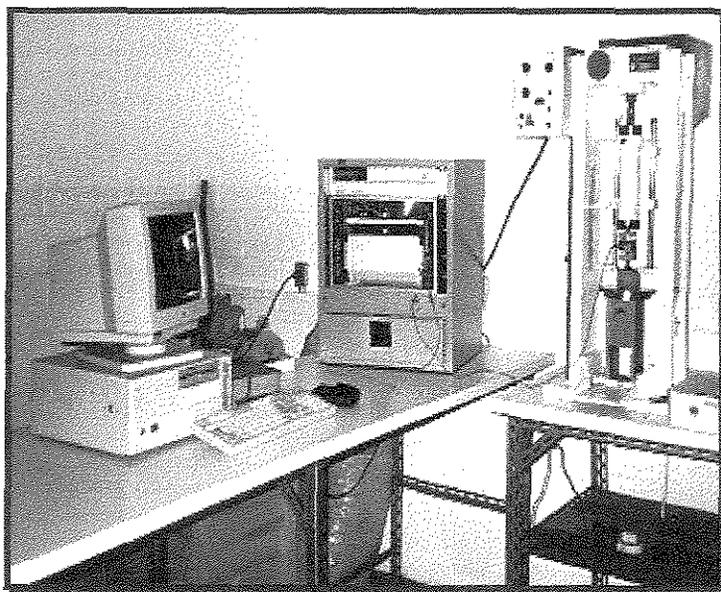
3.9 Taxas de produção de CO₂ e C₂H₄

A análise de gases foi feita no cromatôgrafo de gases Varian 3400, com detetor de condutividade térmica para medir CO₂ e O₂ e um detetor de ionização por chama para medir C₂H₄. O aparelho foi equipado com duas colunas: A) uma coluna de 10 cm de sílica gel para remover a água através de uma coluna de 183 cm x 0,3 cm que contém Chromosorb 106 (60 a 80 mesh) para separar CO₂ e C₂H₄ e B) uma coluna de 366 cm x 0,3 cm contendo uma peneira molecular 5A (45 a 60 mesh) para separar O₂ e N₂, mais 274 cm de tubo vazio detendo o O₂ e N₂ até que o C₂H₄ seja quantificado. Ambas colunas estavam em paralelo, e na coluna A foi colocado 1 ml de amostra, ao mesmo tempo na coluna B, foram colocado 100 µl de amostra. As temperaturas do injetor, coluna, detetor de ionização por chama e o detetor de condutividade térmica, foram respectivamente 60, 80, 200 e 120 °C. As taxas de fluxo do hélio, hidrogênio e ar foram de 30, 29 e 300 ml/min respectivamente. As taxas de produção de CO₂ e C₂H₄ foram calculadas e graficadas em função do tempo (AHMAD, 1985).

3.10 Módulo de elasticidade

Foi utilizada a prensa universal "Ottawa Texture Measuring System" (Research Model, Cannery Machinery Ltda.) apresentada na Figura 5, e completadas as determinações no Instron na Faculdade de Engenharia de Alimentos. As medições foram feitas através da compressão uniaxial aplicada na direção axial do fruto entre pratos planos e paralelos com uma célula de carga de 50 kg.

Na prensa universal os dados foram adquiridos através do sistema de aquisição de dados AQDADOS fabricado pela Linx. A velocidade de compressão ou velocidade de descida do cabeçote foi a mínima, 17mm/min. Para frutos e vegetais rígidos, a norma S368.2 da ASAE STANDARDS (1993) indica a utilização de 2,5 a 30 mm/min.



**Figura 5. Prensa universal "Ottawa Texture Measuring System"
e o sistema de aquisição de dados**

No Instron (Figura 6), os dados foram adquiridos através da carta de papel, para isso, a carta tinha uma velocidade constante de 300 mm/min e o cabeçote operou a velocidade mínima lograda de 50 mm/min. Estas velocidades foram verificadas experimentalmente em cada um dos aparelhos. O fato de que o Instron operou a velocidade diferente à de a prensa universal, não significa obter valores diferentes nos ensaios, já que a velocidade é diretamente

proporcional à deformação.

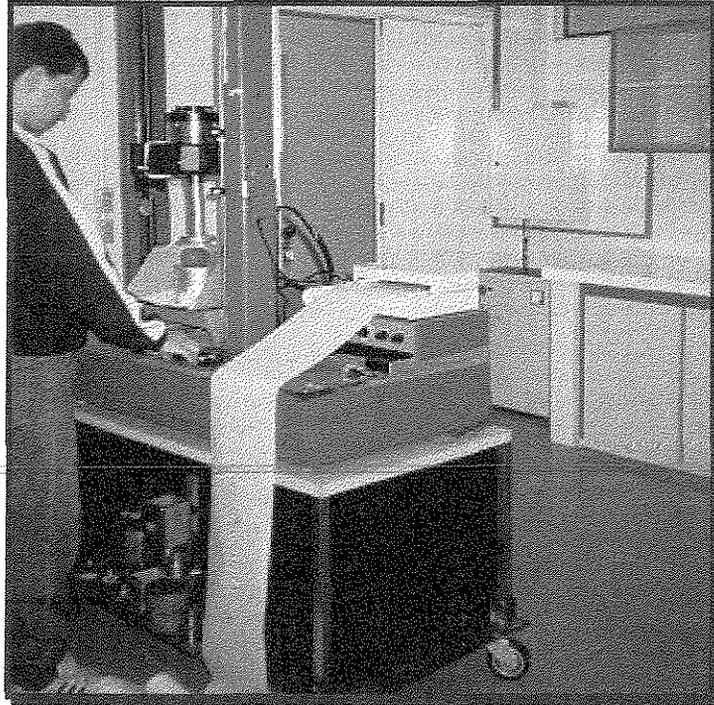


Figura 6. Instron com registro de dados em carta de papel

Preliminarmente foi determinada a direção da força que deveria ser aplicada ao fruto inteiro. Foram testadas duas direções, axial e diametral ao fruto. A direção axial foi escolhida para os ensaios definitivos, devido ao comportamento regular do módulo de elasticidade, embora não se tenha observado variações consideráveis entre os períodos. Estas determinações foram feitas com frutos de ambos pontos de colheita (índice 1 e índice 2), avaliando a cada quatro dias 10 frutos/tratamento durante um mês. A tendência do fruto a manter a sua resistência mecânica na direção axial é devida à disposição estrutural das suas fibras, as quais estavam na mesma direção da carga aplicada.

Foi determinado empiricamente o módulo de Poisson, de amostras com ambos pontos de colheita, resultando um valor médio ($\mu = 0,4$). Os cálculos foram feitos utilizando as equações descritas no item 2.10.2.

Com base nos cálculos da percentagem da esfericidade do fruto, assumiu-se o fruto como esférico, já que segundo o valor da esfericidade para cada período pós-colheita e em cada

Com base nos cálculos da percentagem da esfericidade do fruto, assumiu-se o fruto como esférico, já que segundo o valor da esfericidade para cada período pós-colheita e em cada um dos frutos utilizados no experimento, resultou em torno de 88%. Para o cálculo do valor da esfericidade foram medidos com o paquímetro, três diâmetros mutuamente perpendiculares (d_1 , d_2 , e d_3), calculado o diâmetro equivalente (d) e este diâmetro equivalente dividido pelo maior dos três diâmetros e expresso em percentagem, segundo o descrito por MOHSENIN (1986). O valor médio do diâmetro equivalente dos frutos com ambos pontos de colheita resultou de aproximadamente 68mm.

O módulo de elasticidade aparente (E), foi calculado para cada fruto (10 frutos/tratamento) a cada quatro dias e obtida a média para cada condição de armazenamento (CR e SR). No cálculo utilizou-se a equação (2) e os valores expressos em kPa. Os valores da força F foram obtidos nos pontos médios das curvas, correspondendo para cada F , uma deformação D . O diâmetro equivalente d , foi calculado com base nos 3 diâmetros perpendiculares segundo equação implícita na equação (2) descrita por MOHSENIN (1986).

3.10 Análise estatística

No EXCEL (versão 7) do WINDOWS 95, foi feita a regressão estatística (linear, polinomial, exponencial, etc), de cada parâmetro através do tempo, definindo-se o modelo mais representativo e calculando-se o coeficiente de determinação (R^2), como indicador de quanto esse modelo estava representando os dados experimentais.

Utilizando o mesmo software foi avaliado o nível de significância e os coeficientes de determinação das correlações (R^2), nas diversas regressões, entre dois parâmetros. Para isso, foi feita a análise de variância com o fator "F", para definir se estatisticamente o modelo era apropriado. Também foi utilizado o Teste "t" para definir se existia correlação entre as variáveis (BHATTACHARYYA e JOHNSON, 1977).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perda de Peso

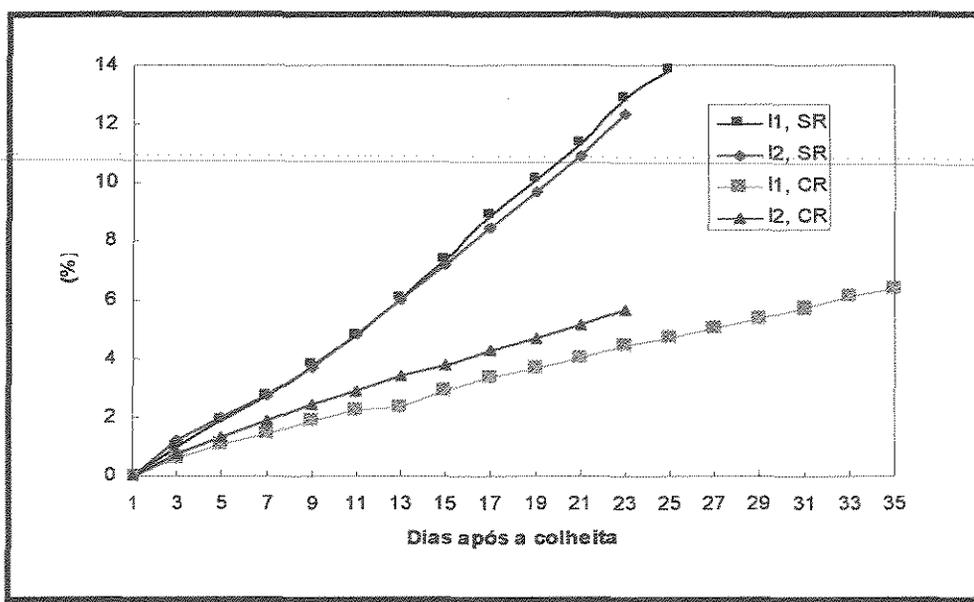


Figura 7. Perda de peso (%) do caqui - 'Fuyu', em cada um dos tratamentos.

Na Figura 7, observa-se a perda de peso dos frutos mantidos nas diferentes condições de conservação, para os dois índices de colheita (I1 e I2), mantidos sem refrigeração – SR (22 ± 3 °C e 71 ± 6 % de UR) e com refrigeração – CR (0 ± 1 °C e 65 ± 1 % de UR).

No período final da avaliação para os dois índices de colheita sem refrigeração, observou-se uma perda parcial acumulada de peso considerável. A perda foi similar nos frutos com índice 2 de colheita, em torno de 12% após 23 dias, comparada com a perda no índice 1 no mesmo período que esteve em torno de 13%.

