

RESUMO

A fisiologia pós-colheita de produtos vegetais tem decisiva influência nos processos metabólicos e na conservação destes produtos, relacionados com a qualidade para consumo "in natura" ou industrial.

As transformações fisiológicas e bioquímicas que se verificam após a colheita e durante o metabolismo de maturação, como a respiração, as variações de sólidos solúveis, acidez e algumas modificações físicas, como perda e peso específico, ocorridas em tomate, pepino, chuchu, abobrinha e beringela, foram estudadas neste trabalho. Os efeitos dos fatores externos como a temperatura e a umidade relativa, relacionados com a conservação dos produtos estudados, foram considerados durante o desenvolvimento da pesquisa. A temperatura ambiente variou de 25 a 28°C e a umidade relativa de 65 a 70%. Para as condições controladas, as variações de temperatura foram de 8 a 13°C, de acordo com a espécie vegetal estudada, tendo a umidade relativa permanecido constante em torno de 85-90%.

Os resultados demonstraram que, nas condições controladas de baixa temperatura e elevada umidade relativa, o tempo de conservação de todos os produtos estudados foi prolongado de mais que o dobro, quando comparado com as condições ambientais. Os teores de sólidos solúveis aumentaram durante o metabolismo pós-colheita, enquanto que a acidez diminuiu. A perda de peso nas condições ambientais foi maior para todos os produtos considerados.

SUMMARY

The post-harvesting physiology of vegetables has decisive influence on the metabolic processes and on the conservation of these products related to their qualities for consumption "in natura" or industrial processing.

The biological and biochemical transformations have already been verified after harvesting. During the maturation metabolism, such as respiration, the variations of soluble solids, acidity and some physical modifications as loss of weight and specific weight, occurring in tomatoes, cucumbers, chayotes, squashes and eggplants, have been studied in this work. The effects of external factors, such as temperature and relative humidity, related to the conservation of the studied products have been considered during the development of this research. The environmental temperature ranged from 25 to 28°C and the relative humidity from 65 to 70%. For the controlled conditions varied from 8 to 13°C according to the vegetal sample studied,

-
- (*) Departamento de Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola - UNICAMP/FAPESP.
- (**) Departamento de Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola - UNICAMP.

and the relative humidity was maintained constant about 85-90%

The results showed that, at controlled conditions of low temperature and high relative humidity, the period of conservation of all the products was extended to more than two times, when compared to environmental conditions. The contents of soluble solids increased during the post-harvesting metabolism, while the acidity decreased. The loss of weight at environmental conditions was greater for all products studied.

INTRODUÇÃO

As hortaliças sempre tiveram relativa importância na dieta do brasileiro e, ultimamente, seu consumo vem aumentando a níveis significativos no volume de produção. As hortaliças, bem como os perecíveis, são de difícil conservação e estudos vêm sendo realizados, no sentido de aumentar a vida de armazenamento desses perecíveis (AKAMINE e GOO (1973), BIALE (1960), EAKS (1976), HANSEN (1966), KIDD e WEST (1922), KIDD e WEST (1925), KOTOB e SCHWABE (1975), SUBRAMANYAM et alii (1975) e WANG e HANSEN (1970). Porém a maior parte desses estudos está sendo realizada nos E.U.A. e Europa e nem sempre os resultados obtidos podem ser aplicados às condições tropicais, devido a diversos fatores, principalmente ligados ao comportamento das variedades. Esse trabalho visa preencher a lacuna existente no estudo de hortaliças tropicais brasileiras, principalmente as cultivadas no Estado de São Paulo.

Após a colheita, muitos são os fenômenos fisiológicos que ocorrem durante o metabolismo dos produtos vegetais, destacando-se, entre eles, a respiração. Desde os trabalhos de KIDD e WEST (1922), que os estudos sobre respiração ganharam importância e foram considerados básicos para o armazenamento de produtos perecíveis.

O tempo de conservação das hortaliças, durante o armazenamento, está intimamente relacionado com a respiração, quanto a esta as hortaliças podem ser classificadas em climatéricas e não climatéricas. Durante o fenômeno existe desprendimento de energia, na forma de calor, ocasionando elevação de temperatura. O emprego de baixas temperaturas, na conservação de hortaliças, reduz a respiração e prolonga a vida de armazenamento. Os cálculos para a quantidade de frio necessário para controlar os efeitos prejudiciais do aumento de temperatura e, provocar a redução da taxa respiratória, são baseados nos dados de respiração - AKAMINE e GOO (1973), BIALE (1960), DUCKWORTH (1968), HANSEN (1966), HULME (em 1971) e PANTASTICO (1975).

Várias transformações fisiológicas e bioquímicas ocorrem concomitantemente à respiração, tais como: perda de peso, variação de peso específico, pH, acidez e sólidos solúveis; o presente trabalho relaciona estas transformações com a respiração. Devido à importância da temperatura na respiração, esse estudo foi feito em duas temperaturas: ambiente e controlada (entre 8 e 13°C; dependendo da hortaliça em questão), LUTZ e HANDERBURG (1968).

MATERIAL E MÉTODO

Material:

Hortaliças

Tomate
Abobrinha
Beringela
Pepino
Chuchu

Lycopersicum esculentum, Mill
Cucurbita maxima, Duch
Solanum melongena, L
Cucumis sativus, L
Sechium edule

Equipamentos

Respirômetro: aparelho utilizado para determinar a respiração das hortaliças durante a maturação; consta, em princípio, de uma caixa metálica, contendo galvanômetros, bomba de ar e acessórios, que avaliam as deflexões de dióxido de

carbono (CO₂) e oxigênio (O₂), contidos na amostra de ar previamente preparada (ROCHA, 1976).

Outros equipamentos: geladeira (com temperatura e umidade controladas) balanças analítica e semi-analítica, termohigrógrafo, potenciómetro, refratômetro e demais materiais de laboratório.

Métodos:

As amostras foram selecionadas quanto às características morfológicas de cor, tamanho e estado fitossanitário, formando-se, assim, amostras uniformes para as diversas determinações. O número de indivíduos que constituíram os lotes para as determinações dependeu do tipo da hortaliça estudada.

Respiração:

Para a respiração foram formados 6 lotes de cada hortaliça considerada, 3 para cada temperatura, sendo temperatura ambiente (UR 65%) e entre 8-13°C (UR 85-90%).

Os resultados foram avaliados em função da média.

