

FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA DE HORTALIÇAS

Joston Simão de Assis, Dr.
Embrapa Semi-Árido
Caixa Postal 23, CEP 56300-000 - Petrolina, PE

INTRODUÇÃO

Na agricultura moderna, entende-se que tão importante quanto saber produzir, é saber colher, armazenar, comercializar e transportar os produtos agrícolas. O agricultor moderno sabe que no custo unitário de seu produto, 50% foi investido na fase de produção e 50% na fase de colheita e pós-colheita. Há cada vez mais uma tendência de que esta composição de custo seja modificada, reduzindo-se os investimentos na fase de produção e aumentando-se os investimentos na fase de pós-colheita.

A produção de frutas e hortaliças para abastecimento de um mercado consumidor cada vez mais sofisticado e exigente, impõe a necessidade de uma mão de obra qualificada, com cultura suficiente para entender, adotar e operacionalizar as modernas técnicas de produção, colheita, embalagem, conservação e transporte dos produtos. Isto por que nas quatro últimas décadas, observou-se uma verdadeira evolução no conceito dos consumidores com relação aos alimentos: Nos anos 60 os consumidores buscavam comer mais; nos anos 70 buscava-se alimento saudável que não engordasse; nos anos 80 buscavam alimentos exóticos enquanto hoje, nos anos 90, o que se busca são produtos exóticos e naturais. Para a próxima década já se pode antecipar que os consumidores darão preferência ainda a estes produtos, desde que sua produção seja ecológicamente correta e privilegie a agricultura sustentável, um compromisso da ECO 92.

A fisiologia de pós-colheita é um conjunto de conhecimentos que permitem ao profissional que atua na agricultura, entender e interferir em alguns fenômenos funcionais das plantas ou parte das plantas, de modo a obter produtos de melhor qualidade minimizando as perdas ao longo do processo de produção.

As tecnologias de colheita e pós-colheita, utilizadas para a manipulação dos produtos agrícolas destinados ao consumo "in natura" são, todas elas, desenvolvidas com base em conhecimentos da fisiologia vegetal e da fisiologia dos produtos após a colheita, tendo como objetivo principal manter inalterados, pelo maior espaço de tempo possível seus atributos de qualidade além de contribuir para reduzir as perdas pós-colheita.

No presente trabalho serão discutidos alguns aspectos importantes da fisiologia de pós-colheita, envolvendo desde os conceitos de maturidade do produto até as causas principais da sua deterioração após a colheita.

FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DAS HORTALIÇAS

No grupo dos produtos olerícolas estão incluídos órgãos vegetais tão distintos quanto frutos, flores, raízes, folhas, tubérculos, bulbos, etc. O ciclo vital destes órgãos compreende diferentes etapas do desenvolvimento nas quais ocorrem uma série de alterações morfológicas e bioquímicas que podem ser relacionadas como formação, crescimento, maturação, amadurecimento e senescência (Figura 1). Estas cinco fases são mais apropriadas quando o produto em questão é um fruto. Quando se trata de qualquer outro tipo de órgão vegetal, como por exemplo um ramo (aspargo), uma raiz tuberosa (batata) ou uma inflorescência (brócolis), as etapas de maturação e amadurecimento não podem ser consideradas.