Para os frutos mantidos sob refrigeração (CR), embora não seja ilustrado, foi feito o acompanhamento até o 35º dia após a colheita para os frutos com índice 2 e verificou-se que

que a perda de peso no final do mesmo período, foi relativamente similar para os frutos com índice 1, de aproximadamente 8% para o índice 2 e cerca de 6% para o índice 1. A perda no 25º dia após a colheita dos frutos com índice 1, refrigerados, foi de cerca de 5%, bem menor quando comparada com a perda, no mesmo período, dos frutos com índice 1 em condições de laboratório, que foi em torno de 14%. Valores similares foram observados nos frutos com índice 2, fato que demonstrou a influência da refrigeração, evitando a perda excessiva de água. Comparando as diferenças nas percentagens finais entre os tratamentos na mesma condição de conservação, os frutos sem refrigeração, apresentam uma diferença de ao redor de 1% após 23 dias, e de 2% para os frutos sob refrigeração após 35 dias, o que indica que os frutos armazenados sob as mesmas condições de temperatura e UR, independente do ponto de colheita, exibem uma taxa de perda de água similar.

A perda de peso é devido a perda de água dos tecidos do fruto e a depressão progressiva nas reservas de matéria seca utilizadas no processo de respiração associado ao de transpiração. A transpiração é devida à diferença de pressão de vapor da água contida no produto e o ambiente, fato evidenciado por KADER (1992) e CHACE e PANTÁSTICO (1975). Segundo SAFRIRA e HONÓRIO (1997), no caqui 'Fuyu', cerca de 80% do seu peso corresponde a água, por isso considera-se que sob a condição SR, a taxa de perda de água é elevada o que se traduz eventualmente em perda de valor comercial.

Assumindo que o fruto possui a mesma temperatura do meio no qual se conserva e que possua uma UR interna de 100% e, considerando os valores médios de 22°C e 71% de UR do meio ambiente tem-se uma diferença de pressão de vapor de água entre o fruto e o meio ambiente de aproximadamente 0,8 kPa. Da mesma forma, nos frutos refrigerados e com as condições médias de refrigeração de 0°C e 65% de UR, tem-se uma diferença de pressão de vapor de 0,213 kPa. Pelo fato de que nas condições não refrigeradas existia maior diferença de pressão, observou-se a maior perda de água.

A perda de peso apresentou uma tendência linear nos quatro tratamentos, apresentando em média um coeficiente de determinação R^2 de 99,5%, o que indica que o modelo linear representa praticamente 100% dos dados experimentais e que existe uma taxa constante de perda de água através do tempo. O modelo linear e os coeficientes de determinação dos quatro tratamentos observam-se na Tabela 2 dos Anexos.

Devido ao comportamento das curvas nos quatro tratamentos, pode-se afirmar que a perda de água do caqui mantido a uma mesma condição ambiental não é influenciada pelo ponto de colheita do fruto. Porém, o fato de que valores de perda de peso, através do período de avaliação, sejam similares para uma mesma condição ambiental, não significa que os frutos possuam as mesmas condições de consumo, pois existe diferença nas suas características químicas as quais serão relatadas posteriormente.

No tratamento dos frutos com índice 1 sem refrigeração, até o dia 17 após a colheita foi mantida a amostra inicial, após este dia foi retirado um fruto por não apresentar mais condições para avaliação e ao final do experimento, após 35 dias, terminou-se com três frutos. Do tratamento com índice 2 sem refrigeração, no 11º dia foram retirados dois frutos por apresentarem elevado grau de amolecimento e encerrou-se o experimento com dois frutos. Os frutos que finalizaram a experiência apresentavam uma desidratação visível (enrugamento), fato mais notório nos de índice 2, que além disso exibiam amolecimento excessivo.

Dos frutos mantido sob refrigeração, nos de índice 1 a amostra inicial foi mantida durante todo o período de avaliação, semelhantemente ao tratamento com os frutos de índice 2.

4.2 Mudanças nos açúcares

Nas Figuras 8 a 19 observa-se o comportamento através do tempo para cada uma das características químicas avaliadas.

Em todos os tratamentos avaliados tanto os açúcares redutores como os totais exibiram um aumento progressivo através do tempo até um determinado período de tempo. As mudanças nos açúcares redutores e totais, apresentaram tendência similar, polinomial de 4º e 5º grau, com um coeficiente de determinação r^2 , nos frutos sem refrigeração, ao redor de 80%. Nos frutos sob refrigeração o coeficiente de determinação foi de aproximadamente 55%.

Na avaliação periódica, encontrou-se valores dos açúcares redutores e totais entre 10 e 20%, concentrando-se na faixa de 15 a 20%. Os açúcares não redutores no geral mantiveram-se na faixa de 0 a 1%. De acordo com HULME (1971) a polpa madura de caqui

Na avaliação periódica, encontrou-se valores dos açúcares redutores e totais entre 10 e 20%, concentrando-se na faixa de 15 a 20%. Os açúcares não redutores no geral mantiveram-se na faixa de 0 a 1%. De acordo com HULME (1971) a polpa madura de caqui 'Fuyu' tem frutose e glicose que perfazem 90% do total de açúcares. A sacarose está em pequena proporção 0,42%, os açúcares redutores perfazem 13,9% e os totais 14,34%.

Na condição dos frutos com índice 1 e mantidos em condições de laboratório (Figura 8), os açúcares redutores e totais, a partir do dia 15 após a colheita, apresentaram valores muito próximos, ou seja, com baixo conteúdo de açúcares não redutores. Neste período considera-se que os açúcares não redutores foram praticamente hidrolizados a frutose e glicose, segundo o descrito por CHITARRA e CHITARRA (1990), KAYS (1991) e KADER (1992). Neste período o fruto apresentava 16% de açúcares redutores, a mesma percentagem de açúcares totais e, conseqüentemente, sem concentração de açúcares não redutores.

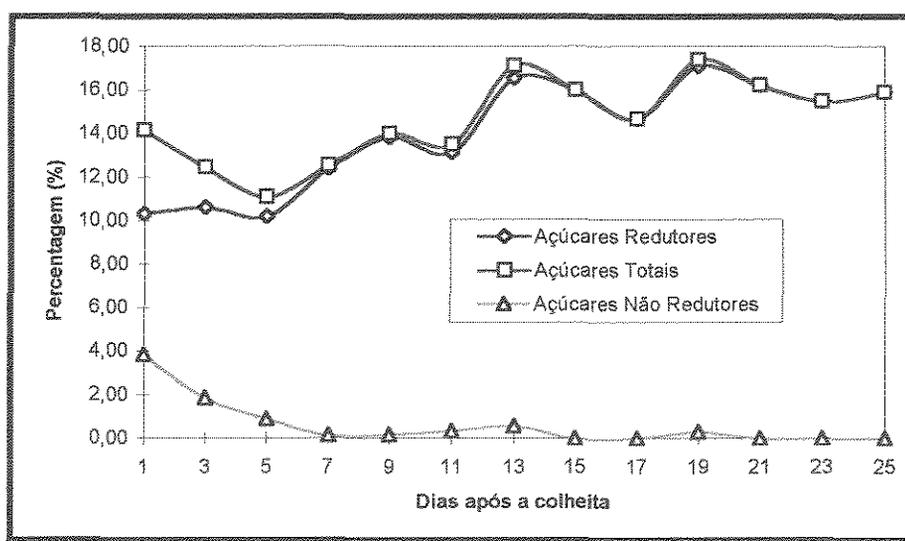


Figura 8. Mudanças nos açúcares do caqui 'Fuyu', índice 1 a condições de laboratório (22 ± 3 °C e 71 ± 6 % de UR).

Na Figura 9 são apresentados os dados de açúcares para os frutos com índice 2, sem refrigeração. Nos primeiros dias observou-se um comportamento irregular e após o 11º dia da colheita, verificou-se a tendência de manterem-se constante e com valores elevados. Nesse dia observa-se uma igualdade de valores entre os açúcares redutores e totais (19%), o que pode-se definir como o ponto de maturidade máxima.

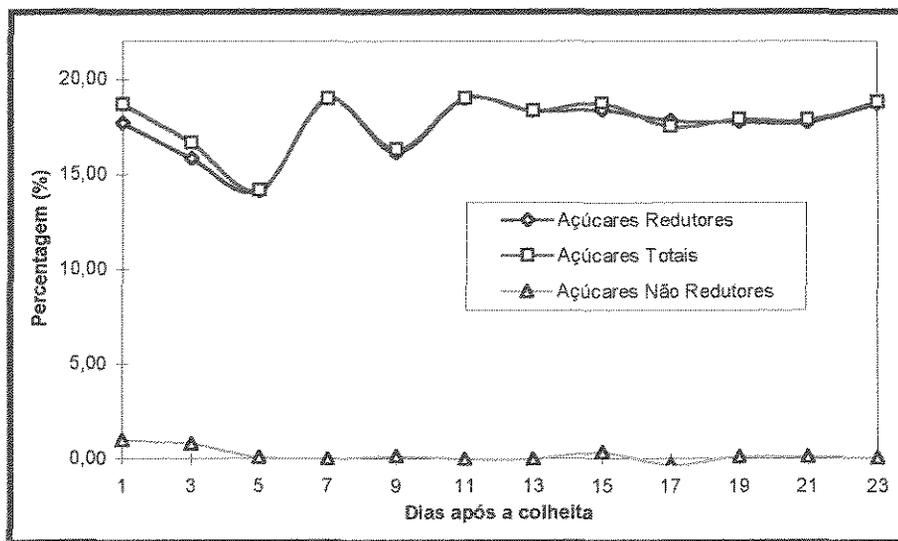


Figura 9. Mudanças nos açúcares do caqui 'Fuyu', índice 2 a condições de laboratório (22 ± 3 °C e $71 \pm 6\%$ de UR).

Nas Figuras 10 e 11 observam-se as mudanças nos açúcares para os frutos com índice 1 e índice 2, respectivamente, mantidos sob refrigeração. Comparando os valores tem-se que os frutos com ponto de colheita comercial exibiram valores mais altos que os frutos com ponto de colheita anterior ao comercial, fato explicado pelo estado de desenvolvimento de um fruto comparativamente ao outro.

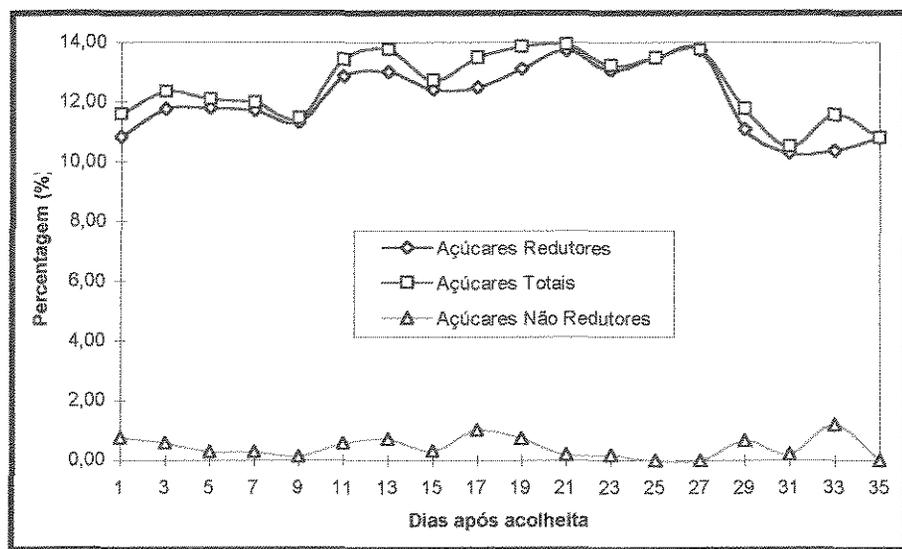


Figura 10. Mudanças nos açúcares do caqui 'Fuyu', índice 1, refrigerado a 0 ± 1 °C e $65 \pm 1\%$ de UR.