Peso e Peso Específico:

As determinações de peso e peso específico foram realizadas diariamente com 2 lotes de cada hortaliça em questão, um para cada temperatura. O peso específico real foi determinado pelo princípio de Arquimedes, baseando-se no deslocamento de água quando a hortaliça é imersa, sem tocar as paredes do recipiente.

Análises Químicas:

As análises químicas de pH, acidez titulável e sólidos solúveis foram feitas em dias alternados durante o experimento, tendo 1 lote para cada temperatura. A amostra era homogeneizada em liquidificador com H₂O destilada, utilizando-se 100g de hortaliça e 100 ml de H₂O, após a homogeneização, procedia-se à filtração a vácuo. Esse filtrado era utilizado para as análises consideradas logo acima.

Os sólidos solúveis da polpa foram determinados pelo refratômetro, enquanto que o pH pelo potenciómetro.

A acidez titulável foi determinada por titulação com NaOH 0,1N potenciométricamente até pH 8,2, sendo expressa em % do ácido de maior quantidade presente em cada hortaliça estudada (JOSLYN, 1970).

Umidade:

A umidade foi determinada utilizando-se uma amostra de 10 g para cada hortaliça. As amostras foram colocadas em estufa elétrica a 110°C à pressão atmosférica, sendo pesadas de hora em hora até se obter peso constante.

CÁLCULOS

Respiração:

Os cálculos de respiração, expressa em mgCO₂/Kg/h, foram feitos utilizando-se a fórmula:

$$\text{mgCO}_2/\text{Kg/h} = \frac{\text{vazão de O}_2 \left(\frac{\text{l}}{\text{min}}\right) \times 60 \left(\frac{\text{min}}{\text{h}}\right) \times 1,9766 \left(\frac{\text{mg}}{\text{ml}}\right) \times 1000 \left(\frac{\text{ml}}{\text{l}}\right)}{\text{peso da matéria seca (Kg)}}$$

onde:

$$\text{Vazão de O}_2 = \text{Fluxo de ar corrigido (l/min)} \times \Delta \text{O}_2/100 \times \mu$$

(dado pelo aparelho)

$$\text{Fluxo de ar corrigido} = 0,77 \text{ l/min}$$

$$\Delta \text{O}_2 = \frac{\text{Deflexão de O}_2 \text{ (mm)} \times \text{Constante de O}_2 \text{ (% O}_2/\text{mm)}}{\text{Constante de O}_2 = \text{valor obtido pelo catálogo do equipamento, função da temperatura.}}$$

μ = valor obtido em função da temperatura e pressão barométrica, lidas na hora da determinação.

1,9766 mg/ml = densidade de CO₂

Nota: Foi utilizada deflexão de O₂ em vez de CO₂ por ser medida mais precisa pelo equipamento, levando-se em conta que, segundo a equação de respiração, o volume de O₂ gasto é igual ao volume de CO₂ produzido (ROCHA, 1976).

Acidez Titulável:

Uma das maneiras de se expressar acidez titulável é através da % de ácido do presente, que obedece à seguinte fórmula:

$$\% \text{ ácido} = \frac{\text{ml NaOH} \times 10^{-3} \text{ (l/ml)} \times \text{N (eq/l)} \times \text{E g/eq}}{\text{peso da amostra (g)}} \times 100$$

onde:

N = Normalidade do NaOH (0, 1N)

E = Equivalente do ácido presente em maior quantidade

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 apresenta os principais dados obtidos para as diversas hortaliças estudadas.

QUADRO 1 - PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS PARA AS DIVERSAS HORTALIÇAS ESTUDADAS

ESTOCAGEM				CARACTERÍSTICAS							Umidade prod. %
HORTALIÇA	TEMPERATURA °C	UMID. REL. %	TEMPO DIAS	TAXA RESP. MAX. mgCO ₂ /kg/h	TAXA RESP. MIN. mg CO ₂ /kg/h	pH MÉDIO	ACIDEZ MAX. % de Ac	SÓLIDOS SOL. MAX. - %	PERDA DE PESO (%) 5º Dia	Final	
abobrinha	10	85 - 90	22	1450	180	6,25	0,134 M	10,000	5,27	24,50	
beringela	10	85 - 90	23	1000	100	5,20	0,194 M	4,230	2,03	12,90	
chuchu ..	8 - 9	85 - 90	22	750	50	6,72	0,083 M	4,795	4,63	36,17	
pepino ..	10 - 13	85 - 90	16	900	180	5,64	0,078 M	3,990	8,75	31,03	
tomate ..	10	85 - 90	28	420	150	4,80	0,441 C	4,065	0,73	14,75	
abobrinha	25 - 30	65 - 70	10	3750	1500	6,20	0,154 M	4,580	9,79	28,04	97,6
beringela	25 - 30	65 - 70	10	1100	350	5,40	0,221 M	4,980	6,25	12,33	93,7
chuchu ..	25 - 30	65 - 70	8	1850	300	6,50	0,040 M	5,795	9,60	20,75	92,5
pepino ..	25 - 30	65 - 70	6	1850	800	5,60	0,113 M	4,690	11,36	14,90	95,8
tomate ..	25 - 30	65 - 70	15	750	270	4,65	0,411 C	3,720	3,28	30,65	90,0

M = Ácido Málico
C = Ácido Cítrico

Respiração:

A temperatura ambiente (Figura 1) mostra que, com exceção da abobrinha, todas as hortaliças se encontram com seus valores máximos menores ou próximos a 1750 mg CO₂/Kg/h, enquanto que a abobrinha tem suas taxas respiratórias entre 1500 e 3750 mg CO₂/Kg/g. Ainda se verifica uma outra subdivisão, que seria tomate e beringela, com variações entre 250 e 1000 mgCO₂/Kg/h. Todas essas observações não têm, porém, relação com o fato da hortaliça ser climatérica ou não, pois segundo o presente estudo, pode-se considerar abobrinha e beringela como não climatéricas, enquanto que pepino e chuchu, como climatéricas, sendo os pontos climatéricos: 2º dia para tomate e pepino e indefinido para chuchu, devido ao aparecimento de fungos.

A temperatura controlada (Figura 2) observa-se a existência de 3 grupos distintos: tomate e chuchu com taxas respiratórias entre 50 e 750 mg CO₂/Kg/h; e pepino e beringela com taxas entre 100 e 1000 mg CO₂/Kg/h e abobrinha com taxa respiratória entre 200 e 1500 mg CO₂/Kg/h. Observa-se, também, que as hortaliças consideradas climatéricas no presente trabalho apresentam uma diminuição da taxa respiratória depois do climatérico (9º dia para pepino e chuchu e 14º dia para tomate) até o final do experimento, enquanto que a abobrinha e beringela foram consideradas não climatéricas, apresentam um aumento da taxa respiratória a partir do 14º dia aproximadamente, até o último dia de determinação experimental.