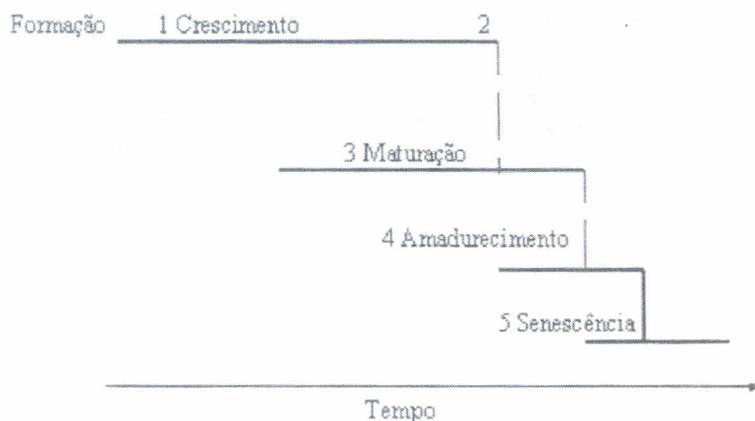


Figura 1. Etapas do ciclo vital de um fruto

Para os frutos, a fase de formação é caracterizada pela fecundação do óvulo e pela formação do embrião e da semente. A formação das outras hortaliças não depende de uma fecundação e sim, por via de regra, de uma alteração morfológica ou fisiológica de alguma estrutura vegetativa.

A fase de crescimento caracteriza-se pelo aumento de número e volume das células e determina o tamanho final do órgão. A maturação inicia-se antes que o crescimento termine e inclui uma série complexa de transformações, que podem variar de acordo com o tipo de fruto, durante a qual observa-se um equilíbrio entre atividades de síntese e de degradação.

Antes mesmo que termine a fase de maturação pode-se observar nos frutos o início da fase de amadurecimento. Alterações da taxa respiratória são parâmetros importantes no início desta fase, que podem ser utilizados para classificar os frutos em dois importantes grupos: os frutos não-climatéricos, cuja atividade respiratória durante a transição da 2ª para a 3ª fase altera-se muito pouco, de modo que o fruto é incapaz de continuar o amadurecimento se for separado da planta; os frutos climatéricos, apresentam um grande incremento da taxa respiratória na transição entre estas fases e se forem separados da planta continuam o processo de amadurecimento.

Finalmente, a fase de senescência, que se caracteriza pela predominância de processos catabólicos, ou seja reações de degradação de componentes orgânicos que levam ao envelhecimento e morte das células e dos tecidos.

Nas fases de maturação e amadurecimento, ocorrem modificações que influenciam na definição de importantes atributos de qualidade dos produtos tais como: peso, forma, cor e textura, sabor, flavor etc. Durante o desenvolvimento, o fruto aumenta de volume e apresenta em geral a cor verde escuro, com uma textura muito firme. Com a maturação, a cor verde tende a desaparecer, o peso e o volume se estabilizam e a textura começa a torna-se menos firme. Na fase seguinte, durante o amadurecimento, a cor verde dá lugar a cor definitiva de cada fruto, o brix e a acidez atingem o ponto ideal, os açúcares de reserva são decompostos em mono e dissacarídeos e a textura torna-se totalmente macia.

COLHEITA

O estágio de desenvolvimento de um produto mais adequado para colheita denomina-se rotineiramente de ponto de colheita. Normalmente o ponto de colheita dos frutos não-climatéricos coincide com o final da fase de amadurecimento. Para frutos climatéricos, a fase de colheita coincide com o final da fase de maturação, quando o fruto é considerado maturo, ou seja, o fruto completou seu crescimento e desenvolvimento e é capaz de, mesmo após a colheita, completar o seu processo de amadurecimento. Este estágio de desenvolvimento é vulgarmente chamado "de vez".

Para a maioria das olerícolas entretanto, o conceito de amadurecimento é bastante diferente. Na verdade, seria necessário definir primeiro dois outros termos: maturidade fisiológica e maturidade comercial. A maturidade fisiológica é o estágio de desenvolvimento em que, para frutos, coincide com o amadurecimento e para os demais órgãos, coincide com o final da fase de crescimento. A maturidade comercial pode ser qualquer fase do desenvolvimento, desde que seja aquela em que os consumidores preferem para utilização do produto. Por exemplo: o quiabo, o maxixe e a beringela, são comercializados antes de iniciar a maturação. De um modo geral as hortaliças de folha, ramos ou tubérculos, quando maduras fisiologicamente, perdem alguns dos principais atributos de qualidade.