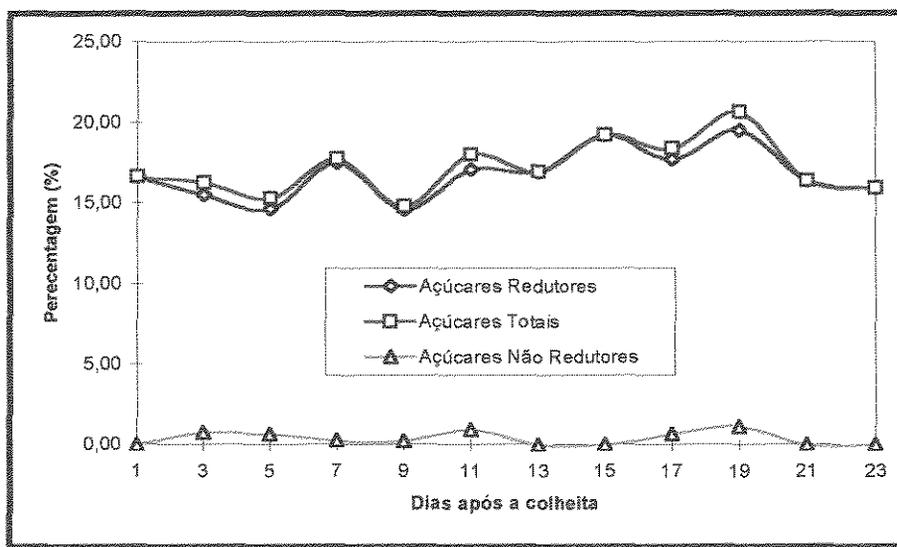


Figura 11. Mudanças nos açúcares do caqui 'Fuyu', índice 2, refrigerado a $0 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $65 \pm 1\%$ de UR.

Nos frutos com índice 1 sob refrigeração, os açúcares redutores e totais apresentaram um aumento gradual até o dia 27 após a colheita alcançando para este dia um valor de 13,7%, após esse dia a tendência foi decrescente.

Os frutos com índice 2 sob refrigeração, no 19º dia possuíam 19,5% de açúcares redutores e 20,6% de açúcares totais.

4.3 Mudanças na aparência do fruto

No geral durante a armazenagem os frutos com índice 1, sem refrigeração, iniciaram com uma cor laranja, no dia 15 tinham uma cor laranja mais escuro, e no final do período de avaliação (25º dia) uma cor laranja-avermelhado e amolecimento considerável ao tato. Já a partir do dia 11, alguns frutos com a cor laranja-avermelhado exibiam certo amolecimento, especialmente os frutos de menor tamanho, tendo-se que descartar alguns deles. No dia 15 após a colheita, praticamente 50% da amostra para esse tratamento apresentavam amolecimento leve.

Os frutos com índice 2, sem refrigeração iniciaram com uma coloração laranja-avermelhado, textura firme ao tato e cor da polpa laranja escuro. No 11º dia da colheita foram retirados

alguns frutos por amolecimento excessivo, mas a maioria possuía uma boa firmeza ao tato e uma cor vermelha-laranjado escuro.

Nos frutos com índice 1 sob refrigeração, iniciaram a avaliação com uma cor laranja claro; no dia 17 após a colheita, tinham tonalidade laranja escuro e alguns apresentavam os primeiros sintomas de enrugamento. No dia 21 se percebia os possíveis danos mecânicos, evidenciados por colorações pretas. Neste dia foram retirados aproximadamente 20% da amostra por exibir murchamento visível. A cor continuava laranja escuro. No dia 27 exibiam uma textura relativamente firme e uma aparência agradável. No final do período o enrugamento era considerável e o amolecimento maior.

Os frutos com índice 2 sob refrigeração, iniciaram com uma cor laranja-avermelhado e textura firme; no 19º dia, apresentavam uma cor mais intensa e de boa aparência; no dia 23 após a colheita, conservavam as características, mas com sintomas de enrugamento

Pode-se afirmar que nos frutos mantidos sob refrigeração as mudanças ocorrem em um período de tempo maior, em comparação com os frutos sem refrigeração. A refrigeração sem dúvida retarda os processos metabólicos do fruto.

4.4 Mudanças na relação acidez titulável/sólidos solúveis

No que diz respeito à relação acidez titulável/sólidos solúveis, para os frutos com índice 1 e sem refrigeração observada na Figura 12, verifica-se uma queda acentuada, com valores mais baixos entre os dias 15 a 19 após a colheita. Esta queda é evidenciada pelo aumento dos sólidos solúveis e a diminuição da acidez titulável. A acidez titulável apresentou um acréscimo nos primeiros 9 dias e depois decresceu até o 19º dia onde então aumentou novamente. SALUNKE e DESAI (1984), afirmam que a acidez total tende a aumentar com o crescimento do fruto e depois decresce durante o amadurecimento.

O polinômio de 4º grau é o modelo que melhor explica a tendência dos dados nas mudanças do parâmetro em análise, dos frutos sem refrigeração (Figuras 12 e 13), com um coeficiente de determinação em média de 84%. Nos frutos com refrigeração (Figura 14 e 15) o modelo

de melhor explicação é o polinômio de 5º grau, com um coeficiente de determinação em média de 60%.

O aumento da acidez até um período determinado é atribuído à síntese de compostos fenólicos e ácidos orgânicos, neste caso devido a síntese do ácido ascórbico. A diminuição na concentração de ácido é originada pelo seu consumo no ciclo de Krebs (CHITARRA e CHITARRA, 1990). A escolha de determinado período considerado adequado para o consumo do fruto, não significa que quimicamente possua as quantidades ótimas nutricionais. É o caso do conteúdo de ácido ascórbico que diminui durante o amadurecimento.

Os sólidos solúveis mostraram um acréscimo progressivo através do período de avaliação, aumento este que coincide com o aumento progressivo dos açúcares. Entre os dias 11 e 19 após a colheita o conteúdo de sólidos solúveis permaneceu praticamente constante em torno de 19 °Brix.

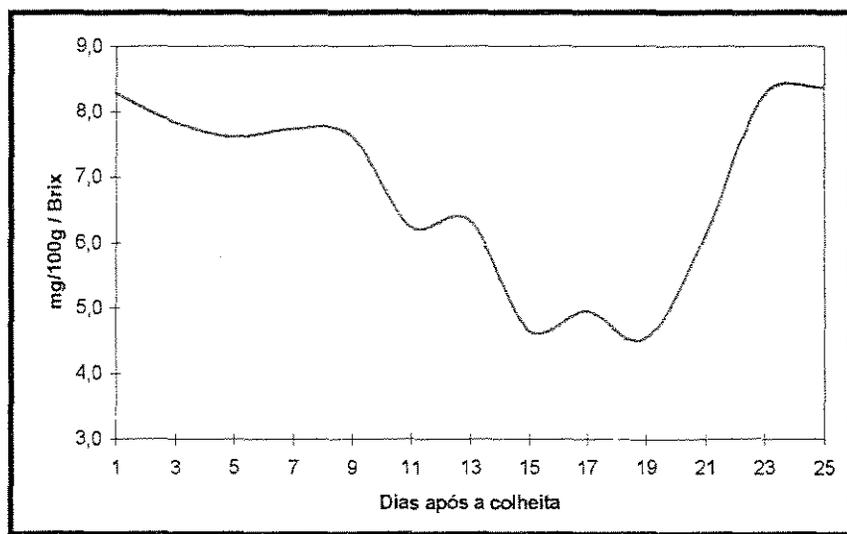


Figura 12. Mudanças na relação acidez titulável/sólidos solúveis do caqui 'Fuyu', índice 1 em condições de laboratório (22 ± 3 °C e $71 \pm 6\%$ de UR).

O aumento dos sólidos solúveis durante o amadurecimento dos frutos climatéricos é evidenciado por HULME (1971), KAYS (1991), CHITARRA e CHITARRA (1992) e SALUNKE e DESAI (1984).

As mudanças na relação acidez titulável/sólidos solúveis para os frutos com índice 2 e conservados sem refrigeração são observadas através da Figura 13. Os menores valores, onde supostamente o fruto exibe sua melhor condição para consumo "in natura", apresentaram-se entre os dias 11 e 13 após a colheita.

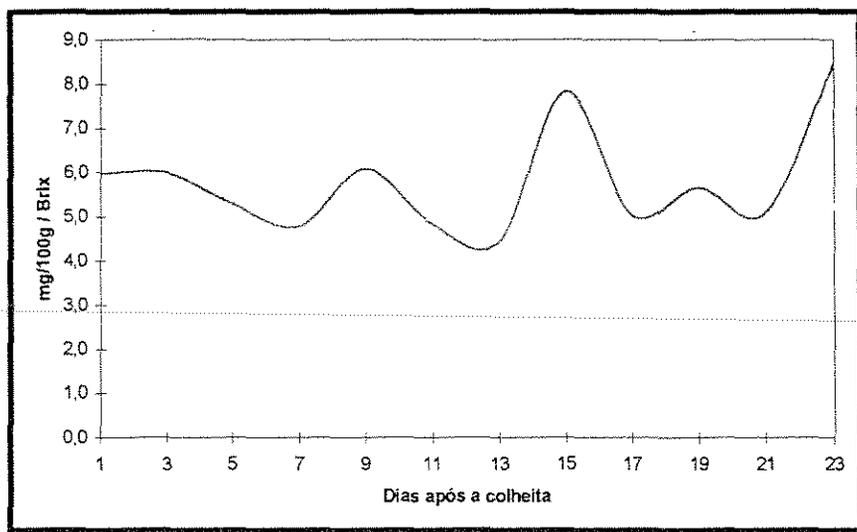


Figura 13. Mudanças na relação acidez titulável/sólidos solúveis do caqui 'Fuyu', índice 2 a condições de laboratório (22 ± 3 °C e $71 \pm 6\%$ de UR).

A relação acidez titulável/sólidos solúveis para frutos com ambos índices de colheita e sob refrigeração, Figuras 14 e 15, mostra uma tendência pouco regular através do tempo, como pode ser visto na Figura 14, onde entre os dias 11 e 23 observa-se valores relativamente baixos, no dia 25 exibe um valor muito alto e no dia 27 novamente um valor baixo. O mesmo acontece na Figura 18. A possível resposta deste fato, não só neste parâmetro se não em todos onde se exiba esse tipo de assensos e descensos repentinos, pode ser devido aos frutos terem sido classificados visualmente, com o mesmo ponto de colheita, não se garantindo contudo que tenham tido condições idênticas de grau de maturidade, ou que tivessem metabolismo similar. Porém baseados nos valores encontrados tem-se que nos frutos com índice 1, (Figura 14), o menor valor obtido foi no 27º dia e para os frutos com índice 2 (Figura 15), foi no 19º dia após a colheita.

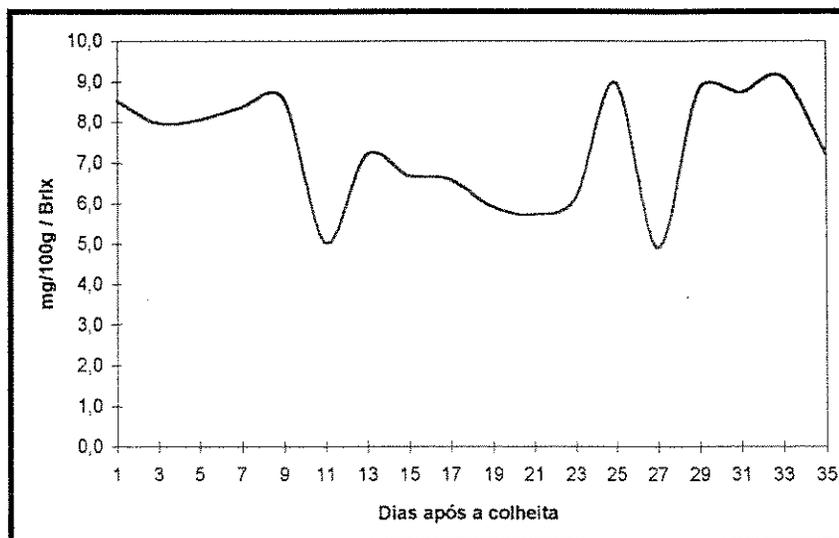


Figura 14. Mudanças na relação acidez titulável/sólidos solúveis do caqui 'Fuyu', índice 1, refrigerado a $0 \pm 1^\circ\text{C}$ e $65 \pm 1\%$ de UR.