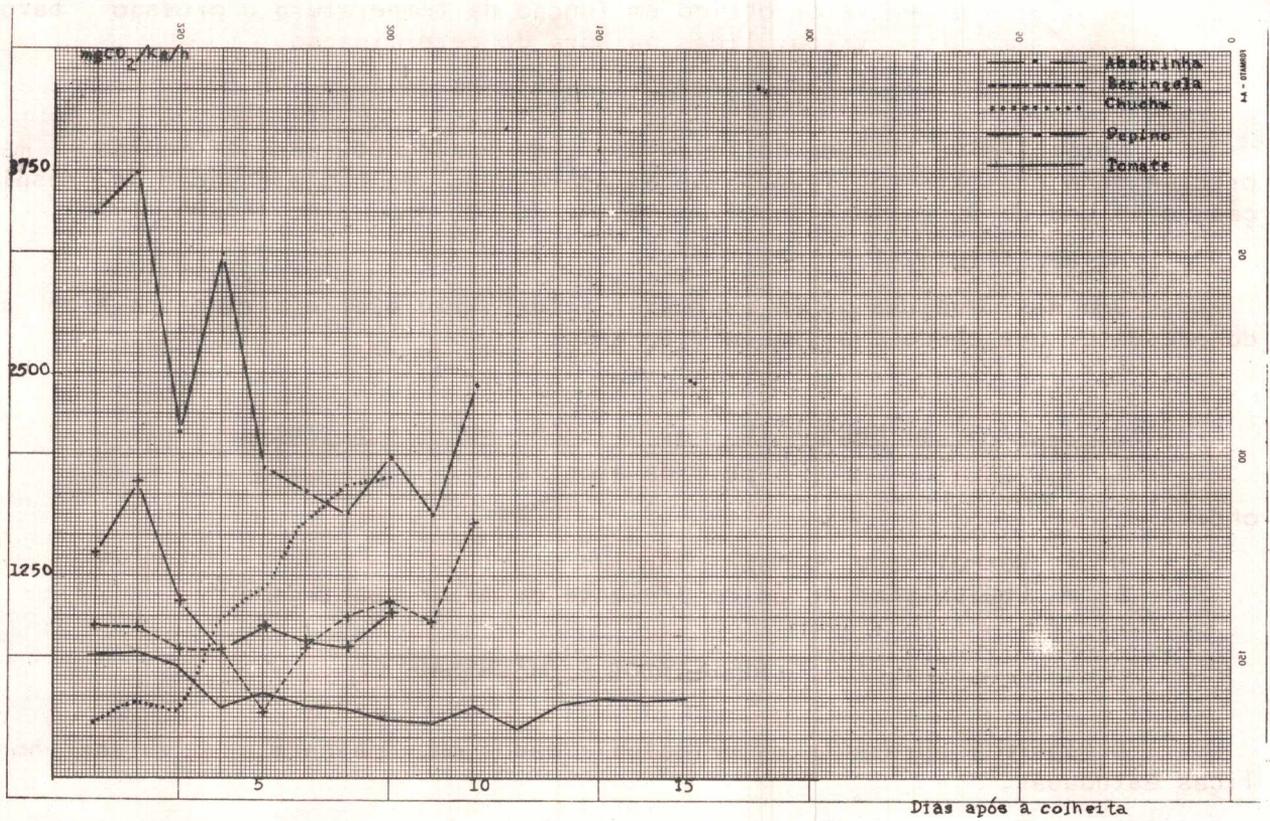


FIGURA 1 - Variações médias de respiração das hortaliças estudadas à temperatura ambiente.