PÓS-COLHEITA

Todos os produtos vegetais perecíveis, quer sejam frutos, folhas, ramos ou raízes mesmo após a sua retirada da planta,

Todos os produtos vegetais perecíveis, quer sejam frutos, folhas, ramos ou raízes mesmo após a sua retirada da planta, continuam por algum tempo como organismos vivos, cujas células estão em plena atividade metabólica. O metabolismo pós-colheita de certos produtos vegetais pode, em muitos casos, melhorar certas características de aspecto físico, sabor, odor e textura. Entretanto, estas mesmas atividades podem levar à degeneração dos tecidos, perda de peso e de propriedades organolépticas e nutricionais.

Entre os eventos metabólicos que permanecem ocorrendo nos produtos agrícolas mesmo após a colheita, a transpiração e a respiração são os mais importantes. Assim sendo, o controle adequado da temperatura e da umidade relativa no ambiente de armazenamento, pode ser uma maneira de prolongar a vida útil dos produtos e minimizar as perdas de pós-colheita.

PERDAS PÓS-COLHEITA

A definição de perdas, no caso de alimentos, é muito complexa devido aos diferentes valores que estão envolvidos na definição de qualidade dos produtos. Assim, pode-se dizer que existem diferentes tipos de perdas:

De peso, causada basicamente pela transpiração.

De qualidade ou de aceitabilidade pelo consumidor, como ocorre quando há senescência ou brotamento, que podem reduzir a qualidade; sem tornar o produto impréstatível para o consumo.

De ordem econômica. Esta, dificilmente pode ser relacionada com a qualidade real do produto, pois está ligada a toda a cadeia de comercialização e distribuição.

As perdas de peso e de qualidade geralmente são resultantes de fenômenos fisiológicos, injúrias físicas durante a colheita ou deterioração patológica.

Perdas de Origem Fisiológica

Respiração. A respiração é uma função fisiológica característica de todos os organismos vivos, que tanto pode ser executada ao nível celular no citoplasma, como ao nível sub-celular, em organelas denominadas mitocôndrios.

A respiração mitocondrial é aeróbica e depende da presença do oxigênio. Através de reações químicas, as substâncias de reserva são consumidas produzindo energia que é utilizada para as atividades vitais. Parte desta energia é liberada na forma de calor ao qual denominamos "calor vital"

O tipo, a espécie ou a variedade de cada produto, o grau de maturação, a temperatura interna e as diferentes injúrias, são fatores que determinam a taxa respiratória e a quantidade de "calor vital" produzido.

Altas taxas respiratórias levam, frequentemente, à deterioração e morte dos tecidos dos produtos armazenados. Por isso, recomendam-se a utilização de técnicas de armazenamento e conservação, que reduzam ao mínimo a atividade respiratória dos produtos.

A redução do teor de oxigênio do ar que circunda os produtos, pode ser capaz de protegê-los pela redução da atividade respiratória, entretanto, níveis muito baixos de oxigênio levam o tecido a realização da respiração anaeróbica. Este tipo de respiração tanto provoca perdas qualitativas quanto nutricionais.

Os produtos sofrem perdas qualitativas, porque a fermentação acelera processos e reações que resultam na alteração do sabor, da textura e do odor característico e perdas nutricionais porque, no processo anaeróbico, alguns compostos de importância fundamental para a nutrição humana são degradados.

Etileno. Este gás pode ser produzido pelos tecidos de todos os vegetais e pode induzir o tecido a desencadear processos metabólicos, mesmo quando em concentrações muito baixas, da ordem de 0,1 ml/l.

Os efeitos do etileno sobre a respiração são bastante conhecidos. Este gás acelera a taxa respiratória o que pode ser prejudicial para os produtos armazenados.

De um modo geral, a quantidade de etileno endógeno produzida pelos tecidos vegetais, aumenta automaticamente durante um estágio específico de crescimento, provocando a maturação, a senescência e muitas desordens fisiológicas nos tecidos.