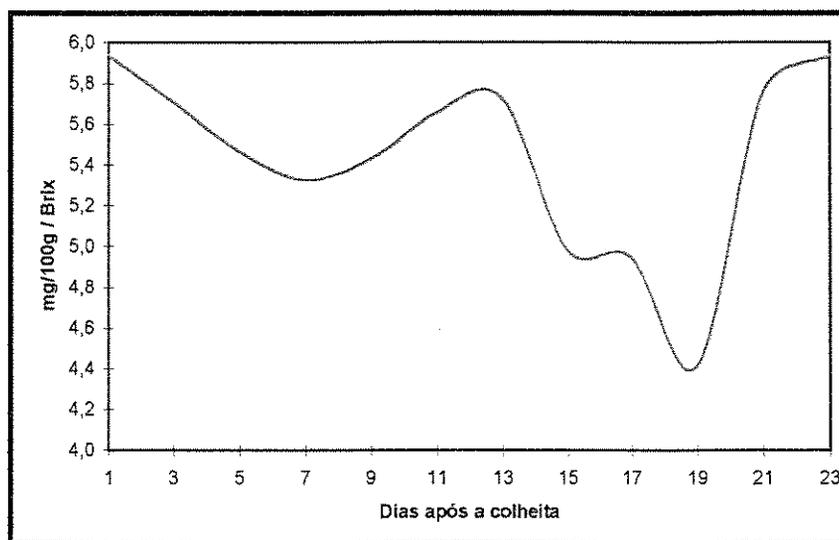


Figura 15. Mudanças na relação acidez titulável/sólidos solúveis do caqui 'Fuyu', índice 2, refrigerado a $0 \pm 1^\circ\text{C}$ e $65 \pm 1\%$ de UR.

Com base nos valores encontrados dos açúcares, na relação acidez titulável/sólidos solúveis e nas mudanças na aparência dos frutos com índice 1 sem refrigeração em comparação com os frutos sob refrigeração, pode-se afirmar que os frutos de caqui mantidos sob refrigeração não atingiram uma maturidade completa.

4.5 Mudanças no pH

Segundo os valores encontrados nas avaliações, o caqui 'Fuyu' apresenta um comportamento ligeiramente ácido.

Na Figura 16, observa-se o comportamento de frutos com o índice 1, sem refrigeração. Até o dia 15 após a colheita, os valores mantiveram-se estáveis. Após este dia, até o final do experimento (dia 25), observou-se um comportamento oscilatório com uma ligeira tendência a diminuir. Com relação à acidez titulável, o pH apresenta padrão relativamente lógico, com valores altos quando a acidez diminui e valores baixos quando a acidez aumenta. Segundo PEARSON (1986), a acidez pode ser medida através do pH e se converte em um fator importante na conservação e armazenamento de alimentos, devido à susceptibilidade ao ataque de patógenos quando o pH está próximo a 7.

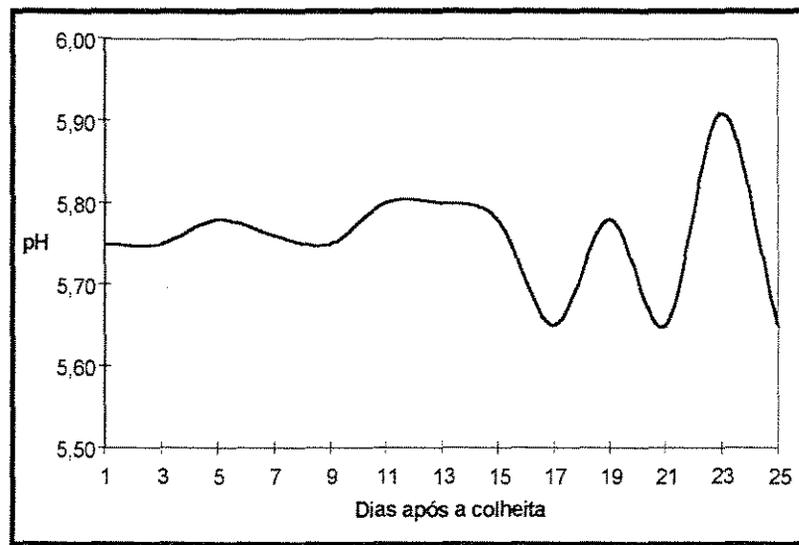


Figura 16. Mudanças no pH do caqui 'Fuyu', índice 1 em condições de laboratório (22 ± 3 °C e $71 \pm 6\%$ de UR).

A Figura 17, exibe os valores de pH para os frutos com ponto de colheita comercial mantidos sem refrigeração. Nos dias 11 a 13, onde a relação acidez titulável/sólidos solúveis apresentou os valores mais baixos, o pH estava entre os valores mais altos, 5,81 e 5,79 respectivamente. Após o dia 13 após a colheita, a tendência foi a de aumentar até o final do período de armazenamento.

O comportamento dos frutos com ambos índices de colheita, armazenados sem refrigeração, é explicado, pelo modelo polinomial de 6º grau, resultando um R^2 em média de aproximadamente 70%.

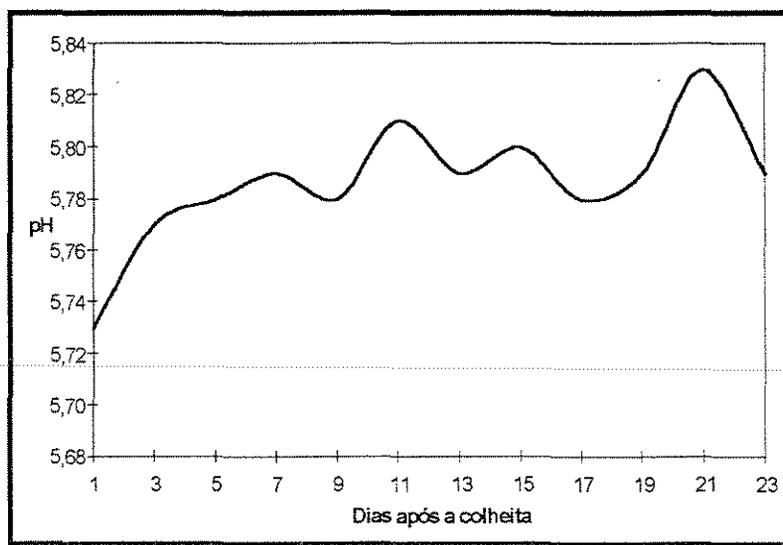


Figura 17. Mudanças no pH do caqui 'Fuyu', índice 2, em condições de laboratório (22 ± 3 °C e $71 \pm 6\%$ de UR).

A curva do pH para os frutos com ponto de colheita anterior ao comercial e com ponto de colheita comercial sob refrigeração, Figura 18 e Figura 19, mostraram um comportamento equivalente nos valores da relação acidez titulável/sólidos solúveis, o melhor modelo também é o polinomial de 6º grau, com um R^2 em média de 75%.

Com base nos R^2 obtidos do comportamento do pH, tanto dos frutos sem refrigeração como os frutos refrigerados, observa-se uma tendência similar explicada pelo mesmo modelo.

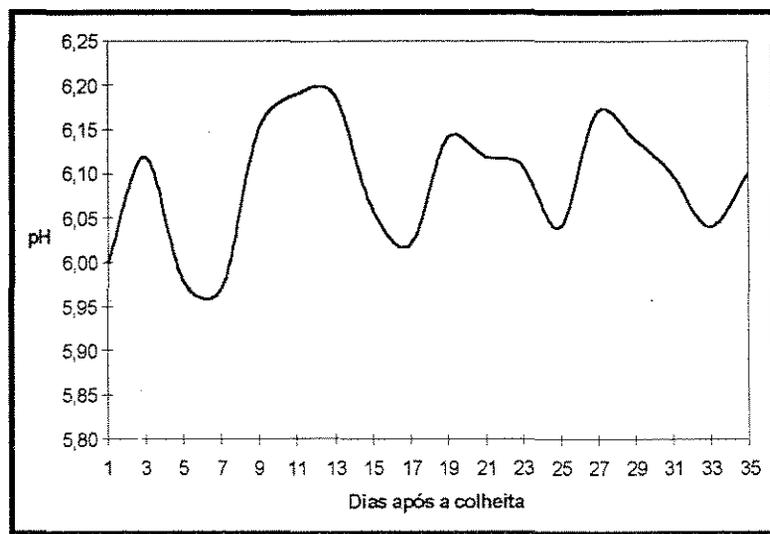


Figura 18. Mudanças pH do caqui 'Fuyu', índice 1, refrigerado a $0 \pm 1^\circ\text{C}$ e $65 \pm 1\%$ de UR.

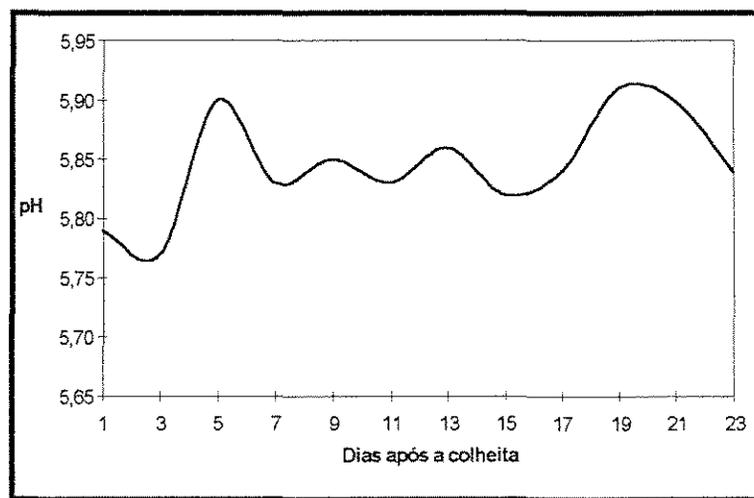


Figura 19. Mudanças no pH do caqui 'Fuyu', índice 2, refrigerado a $0 \pm 1^\circ\text{C}$ e $65 \pm 1\%$ de UR.

4.6 Análise de gases (CO_2 e C_2H_4)

Optou-se por monitorar CO_2 e C_2H_4 de caqui 'Fuyu', com ponto de colheita comercial, mantidos a $23 \pm 1^\circ\text{C}$ e $66 \pm 3\%$ de umidade relativa, por representar a condição experimental mais drástica e realista. Somando-se a isto, levou-se em consideração o custo operacional do cromatógrafo. Os resultados da produção de CO_2 e C_2H_4 foram expressos como a média de

dois experimentos com três repetições (peso médio das amostras de 1,190 g), de amostras gasosas coletadas a cada 24h.

Verificou-se que a produção de CO_2 durante os primeiros 5 dias após a colheita apresentou pequena variação crescente (Figura 20). A elevação da taxa respiratória ocorreu a partir do 6º dia, atingindo o pico climatérico no 13º dia após a colheita. Posteriormente, observou-se um período decrescente até o final do experimento, e com valores nunca inferiores a 18 $\text{mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$.