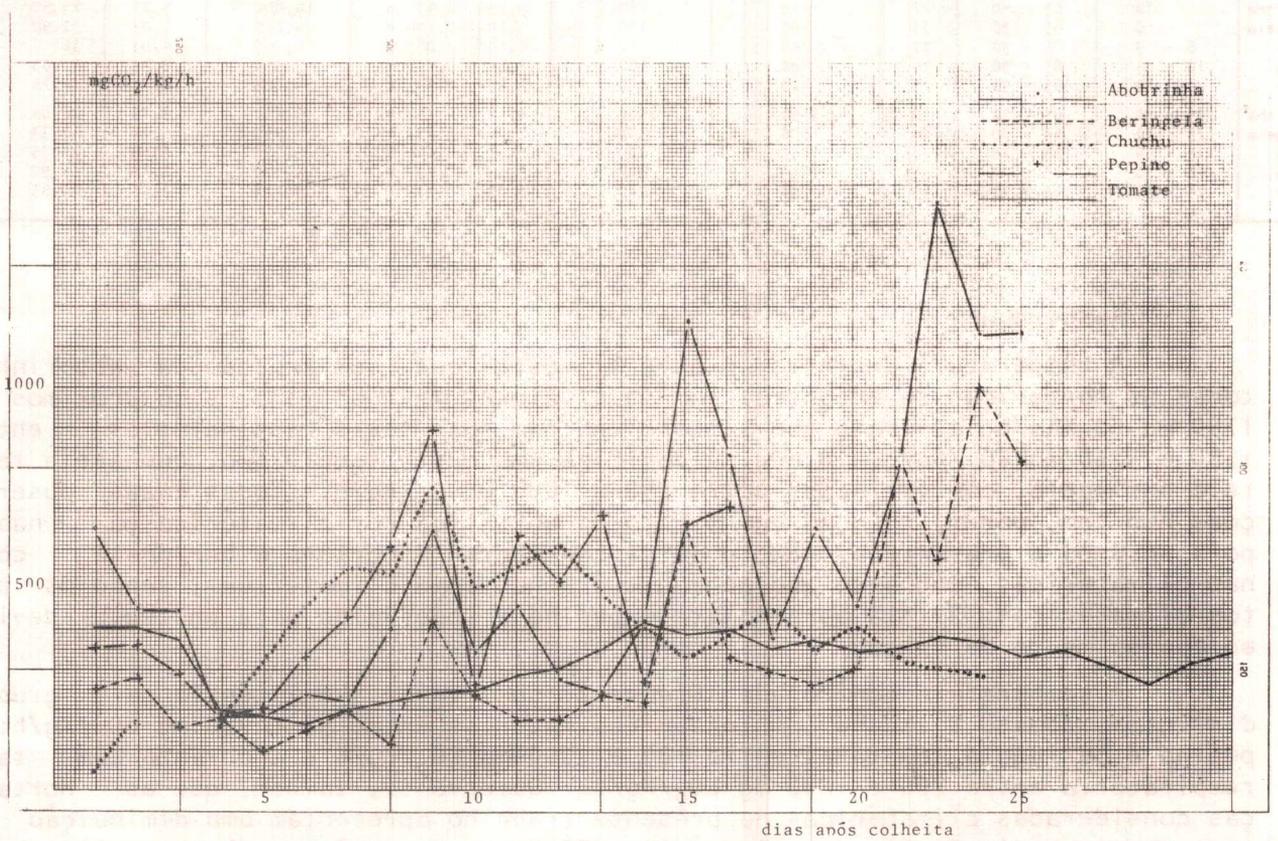


FIGURA 2 - Variações médias de respiração das hortaliças estudadas à temperatura controlada.

Essa observação é válida também para temperatura ambiente, com exceção de chuchu onde, como citado anteriormente, houve aparecimento de fungos; nessa temperatura o aumento de taxa respiratória para as hortaliças não climatéricas iniciou a partir do 5º dia. Ainda à temperatura controlada, observa-se que de maneira geral, as hortaliças diminuem suas taxas respiratórias nos primeiros 4 dias para, depois, aumentar; isto pode ser explicado devido à ambientação das hortaliças numa temperatura mais baixa do que a de seu ambiente de origem.

Peso e Peso Específico:

Na Figura 3 (temperatura ambiente) observa-se que até o 5º dia, a ordem crescente de perda de peso foi: tomate, beringela, chuchu, abobrinha e pepino nos últimos dias, tem-se que beringela perde menos que tomate e abobrinha menos que chuchu.

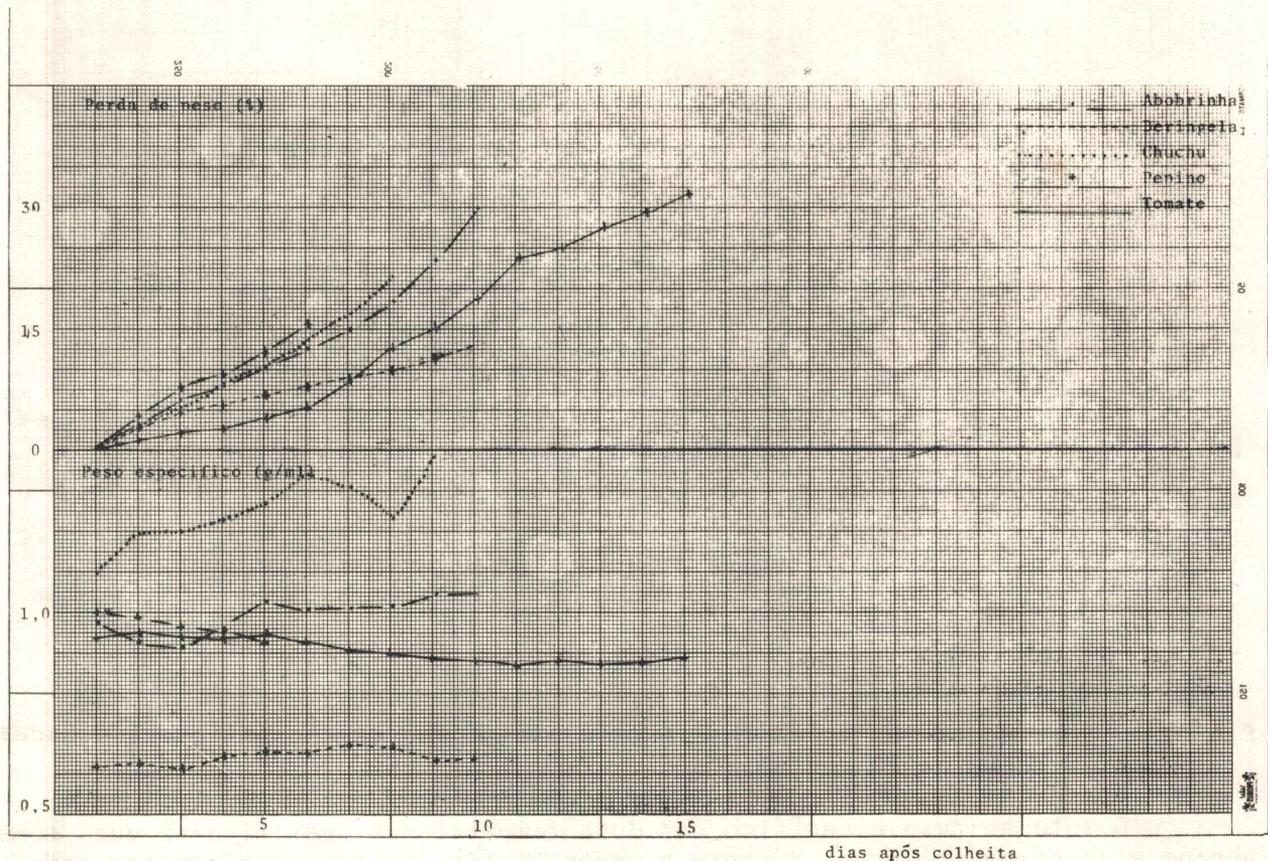


FIGURA 3 - Variações médias de peso e peso específico das hortaliças estudadas, à temperatura ambiente.

A temperatura de refrigeração (Figura 4) a ordem crescente de perda de peso até o 10º dia foi: tomate, beringela, chuchu, abobrinha e pepino; a partir desse dia abobrinha perde menos que chuchu.

A perda de peso, além de estar relacionada com a taxa respiratória, está relacionada, também, com a impermeabilidade da casca de cada hortaliça; tanto beringela como tomate possuem cascas altamente impermeáveis, enquanto que as outras hortaliças possuem cascas mais porosas, a porosidade independe da espessura pois o chuchu, que possui casca mais espessa, teve uma das maiores taxas de perda de peso. A maior porosidade permite uma maior perda de água por transpiração e conseqüente perda de peso. Em qualquer uma das hortaliças estudadas foi verificada maior perda de peso à temperatura ambiente do que à temperatura de refrigeração, isto pode ser explicado se levarmos em conta que, durante a respiração, há produção de energia com elevação da temperatura, para poder manter o equilíbrio térmico as hortaliças perdem água e, conseqüentemente, peso; portanto, ao se diminuir a taxa respiratória (temperatura de refrigeração), diminuiu-se também a perda de peso.