O etileno, segundo Watada (1968), altera o conteúdo de vitaminas em tomates, sem contudo alterar os teores de caroteno. Em alface, provoca o aparecimento de "mancha marrom", mesmo em concentrações da ordem de uma parte por milhão (Rood, 1956). Em cenouras, provoca o desenvolvimento de sabor amargo (Ells, 1958), causado pela síntese do

(Rood, 1956). Em cenouras, provoca o desenvolvimento de sabor amargo (Ells, 1958), causado pela síntese do aminoácido isocumarina, desencadeada por um pequeno aumento da concentração do etileno (Sondheimer, 1957).

Aspargos também são altamente sensíveis ao etileno. Quando expostos a este gás, mesmo por períodos muito curtos, desenvolvem tecidos fibrosos tornando-se impróprios para o consumo (Haard et al. 1974).

Os mecanismos através dos quais o etileno ativa ou regula processos fisiológicos ainda não foram totalmente esclarecidos, entretanto, sabe-se que fatores como temperatura, respiração e injúrias afetam a velocidade de produção deste gás nos tecidos e órgãos vegetais.

Transpiração. A transpiração nos frutos ocorre mesmo após a colheita, e nesta ocasião os prejuízos são muito grandes por que a água perdida não é mais repostada pela planta. A temperatura e a umidade relativa do ar são fatores que afetam a taxa transpiratória. Temperaturas elevadas e baixa umidade relativa provocam aumento da transpiração, porque a velocidade de migração do vapor d'água depende da diferença de pressão de vapor de água entre o produto e o ambiente.

Os órgãos vegetais possuem estruturas especializadas que os protegem contra a perda excessiva de água. Os tecidos epidérmicos apresentam estruturas denominadas estômatos, cuja função é regular as trocas gasosas entre o meio interno do produto e o ambiente. A intensidade das trocas gasosas depende do grau de abertura dos poros estomáticos, que sofrem influência da temperatura, da umidade relativa e da luminosidade.

A cutícula é uma membrana cerosa secretada pelas células superficiais da epiderme. Por ser cerosa e pouco permeável ao vapor d'água, a cutícula é mais efetiva do que os estômatos para controlar a perda de água pelos frutos. A proteção oferecida pela cutícula varia conforme o produto. Em tomate por exemplo, a perda de água é maior no ponto de inserção do pedúnculo, onde a cutícula é ausente. A batata inglesa tem cutícula mais espessa, por isso esta menos sujeita à perda de água. Entretanto a couve, o nabo e a cenoura são, em escala crescente, mais susceptíveis à perda de água. Para a cenoura por exemplo, é recomendável que o armazenamento seja feito a uma temperatura de 9°C e 90% de umidade relativa.

As perdas provocadas pela transpiração além de quantitativas são também qualitativas. Em primeiro lugar porque muitos produtos ao perderem cerca de 5% de seu conteúdo de água, já se apresentam murchos e enrugados. Em segundo lugar porque o aumento da transpiração leva ao aumento da respiração, que por sua vez pode acelerar a senescência do fruto.

Brotamento. Os bulbos e tubérculos são órgãos vegetais dormentes, que podem, quando as condições de armazenamento não são adequadas, desencadear uma série de atividades metabólicas que resultam no brotamento, conseqüentemente na perda de peso e do valor comercial.

O brotamento de um órgão vegetal acarreta aumento acentuado da atividade respiratória, provocando a degradação de reservas alimentares, elevação da temperatura interna do produto e síntese de substâncias indesejáveis ou tóxicas para os tecidos.

O brotamento de cebola, alho, batata, cenoura e outras hortaliças durante o armazenamento, é provocado geralmente, por aumento de temperatura, concentração de gás carbônico, produção de etileno, ataque de microorganismos, manejo incorreto do processo de cura ou por injúrias mecânicas na ocasião da colheita.