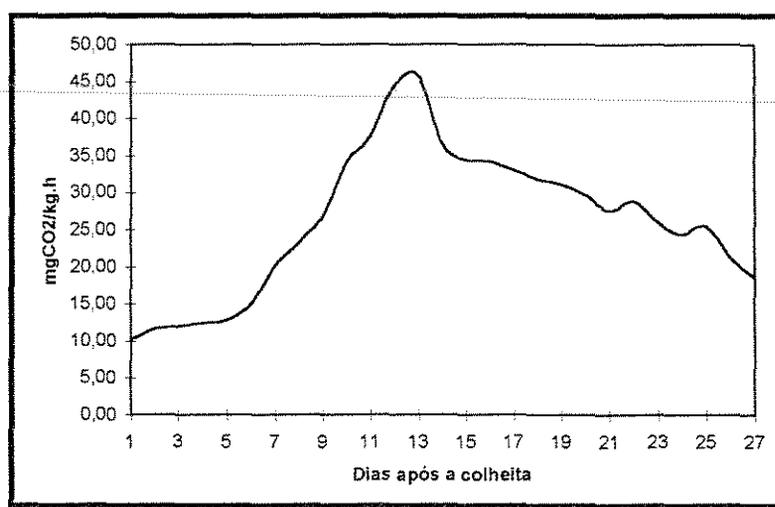


Figura 20. Produção de CO_2 de caqui 'Fuyu', índice2, mantido a $23\pm 1^\circ\text{C}$ e $66\pm 3\%$ de UR.

O pico de produção de C_2H_4 (Figura 21) coincidiu com o pico climatérico, decrescendo posteriormente até o 18º dia após a colheita, e manteve-se com pequena taxa de variação até o 27º dia.

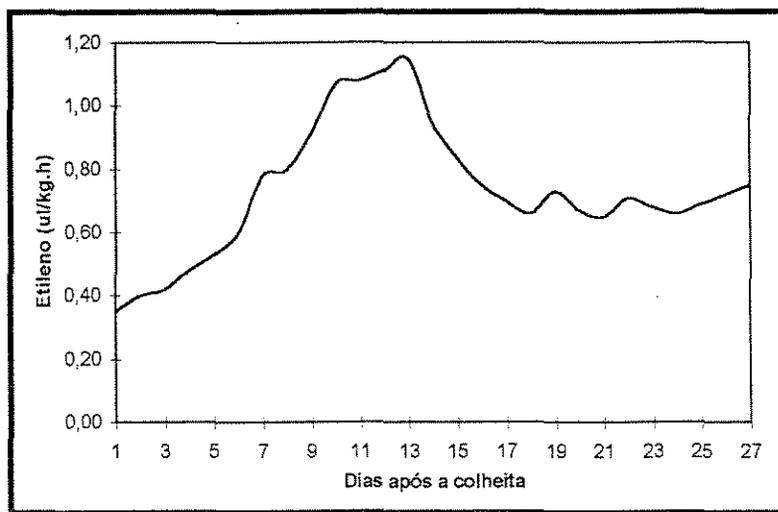


Figura 21. Produção de etileno de caqui 'Fuyu', índice 2, mantido a $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $66\pm 3\%$ de UR.

Baseado no coeficiente de determinação, os modelos que melhor explicam a tendência de CO_2 através do tempo, são os polinômios de 2° e 3° grau, com R^2 de aproximadamente 79%. A tendência do C_2H_4 é explicado em 92% pelos modelos polinomiais de 5° e 6°.

A taxa de respiração variou aproximadamente de 10 a 46 $\text{mgCO}_2/\text{kg.h}$ a uma temperatura de $23\pm 1^{\circ}\text{C}$, valores aceitáveis em comparação com os encontrados por KADER (1992) para caqui 'Fuyu', que foram de 20 a 24 $\text{mgCO}_2/\text{kg.h}$ a uma temperatura de 20°C . As diferenças seguramente são devidas ao efeito da temperatura. Similarmente aconteceu com as taxas de C_2H_4 , as quais variaram de 0,35 a 1,15 $\mu\text{l}/\text{kg.h}$ a $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ e segundo KADER (1992), a 20°C para caqui 'Fuyu' variam de 0,1 a 0,5 $\mu\text{l}/\text{kg.h}$.

Por ser um fruto climatérico (KADER, 1992 e AWAD, 1993), o caqui apresentou durante o amadurecimento, comportamento respiratório característico de fruto desse agrupamento.

Em geral, o pico climatérico está associado a melhor qualidade dos frutos dessa categoria, verificando-se neste trabalho uma correspondência entre o pico climatérico e os valores máximos de açúcares totais e redutores. De modo inverso, comportou-se a relação acidez titulável/sólidos solúveis, devido o aumento da concentração dos açúcares.

Analisando-se o comportamento respiratório em relação ao módulo de elasticidade, verificou-se que o decréscimo na resistência mecânica do caqui 'Fuyu' (Figura 22) acentuou-se a partir do 5º dia após a colheita, praticamente ao mesmo tempo que começou a ascensão climatérica. Paralelamente houve aumento da taxa de produção de C_2H_4 , que entre o 6º e 7º dia já havia praticamente dobrado a sua taxa de produção, certamente exercendo efeito sobre a textura do caqui.

As análises dos demais parâmetros apontam o dia 11 após a colheita, como o período mais adequado para o consumo do fruto com índice 2 para condições de laboratório, porém os picos apresentados pela taxa respiratória e o C_2H_4 foram observadas no dia 13 após a colheita, considerando-se aceitável por ser períodos próximos.

4.7 Mudanças no módulo de elasticidade

No geral, os valores do módulo de elasticidade aparente (E) encontrados, independente do tratamento avaliado, estiveram dentro das faixas publicadas por alguns autores. O módulo variou aproximadamente entre 1.000 e 3.700 kPa. Segundo VELEZ (1987), o módulo de elasticidade aparente para laranja pêra, em estado de maturidade "comercial", varia entre 2.182,31 e 2.394 kPa. FINNEY (1973), confirma, a utilização do módulo de elasticidade para avaliar a umidade e a firmeza em vegetais. O autor cita que para maçã e batata, o módulo varia de 6.000 a 14.000 kPa e para banana de 800 a 3000 kPa.

O módulo de elasticidade é dito aparente porque as determinações foram feitas para o fruto inteiro, o qual possui diferentes tipos de tecidos como casca, polpa e sementes, fato que indica diferenças estruturais e na direção de suas fibras.

Na Figura 22, observa-se o comportamento dos frutos de caqui 'Fuyu' mantidos sob diferentes condições de conservação e pontos de colheita. Os maiores valores foram mostrados pelos frutos com índice 1 sob refrigeração e os valores mais baixos pelos frutos com ponto de colheita comercial mantidos sem refrigeração. A tendência de todos os frutos foi de diminuição de sua resistência mecânica à compressão, através do tempo. O maior valor do E aparente esteve em torno de 3.700 kPa no início do experimento, exibido pelos frutos com índice 1. MOHSENIN (1986), classificou arbitrariamente o material sólido

alimentício como aquele que possui um módulo de elasticidade menor que 10^7 N/m² ou 10.000 kPa.

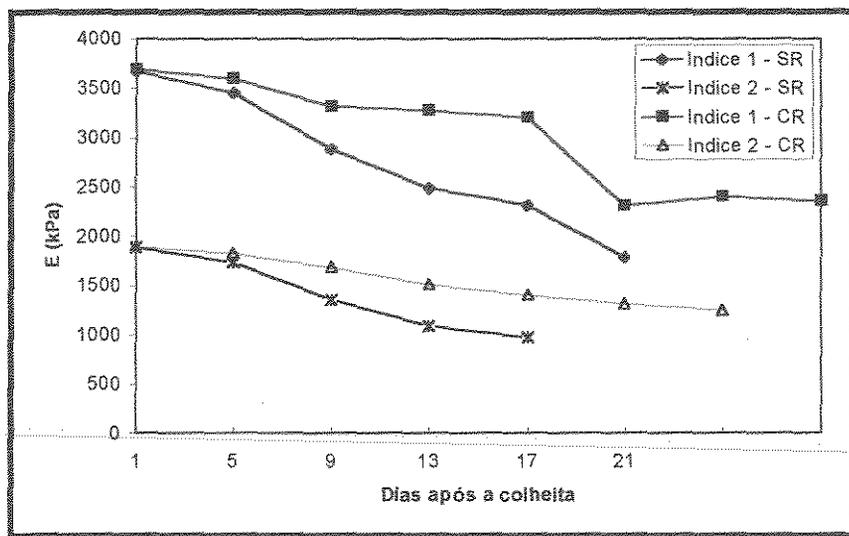


Figura 22. Mudanças no módulo de elasticidade (E) do caqui 'Fuyu', com dois pontos de colheita e duas condições de conservação.

O modelo que melhor representa o fenômeno nos 4 tratamentos, é o modelo linear, onde em média os dados experimentais são explicados em 95%.

Os frutos com índice 1 mantidos em condições ambientais, no 15º dia após a colheita exibiam um amolecimento leve ao tato. Para este período o módulo de elasticidade foi de aproximadamente 2.400 kPa. No dia 11 após a colheita dos frutos com índice 2 sem refrigeração foram retirados alguns frutos por amolecimento excessivo, mas 90% da amostra possuía uma boa firmeza ao tato. Para esta condição o fruto possuía um E de 1.216,4 kPa. O tratamento índice 1 sob refrigeração, no 27º dia exibia frutos com uma textura relativamente firme e uma aparência agradável, apresentando um módulo de elasticidade de 2.378,7 kPa. Por último os frutos com ponto de colheita comercial refrigerados mostraram boa firmeza ao tato até o final do período de avaliação.

4.8 Análise estatística

Esta avaliação com suas respectivas figuras foi apresentada para os frutos com índice 2 sob refrigeração, baseada no produto a nível do mercado. Porém a análise foi feita para todos os tratamentos, observando-se que o modelo de ajuste era similar entre tratamentos. Quando estatisticamente a correlação linear não foi representativa, no geral os modelos de melhor explicação foram os polinomiais de 2º, 3º e 4º graus. A análise de regressão foi feita entre o 1º dia após a colheita e o período estimado adequado para consumo.

4.8.1 Relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável

Pelo nível de significância da regressão linear ($\alpha=5\%$), ou seja com um intervalo de confiança de 95%, o modelo linear não é apropriado e não existe correlação linear entre sólidos solúveis e a acidez titulável. O modelo que melhor representa os dados é o polinomial de 3º grau. Segundo o R^2 , este modelo explica aproximadamente o 27% dos dados experimentais. Nos demais tratamentos também o polinômio de 3º grau foi o mais adequado apresentando coeficientes de determinação bastante representativos (Anexo 1). Observa-se a tendência da acidez diminuir a medida que os sólidos solúveis aumentam. Em vista disto, pode-se afirmar que a relação destas duas variáveis é um bom indicador do grau de maturidade do caqui. Os dados dispersos e a equação são observados na Figura 23.

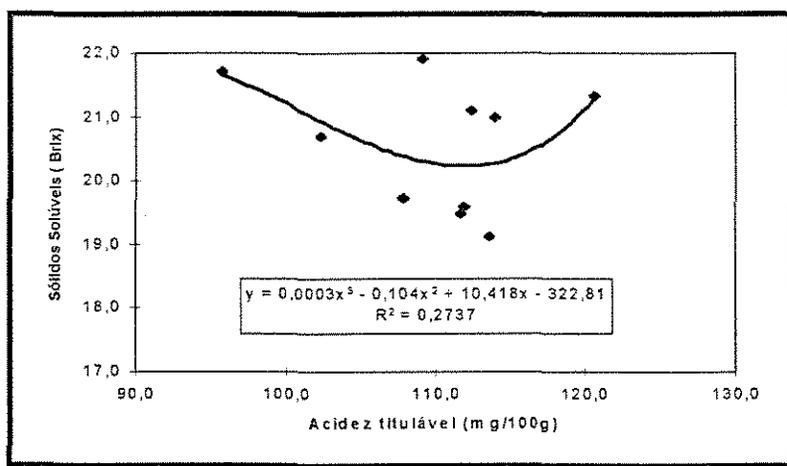


Figura 23. Relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável, nos frutos com índice 2, CR.