O fator predominante da redução de perda de peso a 10°C é a umidade relativa controlada (85 - 90%) pois a causa imediata da perda de água e portanto peso, é devido a um gradiente de pressão de vapor de água entre a atmosfera externa e interna próxima à superfície do produto. Como a atmosfera interna se encontra normalmente saturada, ao se controlar a umidade relativa a 85 - 90% diminuiu-se sensivelmente a perda de peso, DUCKWORTH (1968).

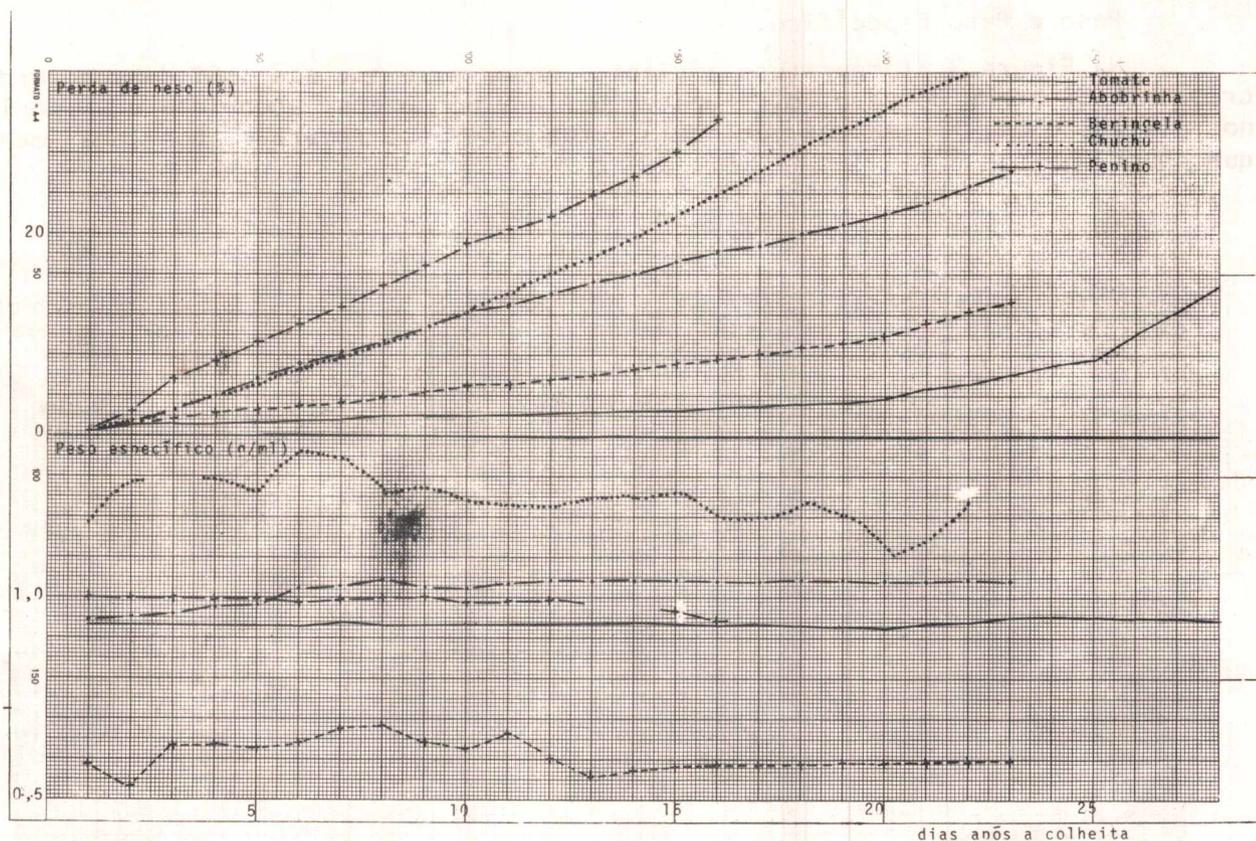


FIGURA 4 - Variações médias de peso a peso específico das hortaliças estudadas, à temperatura controlada.

Quanto ao peso específico nas duas temperaturas, verifica-se que tomate pepino e abobrinha tiveram, durante o experimento, valores praticamente constantes entre 0,9 e 1,0 g/ml; enquanto que chuchu e beringela tiveram variações maiores, o primeiro entre 1,1 e 1,4 g/ml e o segundo entre 0,5 e 0,7 g/ml.

A variação do peso específico tão acentuada para beringela e chuchu em comparação às outras hortaliças, deve-se ao fato de uma maior diminuição no volume, independente da perda de peso. A variação do volume foi pequena e praticamente a mesma para tomate, pepino e abobrinha, sendo maior para a beringela e bem bem maior para chuchu; pode-se concluir, então, que a variação de volume sendo maior que a variação de peso, concorre para uma maior variação de peso específico.

Análises Químicas:

Quanto à acidez (Figuras 5 e 6) tem-se dois grupos de variações: de 0 a 0,2% para chuchu, abobrinha, pepino e beringela, e de 0,2 a 0,4% para tomate. O ácido mais comum presente no primeiro grupo é o ácido málico (DAVIES e KEMPTON 1976) e JOSLYN (1970) e, no segundo grupo, é o ácido cítrico (JOSLYN, 1970); isto pode ser a explicação para a variação observada, pois o ácido cítrico possui constantes de ionização maiores que as do ácido málico, ou seja, é um ácido um pouco mais forte que o ácido málico; assim sendo, durante a titulação se gasta mais base para neutralizá-lo, como a acidez é calculada em função do número de equivalentes de base gastos, temos, assim, uma maior acidez. A ordem crescente de acidez para as hortaliças estudadas é: chuchu ($\text{pH} = 6,72$), abobrinha ($\text{pH} =$