Nutrição. As perdas causadas aos produtos hortícolas pela deficiência na nutrição da planta são, geralmente, quantitativas e qualitativas. A nutrição mineral é um fator muito importante para a conservação de produtos hortícolas. A maior parte dos elementos minerais, principalmente os denominados micro e macronutrientes, desempenham funções fisiológicas altamente importantes para a sanidade e o vigor dos órgãos vegetais, bem como, fazem parte de compostos essenciais para a nutrição humana tais como aminoácidos, vitaminas, proteínas lipídios, etc.

Dentre os elementos químicos que desempenham funções catalíticas, reguladoras e estruturais nos tecidos vegetais, o cálcio, segundo Poovaiah (1986), tem recebido dos pesquisadores nos últimos anos, uma atenção especial, devido aos seus reconhecidos efeitos no adiamento da senescência e controle de desordens fisiológicas em frutas e legumes.

A calmodulina, uma espécie de calcioproteína, está intimamente ligada às atividades reguladoras do cálcio sobre as funções celulares (Cheung, 1980; Poovaiah, 1985).

O cálcio tem um papel importante na estabilidade da parede celular dos tecidos vegetais, interagindo com o ácido pectico para formar o pectato de cálcio, por esta razão, frutas tratadas com cálcio apresentam-se geralmente mais firmes e com maior durabilidade após a colheita (Poovaiah, 1986). Maçãs tratadas com cálcio apresentaram tecidos mais firmes, maior teor de vitamina C, menor taxa de produção de etileno e CO₂ e permaneceram maior tempo em estoque sem apresentar apodrecimento (Conhay & Sams, 1984).

A deficiência de cálcio (Tabela 1), causa alterações das atividades fisiológicas e funcionais das membranas (Hanson, 1983), modificação de sua arquitetura (Paliyath et al., 1984) e por fim sua desintegração (Marinos, 1962).

Tabela 1. Desordens Causadas por Deficiência de Cálcio

Produtos	Desordem Fisiológica
Couve de bruxelas	Escurecimento interno
Repolho e Couve	Queima das folhas
Cenoura	Rachaduras; cavidade interna
Aipo	Escurecimento interno
Alface	Queima dos bordos das folhas
Pimentão	Podridão estilar
Batata inglesa	Queima; Dormência de gemas
Tomate e melancia	Podridão estilar

Adaptado de Wills et al. (1962)

O potássio é o componente mineral que ocorre em maior proporção nos tecidos vegetais. Apesar disso, anormalidades metabólicas podem ser provocadas tanto por níveis altos quanto por deficiência deste elemento.

Alto teor de potássio tem sido freqüentemente associado com a formação da "cavidade amarga" em maçãs, enquanto baixos teores deste elemento retardam o aparecimento da cor vermelha em tomates.

De um modo geral, a deficiência de nutrientes nas plantas está direta ou indiretamente ligada a redução da produtividade, a queda da qualidade nutricional dos produtos, e a redução da vida útil de armazenamento de frutas e hortaliças.

Perdas Devido a Injúrias.

Durante as operações de cultivo, colheita, embalagem, transporte e armazenamento, os produtos agrícolas sofrem diferentes tipos de injúrias, que reduzem consideravelmente a qualidade e a resistência ao armazenamento.

As operações de manejo, colheita e embalagem devem ser executadas com cuidado e atenção para reduzir os riscos de causar ferimentos nos produtos.

Manejo incorreto das técnicas de armazenamento podem provocar injúrias ou danos irreparáveis nos frutos. O "chilling" (friagem), é uma injúria causada pelo frio em produtos sensíveis a temperaturas inferiores a 15°C. O grau de suscetibilidade ao "chilling" varia de acordo com a espécie vegetal. Os principais sintomas desta injúria são o aparecimento de pequenas manchas na epiderme e o escurecimento da polpa dos frutos.

Quando os frutos sofrem este tipo de injúria, pode ocorrer grande perda de água, produção de metabolitos e degradação da estrutura celular, criando-se assim um excelente meio para o desenvolvimento de infecções.

A melhor maneira de evitar o "chilling" é determinar previamente a temperatura crítica do seu aparecimento em um dado produto, ou a temperatura ótima de armazenamento para cada espécie de produto que se pretende armazenar em câmaras frias.