Em alguns casos, o modelo de um polinômio de maior grau, que o apresentado, exibiu melhor coeficiente de determinação, porém, apresentava o fenômeno de Runge, o qual consiste em picos pronunciados entre dois pontos, o que não assegura que o valor estimado seja confiável.

4.8.2 Relação entre os açúcares totais e os sólidos solúveis

O modelo linear é apropriado e explica cerca de 40% dos dados experimentais. As variáveis são dependentes, a maior conteúdo de açúcares totais, maior conteúdo de sólidos solúveis como é visto na Figura 24. O fato de que não exista uma alta correlação linear como se esperava, talvez seja devido a dificuldade de selecionar, na amostragem periódica, frutos com um estágio de maturidade seqüencial, observando-se no caso dos açúcares totais quedas e aumentos através do tempo. Embora exista correlação linear confirmada com testes "F" e "t", o R^2 do modelo polinomial de 3º grau explica em 56% os valores experimentais.

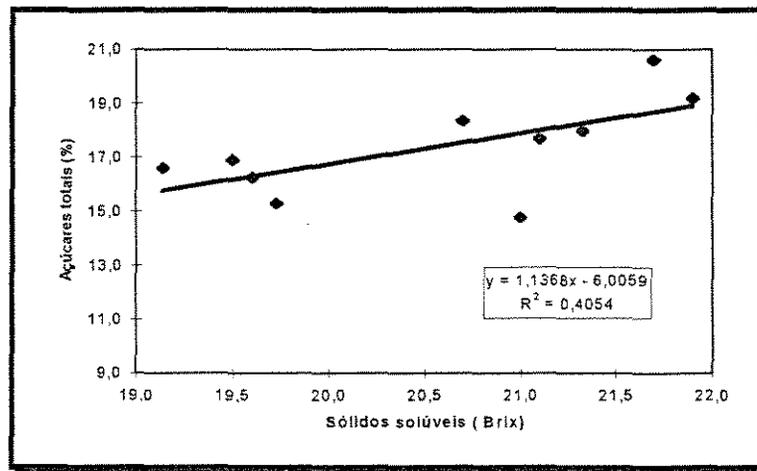


Figura 24. Relação entre os açúcares totais e os sólidos solúveis, nos frutos com índice 2, CR.

4.8.3 Relação entre o pH e a acidez titulável

Existe correlação polinomial de 2º grau negativa, entre o pH e a acidez titulável, o que indica que para um valor maior de pH, a acidez titulável tende a diminuir. Pelo valor do coeficiente

de determinação, cerca de 45% dos dados são explicados pela correlação obtida. Desta forma, com a determinação do pH, que é uma medida simples de ser realizada, pode-se ter uma idéia da acidez titulável, que está, por sua vez, relacionada com o estágio de maturação do caqui. A tendência parabólica negativa é observada na Figura 25.

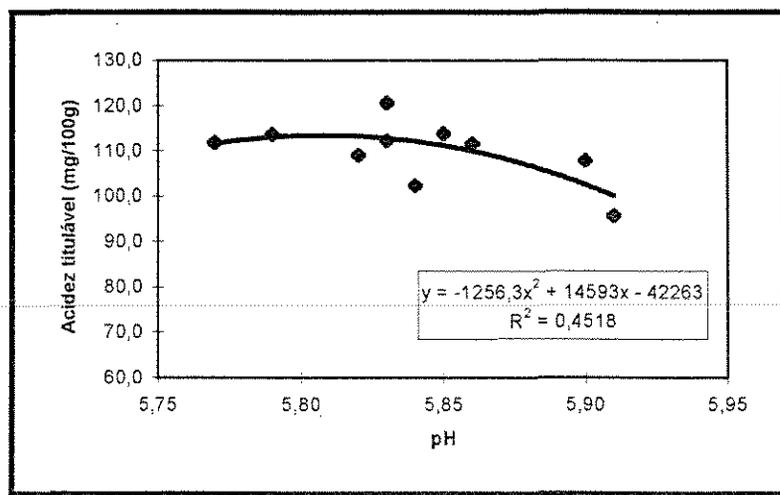


Figura 25. Relação entre o pH e a acidez titulável, nos frutos com índice 2, CR.

4.8.4 Relação entre o módulo de elasticidade e a perda de peso

Existe uma forte correlação linear inversa entre o módulo de elasticidade e a perda de peso, a um nível de significância de 5%. De acordo com o coeficiente de correlação, o modelo observado na Figura 26, explica 96,2% dos dados experimentais. Em todos os tratamentos, o modelo linear é apropriado, como é observado no Anexo1. A medida que a perda de água incrementa-se, a firmeza do caqui diminui. Segundo KAYS (1991), a perda de água dos frutos causa perecibilidade, não só diretamente, devido à perda de peso comercial, mas também pela perda de aparência e qualidade textural (amolecimento e flacidez). A perda de água no tecido do fruto é devida à diferença de pressões de vapor entre o fruto e o ambiente, evidenciada pela umidade relativa. O fruto por apresentar maior pressão de vapor, libera água em forma de vapor buscando equilibrar o médio.

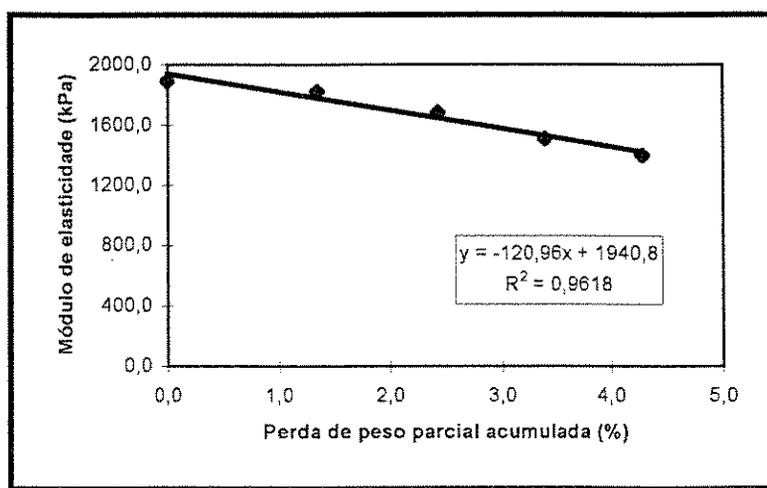


Figura 26. Relação entre o módulo de elasticidade e a perda de peso, nos frutos com índice 2, CR.

4.8.5 Relação entre o módulo de elasticidade e os açúcares totais

Não existe correlação linear entre estes dois parâmetros, a um nível de significância de 5%. Os parâmetros correlacionam polinomialmente no 3º grau, apresentando um coeficiente de determinação de aproximadamente 73%, o restante 27% é fruto da casualização. Os dados dispersos e a curva de ajuste são observados na Figura 27. Pode-se observar que para valores dos açúcares de 15 a 18% que correspondem aos últimos 10 dias de avaliação, o módulo E tende a diminuir.

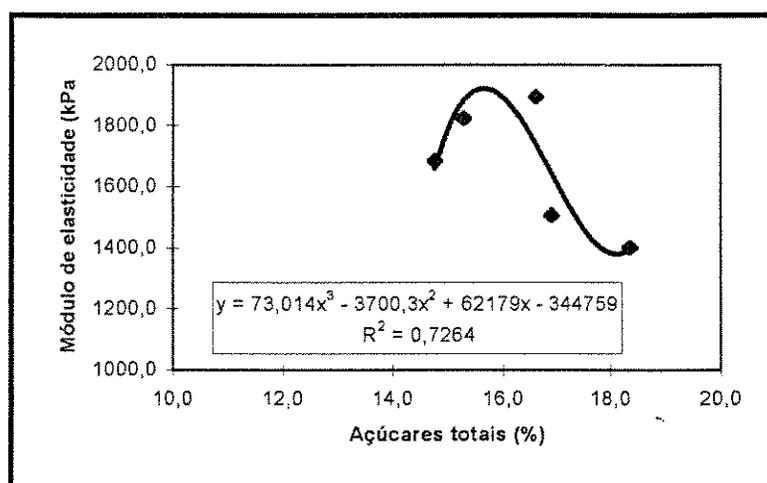


Figura 27. Relação entre o módulo de elasticidade e os açúcares totais, nos frutos com índice 2, CR.

4.8.6 Relação entre a relação acidez titulável/SS e os açúcares totais

O modelo que melhor representa esta relação é o polinômio de 4º grau, com um coeficiente de determinação (R^2) de aproximadamente 86%, embora, estatisticamente falando o modelo linear também seja apropriado, a um nível de significância de 5%. Pode-se afirmar que existe correlação polinomial inversa entre os dois parâmetros, na medida que os açúcares totais aumentam, a relação acidez titulável/SS decresce (Figura 28). Os modelos adequados nos demais tratamentos, com seu respectivo coeficiente de determinação são observados na Tabela 7 do Anexo 1. No tratamento dos frutos com índice 1, sob refrigeração, os modelos lineares até 4º grau ajustam-se estatisticamente, porém, sempre o modelo mais representativo será o de maior grau, ou seja o de 4º grau.

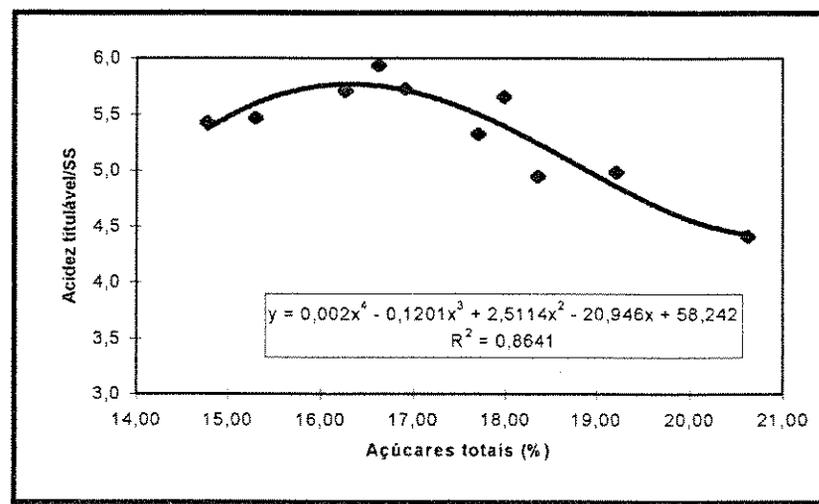


Figura 28. Relação entre a relação acidez titulável/SS e os açúcares totais, nos frutos com índice 2, CR.

4.8.7 Relação entre o CO_2 e a relação acidez titulável/SS

A correlação analisada para os frutos com índice 2 e mantidos sem refrigeração, demonstra que o polinômio de 2º grau é o mais representativo, com um coeficiente de correlação de aproximadamente 48%, para um nível de significância de 5%. Observa-se uma correspondência entre os menores valores encontrados na relação acidez titulável/SS, com os maiores valores da taxa respiratória do caqui. Esta correspondência é obtida entre os dias

9 e 11 após a colheita, confirmando que o período adequado relaciona-se com o pico climatérico e as mudanças na acidez titulável e os sólidos solúveis. Na Figura 29, observa-se os dados dispersos e o modelo de ajuste.