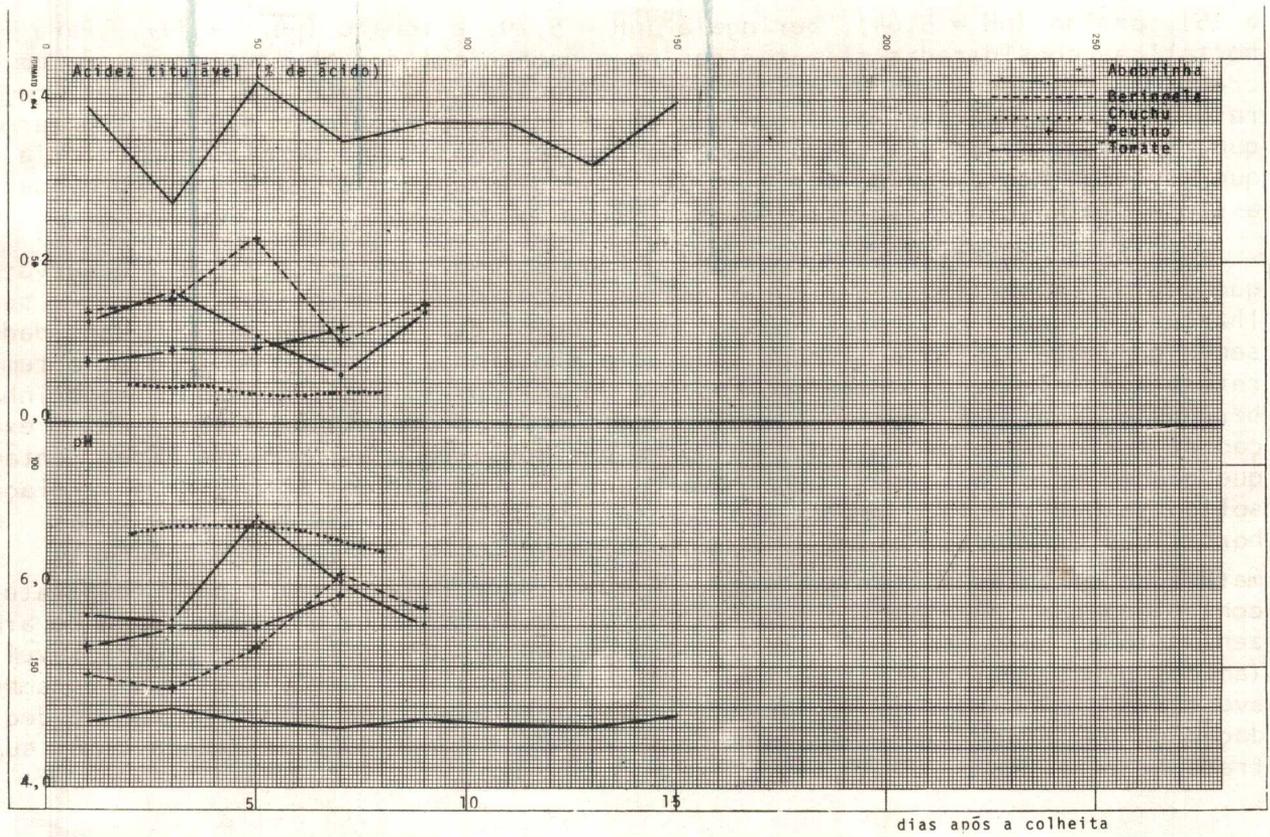


FIGURA 5 - Variações médias de acidez e pH das hortaliças estudadas, à temperatura ambiente.

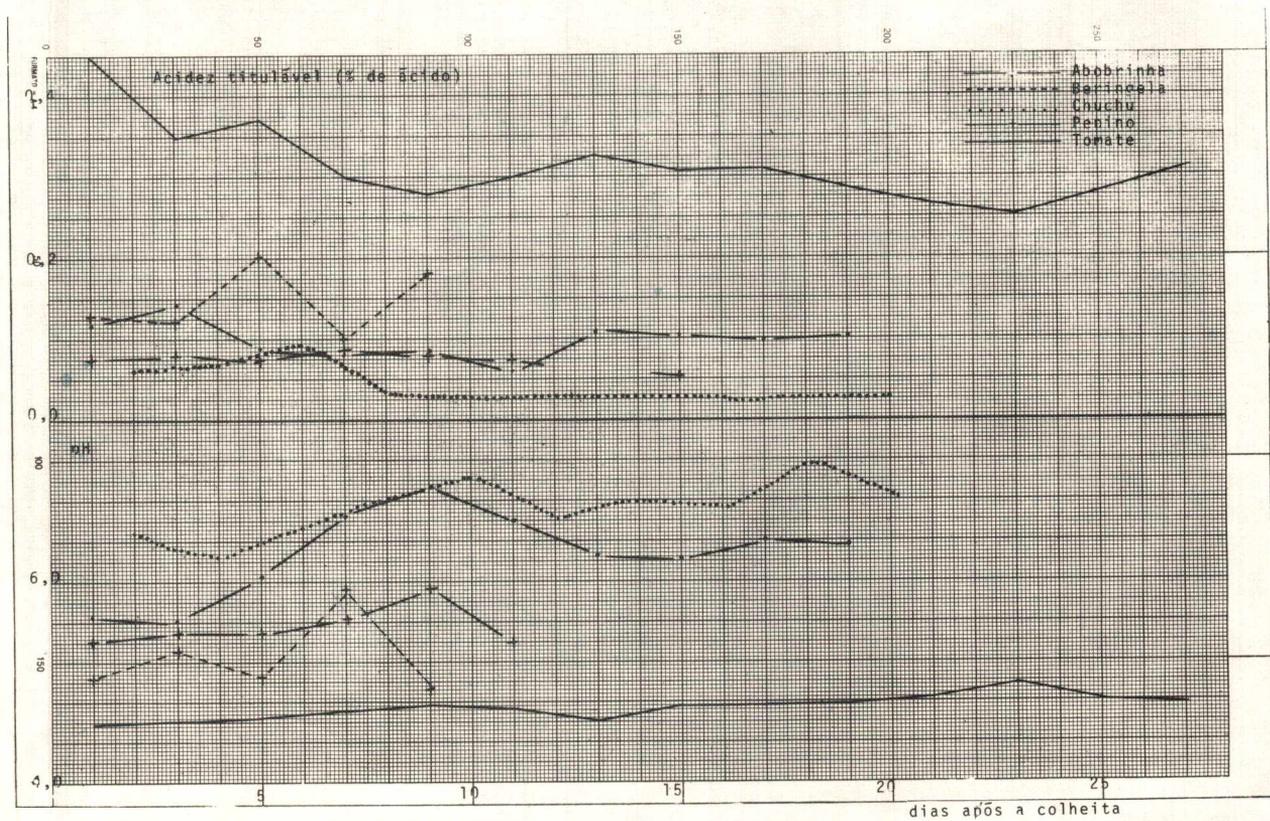


FIGURA 6 - Variações médias de acidez e pH das hortaliças estudadas, à temperatura controlada.