O transporte e a distribuição no mercado também merecem atenção quando se trata de quantificar as perdas dos produtos. Um sério problema durante o transporte é o controle de temperatura e a má qualidade das estradas, que contribuem para o aumento do percentual de perdas durante esta operação.

Perdas Causadas por Microorganismos .

A superfície de todos os produtos vegetais apresenta-se, normalmente, contaminada com inúmeros tipos de microorganismos que possuem diferentes graus de patogenicidade. Entretanto, para que estes organismos possam provocar infecções ou deterioração dos órgãos vegetais durante o armazenamento, precisam encontrar condições apropriadas.

Os processos de infecção particularmente após a colheita, são favorecidos por falhas dos mecanismos de defesa dos órgãos vegetais, por condições ambientais favoráveis ao crescimento dos microorganismos e por injúrias mecânicas.

A cutícula e a epiderme formam a primeira barreira de defesa dos órgãos vegetais contra o ataque dos patógenos. Muitos fungos que provocam consideráveis estragos nas frutas são incapazes de penetrar através da epiderme intacta, no entanto, esporos ou bactérias podem passar através da cutícula e dos estômatos.

Alguns fungos do gênero *Sclerotinia* e *Colletotrichum*, podem penetrar diretamente através da epiderme de alguns produtos vegetais. Em alguns frutos tropicais como a manga e o mamão, a Antracnose inicia o ataque ainda nas partes

florais passando por um período de latência e voltando a se desenvolver após a colheita, quando as condições ambientais são favoráveis.

Certos órgãos vegetais produzem substâncias fenólicas que bloqueiam a invasão de microorganismos. Outros, produzem substâncias tipo antibióticos como a pisetina da ervilha e a phseolina do feijão, que podem impedir o desenvolvimento de certos fungos.

A composição e o pH dos tecidos, também podem afetar o crescimento de microorganismos de forma seletiva. Nos frutos, o pH abaixo de 4,5 dificulta o ataque de bactérias mas favorece as infecções fúngicas, enquanto os legumes, que apresentam pH superior a 4,5, são mais suscetíveis ao ataque de bactérias.

Entre os microorganismos patogênicos, os fungos são os principais responsáveis pela deterioração de produtos armazenados, entretanto, injúrias provocadas por insetos ou pelo manuseio durante a colheita, altas temperaturas e baixa umidade relativa, talvez sejam os fatores que mais contribuem para o desenvolvimento de infecções nos produtos armazenados.

CONSERVAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE HORTALIÇAS

A Preocupação do homem em controlar a deterioração dos seus alimentos armazenados é muito antiga. Apenas para ilustrar este fato, Burton (1982), cita a história de José do Egito e a estocagem de grãos secos de trigo. Segundo o mesmo autor, a secagem de produtos suculentos para estocagem também remonta ao tempo dos faraós. A Bíblia (números, 11:5) comenta que os Israelitas após deixarem o Egito, lembravam-se com nostalgia de cebola, alho e figo secos, que eram utilizados na alimentação dos Egípcios.

Com o passar do tempo o homem desenvolveu e acumulou conhecimentos dos princípios e técnicas de colheita, conservação e armazenamento de produtos vegetais. Hoje em dia, com o emprego de técnicas apropriadas, pode-se estender a vida útil de determinados produtos vegetais por até 12 meses.

O primeiro fator que contribui para o sucesso do armazenamento e conservação de frutas e hortaliças é o bom manejo da colheita. Para cada tipo ou espécie de produto, existem algumas operações que devem ser realizadas durante a colheita visando a redução de perdas e a manutenção da boa aparência dos produtos.

Moras & Chapon (1983), recomendam que após a colheita, bulbos e tubérculos devem passar, antes do armazenamento, por um processo de desidratação controlada, a "cura". O processo de cura é induzido por condições de umidade e temperatura relativamente elevadas e envolve a secagem e suberização da epiderme, o que aumenta a firmeza do tecido e cicatriza eventuais injúrias mecânicas.