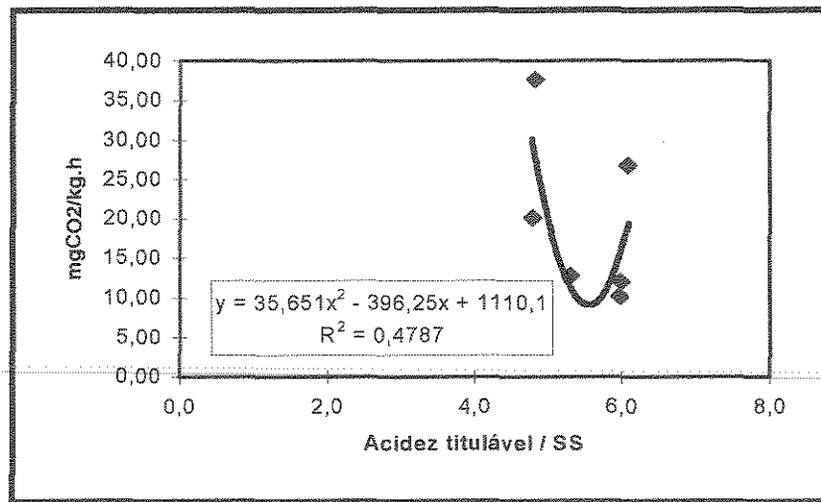


Figura 29. Relação entre o CO₂ e a relação acidez titulável/SS, nos frutos com índice 2, SR.

Nas Figuras 30 e 31, observa-se o estado inicial dos frutos com índice 1 e índice 2, respectivamente, no dia seguinte após a colheita, antes de iniciar o experimento.

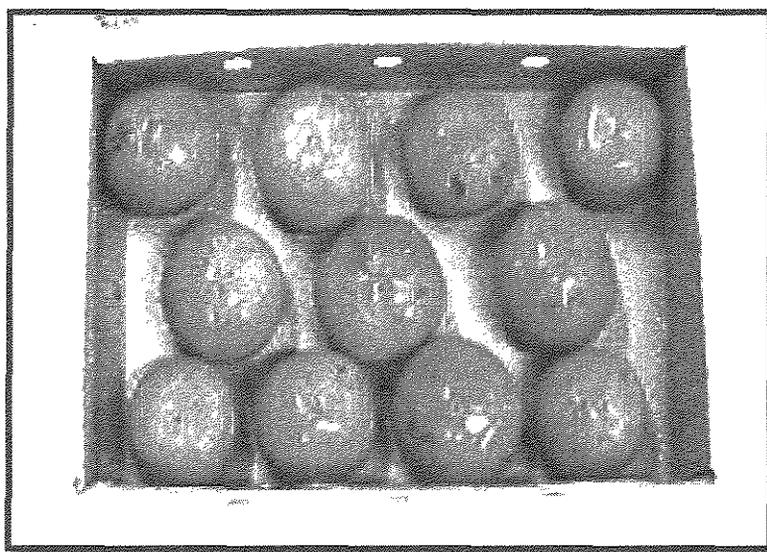


Figura 30. Estado inicial dos frutos de caqui com Índice 1.

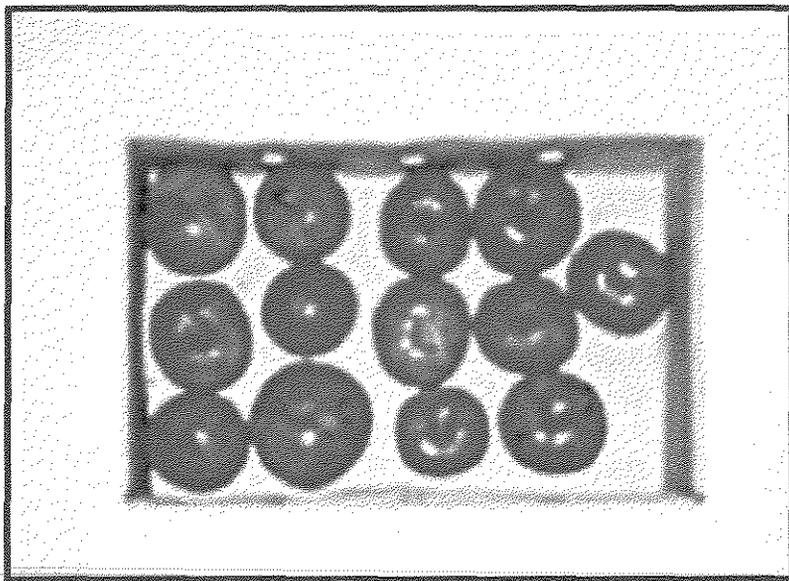


Figura 31. Estado inicial dos frutos de caqui com Índice 2.

Com base na análise e discussão dos resultados, a aparência dos frutos em cada um dos períodos considerados adequados para consumo, é observada nas Figuras 32, 33, 34, 35, correspondendo na seqüência a seguir: com Índice 1, SR, 15 dias após a colheita (Figura 32); Índice 2, SR, após 11 dias (Figura 33); Índice 1, CR, no 27º dia após a colheita (Figura 34) e Índice 2, CR, 19 dias após a colheita (Figura 35).

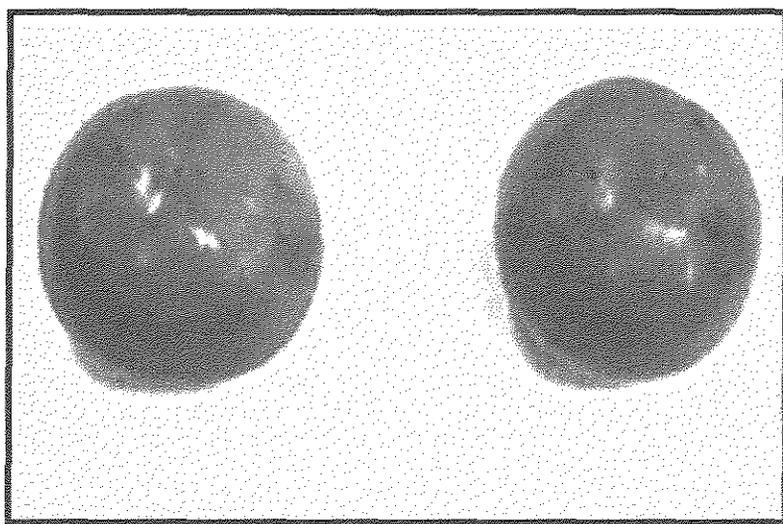


Figura 32. Frutos de caqui 'Fuyu', com Índice 1, SR, 15 dias após a colheita.

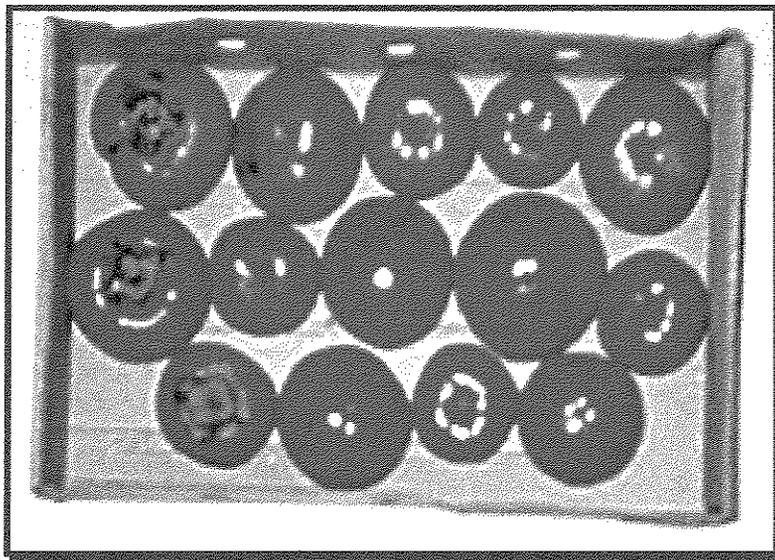


Figura 33. Frutos de caqui 'Fuyu', com Índice 2, SR, 11 dias após a colheita.

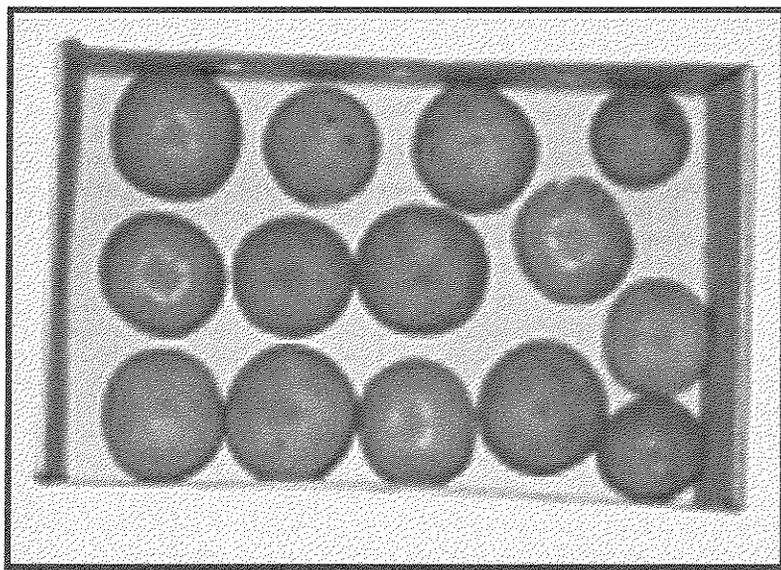


Figura 34. Frutos de caqui "Fuyu", Índice 1, CR, 27 dias após a colheita.

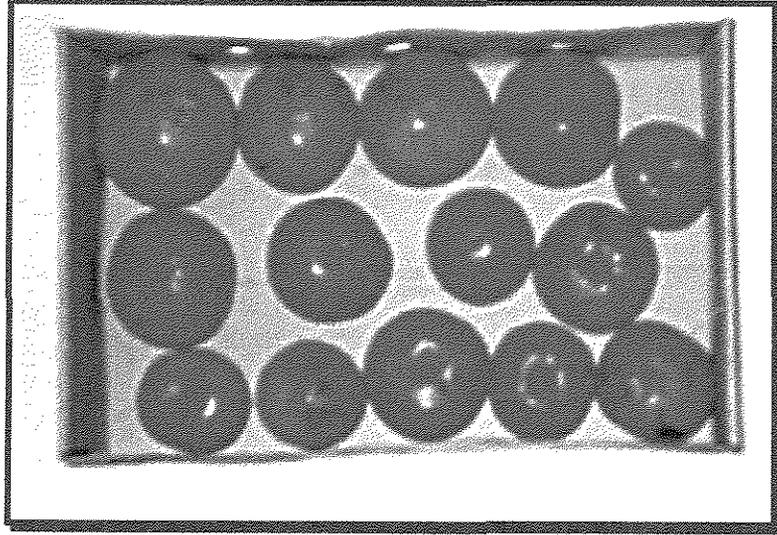


Figura 35. Frutos de caqui "Fuyu", Índice 2, CR, 19 dias após a colheita.

5. CONCLUSÕES

- O comportamento pós-colheita do caqui 'Fuyu' é influenciado pelas condições ambientais de armazenagem (temperatura e UR) e pelo grau de maturidade na hora da colheita.
- A perda de peso traduzida como perda de água do caqui 'Fuyu' mantido a uma mesma condição ambiental não é influenciada pelo ponto de colheita do fruto.
- O valor da relação acidez titulável/sólidos solúveis na qual o caqui 'Fuyu' possui uma condição adequada para consumo "in natura", está em torno de 5, independente do ponto de colheita e condição de conservação.
- O pH apresenta um comportamento de acordo com os valores da acidez titulável, com valores altos quando a acidez diminui e valores baixos quando a acidez aumenta. O caqui 'Fuyu' é classificado como ligeiramente ácido.
- Independente do ponto de colheita e das condições de conservação dos frutos de caqui 'Fuyu', o módulo de elasticidade aparente diminui consideravelmente no período pós-colheita. Porém, quando os frutos são mantidos sob refrigeração a resistência mecânica à compressão é mantida.
- O caqui 'Fuyu' apresenta comportamento respiratório característico de fruto climatérico.
- O pico de evolução de etileno coincide com o pico climatérico.
- Foi verificada uma forte correlação linear entre a perda de peso e o módulo de elasticidade (indicativo de firmeza) nos frutos de caqui estocados com diferentes pontos de colheita e condições de conservação.