6,25), pepino (pH = 5,64), beringela ($\overline{\text{pH}} = 5,20$) e tomate ($\overline{\text{pH}} = 4,80$). Para as hortaliças consideradas climatéricas no presente estudo, observa-se que há um decréscimo mais acentuado da acidez nas imediações do climatérico, nas duas temperaturas. Este decréscimo, durante o climatérico, é explicado se considerarmos que os ácidos orgânicos também são importantes fontes de energia respiratória e que, eventualmente, podem ter sido utilizados durante o climatérico, provocando assim a diminuição da acidez (HULME, 1971).

Ao se analisar as curvas de sólidos solúveis (Figuras 7 e 8), observa-se que pepino, abobrinha e beringela possuem quantidades de sólidos solúveis semelhantes, enquanto que tomate possui menor quantidade e chuchu maior quantidade, sendo que este último é ultrapassado pela abobrinha, a partir do 7º dia, à temperatura controlada. A ordem decrescente de sólidos solúveis (chuchu, abobrinha, beringela, pepino e tomate) coincide com a ordem crescente de acidez, com exceção de beringela e pepino, que estão em posições trocadas; pode-se dizer, então, que quanto maior a acidez, menor é a quantidade de sólidos solúveis; a relação sólido solúveis/acidez nos dá exatamente isso. Observou-se que, para todas as hortaliças estudadas, houve um aumento sensível de sólidos solúveis durante a maturação em ambas as temperaturas. A quantidade final é maior para temperatura controlada que, para ambiente, isto porque na primeira há um maior tempo de armazenamento e, portanto, maior tempo para degradação dos polissacarídeos solúveis, (amido, protopectina etc.) em mono e dissacarídeos solúveis. Verifica-se também eventuais diminuições de sólidos solúveis, fato explicado pelo fenômeno de degradação de polissacarídeos não suprir, às vezes, a quantidade utilizada como substrato na respiração (HULME, 1971).

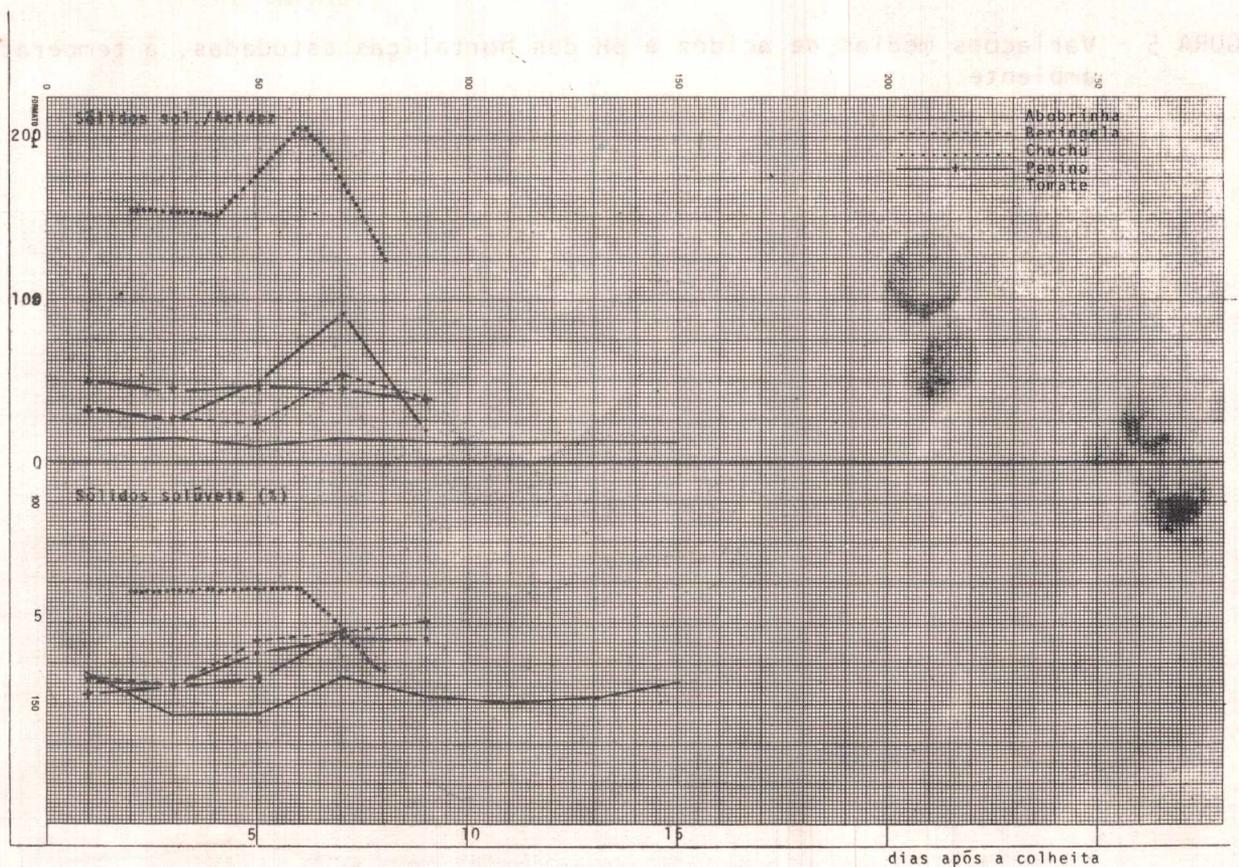


FIGURA 7 - Variações médias de sólidos solúveis e relação sólidos-sol./ acidez, das hortaliças estudadas, à temperatura ambiente.