A cura de bulbos e tubérculos reduz efetivamente a perda de água durante o armazenamento e protege o produto contra infecções por fungos e bactérias (Booth, 1974). Em regiões tropicais, a "cura" pode ser realizada ao nível de campo com pouco ou nenhum acréscimo dos custos de produção.

Beterraba, cenoura, rabanete, nabo etc., ao serem colhidos, não devem ser colocados em contato direto com o solo, nem sofrer exposição direta à luz solar, para evitar o aumento da temperatura interna dos produtos, de modo a reduzir perdas de água e elevação da taxa respiratória. Uma cobertura do solo com material vegetal e um simples sombreamento, podem proteger a colheita até que seja removida para o armazém.

O aspargo é um órgão vegetal que apresenta intensa atividade metabólica após a colheita e é muito sensível a temperaturas elevadas. A colheita do aspargo deve ser efetuada nas horas mais frias do dia, protegendo-se o produto contra a luz para inibir a evolução de pigmentos.

Hortaliças de folhas, devido à suculência e ao baixo teor de reservas, são mais sensíveis a perdas de peso, por isso tem vida útil de armazenamento limitada. A colheita destas olerícolas deve ser feita nas primeiras horas da manhã e protegida contra a luz do sol para evitar o murchamento.

Produtos climatéricos como tomate e alguns tipos de melão, quando destinados ao armazenamento ou a um mercado mais distante, devem ser colhidos no início da fase de amadurecimento e conservados em temperaturas baixas, com umidade relativa elevada, para mante-los em condições adequadas para comercialização.

O métodos empregados para armazenamento e conservação de produtos hortícolas atualmente em uso, em diferentes parte do mundo, são basicamente os seguintes:

Armazenamento natural. Consiste em manter produtos como inhame, alho, batata, gengibre, etc. no campo, mesmo após sua maturação, colhendo-os somente quando necessário. Este processo pode ser prejudicado pela chegada da estação

cnuvosa. Pantastico et al. (1975). Este método é denominado de "armazenamento 'in situ'".

Preservação química. Geralmente, quando se fala neste método imagina-se logo o emprego de agrotóxicos, entretanto, não são somente os antifúngicos e os pesticidas que são utilizados na preservação de hortaliças. Para a preservação química, utilizam-se fitorreguladores que retardam a senescência ou inibem o crescimento; absorvedores de gases nocivos como o CO₂ e etileno e substâncias anti-transpirantes que preservam a turgidez e a qualidade dos produtos armazenados.

Embalagens. Alguns tipos de embalagem melhoram as características estéticas, prolongam o tempo de conservação e protegem os produtos contra injúrias durante o transporte. O uso de polímeros plásticos para embalar produtos hortícolas, começou nos anos 70. Uma grande vantagem destes materiais é que eles apresentam diferentes graus de permeabilidade aos gases como o O₂, N₂, CO₂ e vapor d'água, o que permite a criação de uma atmosfera apropriada para a conservação dos produtos em diferentes temperaturas.

Refrigeração. O emprego da refrigeração para a conservação de produtos vegetais, começou no ano de 1851 quando o australiano James Harrison desenhou e construiu o primeiro equipamento de refrigeração para conservação de produtos agrícolas em estado fresco (Wills, 1982). Com a tecnologia dos dias atuais, já podemos dispor de equipamentos mais sofisticados como os de congelamento hipobárico e criogênico.

A preservação dos produtos hortícolas pode ser feita com o rebaixamento da temperatura a diferentes níveis, desde um simples resfriamento a temperaturas acima de zero, até ao congelamento e preservação em temperatura muito inferiores a zero.