- No geral o caqui exibe correlação similar explicada por modelos similares, entre dois parâmetros, independente do ponto de colheita e das condições de conservação. A mudança de um determinado parâmetro ou entre dois parâmetros na etapa pós-colheita são similares, o que diferencia é o tempo necessário em sofrer essas mudanças, influenciado pelo estágio de maturação e as condições de armazenagem.
- Os frutos de caqui com índice 1 de colheita destaca-se devido ao prolongamento da vida prateleira, quando mantidos sob refrigeração não atingiram uma maturidade completa.
- Com base na análise e discussão das características físicas e químicas, pode-se estimar os períodos de aceitação para consumo “in natura” do caqui ‘Fuyu’, para cada um dos tratamentos avaliados, conforme discriminado na Tabela 1:

Tabela 1. Período adequado para consumo “in natura” do caqui ‘Fuyu’ e valores dos parâmetros em cada tratamento.

Parâmetro	Índice 1, SR	Índice 2, SR	Índice 1, CR	Índice 2, CR
Dias após a colheita	15	11	27	19
Perda de peso (%)	7,4	4,8	5,0	4,7
Açúcares redutores (%)	16,0	19,0	13,7	19,5
Açúcares totais (%)	16,0	19,0	13,7	20,6
Açúcares não redutores (%)	0,0	0,0	0,0	1,1
* Acidez titulável / sólidos solúveis	4,7	4,8	4,9	4,4
pH	5,8	5,8	6,2	5,9
Módulo de elasticidade (kPa)	2.399,4	1.216,4	2.378,7	1.356,3

* Acidez titulável em mg/100g e sólidos solúveis em °Brix.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, S.T. Growth parameters of mungbean (*Vigna radiata L. wilczek*) sprouts during production. In: **Effects of calcium nutrition and atmospheric carbon dioxide, oxigen, and ethylene on the growth and quality of mungbean (*Vigna radiata L. Wilczek*) sprouts**. Ames, Iowa: The Iowa State University, 1985. Section II, p 24-25.(Tese de Doutoramento).
- AOAC: **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington, Virginia, USA: 16 ed. 1995. v. II.
- ASAE STANDARDS: ASAE S368.2:Compression test of food materials of convex shape. ASAE STANDARDS. p. 452-456, St. Joseph. MI,36:1993.
- ASRHAЕ. Methods of precooling fruits, vegetables and ornamentals. In: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **Refrigeration systems and applications handbook**. Inc. Atlanta, Georgia: 1986. Cap. 11.
- ASSAF, K., ASSAF, S. **Handbook of mathematical calculations**. Ames, Iowa: The Iowa State University, 1974. p. 102 - 104.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. p. 84-87.
- BHATTACHARYYA, G. K., JOHNSON, R. A. **Statistical concepts and methods**. New York: John Wiley & Sons, 1977. 639p.
- BLEINROTH, E.W. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. Campinas: ITAL, 1988. p. 1-200, (Manual Técnico).

- CHACE, W., PANTASTICO, Er. B. Principles of transport and commercial transport operation. In: PANTASTICO, Er. B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport: AVI, 1975. Cap. 20, p. 445-466.
- CHITARRA, M.I.F., CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.
- FINNEY, E.E., Jr. Elementary concepts of rheology relevant to food texture studies. In: Kramer A. and Szczesniak A.S. **Texture measurement of foods**. Dordrecht: D. Reidel, 1973.
- FRASER, H.W. **Forced-air cooling of fresh Ontario fruits and vegetables**. Toronto, Ontario: Ministry of Agriculture and Food. 1991.
- GONÇALVES, L.A.G. **Contribuição à determinação estequiométrica de açúcares redutores**. Campinas: FEQ/UNICAMP, 1988. 116p. (Tese de Doutorado).
- GRIFFIN, J.H., KERTESZ, Z.I. Changes which occur in apple tissue upon treatment with various agents and their relation to the natural mechanism of softening during maturation, 1946. In: MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**. Structure, physical characteristics and mechanical properties. New York: 2.ed. 1986.
- HULME, A.C. The biochemistry of fruits and their products. **Food Science and Technology**, Norwich: 1971. v.2. Cap. 8. p.281-301.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo. Campinas: 2.ed, 1980. p.50-51.
- ITO, S. Bulletin horticultural research State Japan. Série B, 1962, n.1. In: HULME, A.C. The biochemistry of fruits and their products. **Food Science and Technology**, Norwich: 1971. v.2, Cap. 8. p.281-301.

- KADER, A.A. Postharvest biology and technology: an overview. **Postharvest technology of horticultural crops**. California, USA: University of California, 2ed, 1992. Publication 3311. 269 p.
- KAKIUCHI, N., ITO, S. Dados sem publicação. 1968. In: HULME, A.C. The biochemistry of fruits and their products. **Food Science and Technology**, Norwich: 1971. v.2, Cap. 8. p.281-301.
- KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: University of Georgia, Athens, AVI Book, 1991. Cap. 3-5, p. 75-333.
- KOSMA, A, CUNNINGHAM, H. Tables for calculating the compressive surface stresses and deflections in the contact of two solid elastic bodies whose principle planes of curvature do not coincide, 1962. In: MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**: Structure, physical characteristics and mechanical properties. New York. 2.ed. 1986.
- LEWIS, M. J. **Physical properties of foods and food processing systems**. Chichester, England: Ellis Horwood Series, 1987.
- MATZ, S.A. **Food texture**. London, England: Stationer's Hall, 1962. 286p.
- MANUAL TÉCNICO DAS CULTURAS. Campinas: Departamento de Extensão Rural. Centro de Adaptação e Transferência de Tecnologia da Produção Vegetal, CATI/DEXTRU/CTPV. 1986. p.184-186.
- MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**: Structure, physical characteristics and mechanical properties. New York: 2.ed. 1986.
- PEARSON, D. **Técnicas de laboratório para el análisis de alimentos**. Zaragoza-España: Acribia S.A, 1986. 331p.

- PENTEADO, S.R. **Fruticultura de clima temperado em São Paulo**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.157-173.
- REID, M.S **Postharvest Handling Systems: Ornamental Crops. Postharvest Technology of Horticultural Crops**. Oakland, California: University of California, 1992, p. 201-209.
- SALUNKE, D.K., DESAI, B.B. **Postharvest biotechnology of fruits**. Florida: 1984. v.II, p.105-109.
- SARATÓPOULUS, C.I.G.L., SOLER, R.M. Embalagem com AM/AC. In: **Novas tecnologias de acondicionamento de alimentos**. Campinas: ITAL/SBCTA, 1988, p. 105-140.
- SARRIA, S.D., HONÓRIO, S.L. Caracterização física do caqui (*Diospyros kaki*), para dois pontos de colheita. In: CONBEA, Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Campina Grande – PB: 26, 1997.
- TIMOSHENKO, S.P., GODDIER, J.N. **Teoria de la elasticidad**. Bilbao, España: 3ed, 1968.
- VÉLEZ PASOS, C.A **Análise do comportamento mecânico de laranjas à granel mediante modelo de elementos finitos**. Campinas: FEAGRI/UNICAMP, 1987. 89p. (Tese de Mestrado).
- XUE, Y.; KUBO, Y. ; INABA, A. ; NAKAMURA, R. Effects of humidity on ripening and texture in banana fruit. **Food Science and Technology Abstracts**. June/1996.

7. ANEXOS

Apêndice I. Tabelas

Em todas as tabelas observam-se os modelos de melhor ajuste e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 2. Modelos de ajuste e R^2 , na perda de peso (%) do caqui - 'Fuyu', em cada um dos tratamentos.

Tratamento	Modelo
Frutos com Índice 1, SR	$y = 1,1841x - 1,7852$ $R^2 = 0,9937$
Frutos com Índice 1, CR	$y = 0,3664x - 0,0676$ $R^2 = 0,9967$
Frutos com Índice 2, SR	$y = 1,11x - 1,4377$ $R^2 = 0,9939$
Frutos com Índice 2, CR	$y = 0,4957x - 0,1973$ $R^2 = 0,9948$

Tabela 3. Modelos de ajuste e R^2 , na relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável.

Tratamento	Modelo
Frutos com Índice 1, SR	$y = 0,0002x^3 - 0,0586x^2 + 6,4063x - 210,4$ $R^2 = 0,2174$
Frutos com Índice 1, CR	$y = 4E-05x^3 - 0,0127x^2 + 1,2523x - 22,941$ $R^2 = 0,3738$
Frutos com Índice 2, SR	$y = 0,0006x^3 - 0,2193x^2 + 26,292x - 1021,1$ $R^2 = 0,7758$

Tabela 4. Modelos de ajuste e R^2 , na relação entre os açúcares totais e os sólidos solúveis.

Tratamento	Modelo
Frutos com Índice 1, SR	$y = -0,2129x^3 + 11,396x^2 - 201,43x + 1188,8$ $R^2 = 0,6775$
Frutos com Índice 1, CR	$y = 0,5568x + 4,1642$ $R^2 = 0,4774$
Frutos com Índice 2, SR	$y = 0,0129x^3 - 0,9922x^2 + 25,327x - 194,95$ $R^2 = 0,8059$

Tabela 5. Modelos de ajuste e R^2 , na relação entre pH e a acidez titulável.

Tratamento	Modelo
Frutos com Índice 1, SR	$y = 17315x^2 - 200203x + 578808$ $R^2 = 0,2238$
Frutos com Índice 1, CR	$y = -177,67x^2 + 2024x - 5625,6$ $R^2 = 0,4042$
Frutos com Índice 2, SR	$y = 3942,1x^2 - 45578x + 131850$ $R^2 = 0,1426$

Tabela 6. Modelos de ajuste e R^2 , na relação entre o módulo de elasticidade e a perda de peso.

Tratamento	Modelo
Frutos com Índice 1, SR	$y = -66,991x + 3700,7$ $R^2 = 0,9478$
Frutos com Índice 1, CR	$y = -303,58x + 3985,2$ $R^2 = 0,685$
Frutos com Índice 2, SR	$y = -142,37x + 1928,7$ $R^2 = 0,9221$

Tabela 7. Modelos de ajuste e R^2 , na relação entre o módulo de elasticidade e os açúcares totais.

Tratamento	Modelo
Frutos com Índice 1, SR	$y = -8,7345x^2 + 192,12x + 2573,4$ $R^2 = 0,6423$
Frutos com Índice 1, CR	$y = -134,02x^3 + 4799,4x^2 - 57292x + 231613$ $R^2 = 0,4901$
Frutos com Índice 2, SR	$y = 89,613x^2 - 2913,5x + 25030$ $R^2 = 1$

Tabela 8. Modelos de ajuste e R^2 , na relação entre acidez titulável/SS e os açúcares totais.

Tratamento	Modelo
Frutos com Índice 1, SR	$y = 0,0548x^4 - 3,0158x^3 + 61,691x^2 - 556,01x + 1871,6$ $R^2 = 0,6683$
Frutos com Índice 1, CR	$y = -1,2499x^4 + 63,657x^3 - 1213,7x^2 + 10266x - 32491$ $R^2 = 0,5345$
Frutos com Índice 2, SR	$y = -0,1549x^4 + 10,292x^3 - 255,65x^2 + 2814,1x - 11575$ $R^2 = 0,9886$