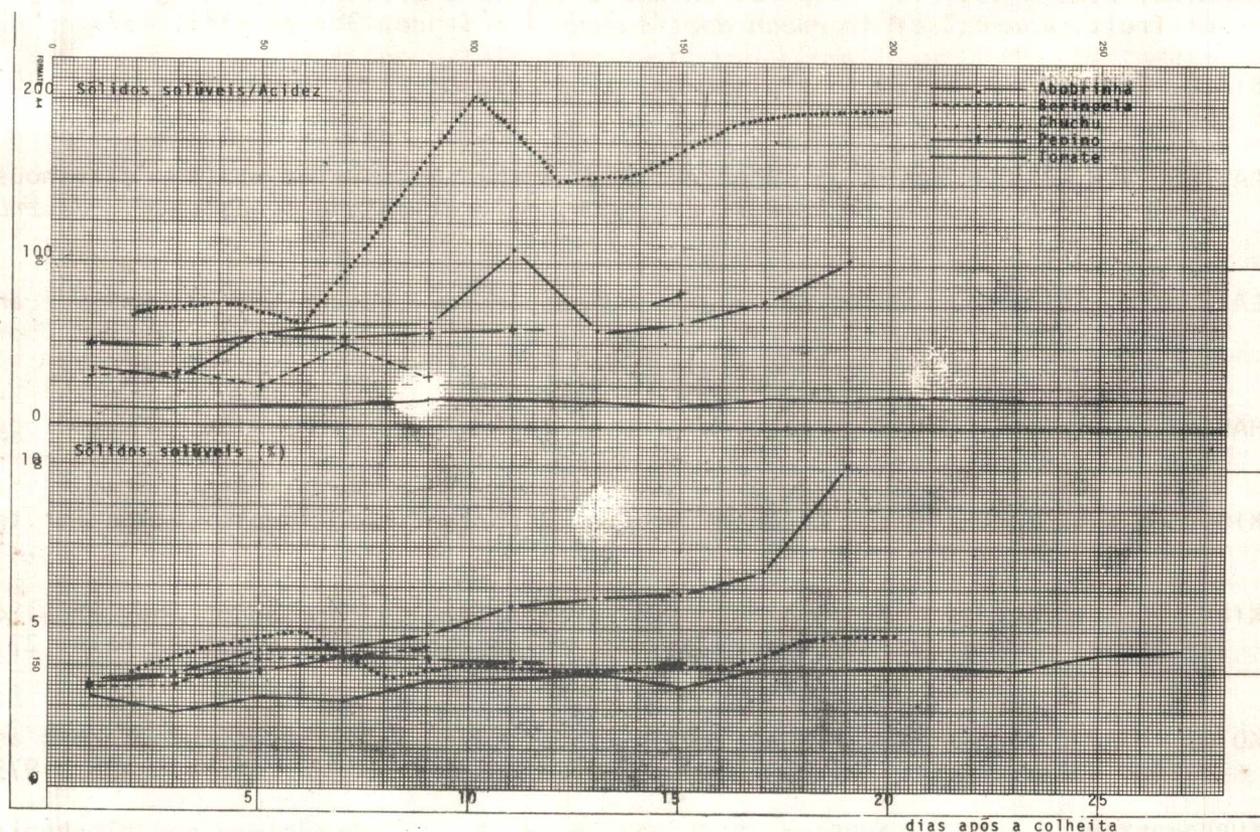


FIGURA 8 - Variações médias de sólidos solúveis e relação sólidos-sol./ acidez, das hortaliças estudadas, à temperatura controlada.

CONCLUSÕES

São hortaliças climatéricas: tomate, pepino e chuchu, devendo ser conservadas a 10°C , $10\text{-}13^{\circ}\text{C}$ e $8\text{-}9^{\circ}\text{C}$, respectivamente, para que possam ter uma maior vida de armazenamento; abaixo dessa temperatura as mesmas sofrem injúrias pelo frio e seu tempo de conservação é diminuído.

As hortaliças não climatéricas (abobrinha e beringela) sofrem um aumento na taxa de respiração durante o armazenamento, enquanto as climatéricas decrescem suas taxas após o climatérico. Há, também, uma diminuição de acidez nas imediações do climatérico.

O valor das taxas respiratórias não é diretamente relacionada com o fato da hortaliça ser ou não climatérica.

As hortaliças cujo ácido orgânica predominante é o málico, são menos ácidas do que as que têm ácido cítrico como predominante.

A variação de peso específico durante a maturação está relacionada mais diretamente com a variação de volume do que de peso.

Quanto maior a taxa respiratória (maior temperatura de conservação) e menor a umidade, maior é a perda de peso.

LITERATURA CITADA

- AKAMINE, E.K. & GOO, T. Respiration and ethylene production during ontogeny of fruit. *Journal of American Horticultural Science*. 98: 381-383. 1973.
- BIALE, J.B. Respiration of fruits. *Encyclopaedia of Plant Physiology*. 12: 536 - 592. 1960.
- DAVIES, J.N. & KEMPTON, R.J. Some changes in the composition of the glasshouse cucumber (*Cucumis sativus*) during growth, maturation and senescence. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 27: 413 - 418. 1976.
- EAKS, I.L. Ripening, chilling injury and respiratory response of "hass" and "fuerte" avocado fruits at 20°C following chilling. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 101: 538 - 540. 1976.
- HANSEN, E. Postharvest physiology of fruits. *Annual Review of Plant Physiology*. 17: 459 - 480. 1966.
- KIDD, F. & WEST, C. Respiration of fruits. Report of food investigation for the year 1924. *Great Britain*. 17 - 25. 1922.
- KIDD, F. & WEST, C. The course of respiratory activity throughout the life of an apple. *Report of food investigation for the year 1924*. Great Britain. 27 - 34. 1925.
- KOTOB, M.A. & SCHWABE, W.W. Respiration rate and activity in parthenocarpic and seeded conference pears. *Journal of Horticultural Science*. 50: 435-445. 1975.
- SUBRAMANYAM, H.; KRISHNAMURTHY, S. & PARPIA, H. A. B. Physiology and biochemistry of mango fruit. *Advances in Food Research*. 21: 223 - 305. 1975.
- WANG, C. Y. & HANSEN, E. Differential response to ethylene in respiration and ripening of immature anjou pears. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 95:314 - 315. 1970.
- DUCKWORT, R.B. Frutas y verduras. 1968. *Editora Acribia*. Zaragoza. 1968.
- HULME, A.C. The biochemistry of fruits and their products. 1971. *Academic Press*. New York. 1971.
- JOSLYN, M.A. Methods in food analysis. 1973. *Academic Press*. New York. 1970.
- LUIZ, M. J. & HANDENBURG, R.E. The commercial storage of fruits, vegetable and florist and nursery stocks. 1968. *United States Department of Agriculture*. Washington. 1968.
- PANTASTICO, E.B. Postharvest physiology handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. 1975. *The AVI publishing Company, Inc*. Westport. 1975.
- ROCHA, J.L.V. Fisiologia de maturação pós-colheita de manga c.v. Haden e goiaba c.v.s. vermelho e branco. Tese (Documento). *Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola*. UNICAMP. Campinas.