O resfriamento geralmente é utilizado para frutas climatéricas ou não climatéricas, de polpa mais delicada e que serão utilizadas para consumo "in natura". Para as demais hortaliças o congelamento pode ser muito útil, principalmente quando os produtos são congelados individualmente e acondicionados em recipientes de pequena capacidade. Produtos como ervilha, cenoura, aipo, cebola, etc., podem ser congelados individualmente e acondicionados em embalagens que comportam desde alguns gramas até quilos do produto, facilitando o trabalho e dando economia para os consumidores.

Os métodos de congelamento utilizados atualmente são os seguintes: Congelamento com ar frio; congelamento com placas de contato; congelamento por líquido (Hidrocooling); Congelamento a vácuo (vacuumcooling) e congelamento criogênico.

Atmosfera Controlada ou Modificada. Consiste em armazenar os produtos em ambiente onde os teores de CO₂ e O₂ do ar foram convenientemente modificados. A atmosfera controlada deve apresentar sempre um teor de O₂ menor e um teor de CO₂ maior do que o encontrado no ar normal. Esta atmosfera artificial pode ser obtida simplesmente colocando-se os produtos em uma sala hermeticamente fechada. À medida que o produto respira, a concentração de CO₂ aumenta e a do O₂ diminui. O nível desejado de CO₂ é mantido, utilizando-se absorventes apropriados tais como: cal hidratada, hidróxido de sódio, etanolamina, hidróxido de potássio etc.

A diferença existente entre atmosfera modificada e atmosfera controlada é que, na primeira, ocorre a modificação da atmosfera sem que haja mecanismo de controle da mesma. A associação destes métodos com a refrigeração, aumenta a eficiência na preservação dos produtos armazenados.

Armazenamento a Vácuo. O armazenamento de produtos perecíveis sob condições de vácuo parcial, pode ser interessante quando se deseja reduzir os efeitos do etileno e reduzir a pressão de oxigênio, para inibir o processo de senescência dos produtos vegetais armazenados. O emprego deste método permite que se introduza no ambiente substâncias voláteis que retardam a deterioração e impedem o brotamento em bulbos e tubérculos.

O armazenamento a pressão reduzida é um método novo que vem tendo muita atenção dos pesquisadores.

Irradiação. A irradiação ou radurização, consiste na aplicação de doses controladas de radiações ionizantes com o objetivo de prolongar o período de conservação dos alimentos.

Após mais de 30 anos de pesquisas, sabe-se que o grande potencial da irradiação de produtos vegetais está relacionado principalmente com a desinfecção dos produtos atacados por insetos, a inibição do desenvolvimento de infecções e a interrupção de processos fisiológicos indesejáveis como a germinação e o brotamento.

O futuro do emprego das radiações ionizantes em larga escala ainda está por vir, entretanto, em países mais desenvolvidos, este método já é empregado para a preservação de alguns produtos hortícolas como a cebola e a batata inglesa.

- BOOTH, R. Postharvest deterioration of tropical fruit losses and their control. Tropical Science, Londres, n. 19, p.49, 1974
- BURTON, W.G. Postharvest physiology of food crops. Ed. Longman Inc., New York, 339p, 1982.
- CHEUNG, W. Y. Calmodulin plays a pivotal role in cellular regulation. Science, Londres 207, p. 19, 1980.
- CONWAY, W. S. & SAMS, C. E. Possible mechanisms by which postharvest calcium treatment reduces decay in apples. Phytopathology, n. 23, p. 208, 1984.
- ELLS, J. E. The influence of factors on the induction of bitterness in stored carrots by ethylene and its detection by fluorescence. M. Sc. Thesis, Michigan State university East Lansing, USA, 134p, 1958.
- HAAD, N. F.; SHARMA, S. C.; WOLF, R. & FRENKEL, C. Ethylene induced isoperoxidase changes during fiber formation in postharvest asparagus. Journal of Food Science. N. 39, p. 452, 1974.
- HANSON, J. B. The roles of calcium in plant growth. In: Current Topics in Plant Biochemistry and Physiology. Vol . I, Ed. University of Missouri, Columbia, 430p. 1983.
- MARINOS, N. G. Studies on sub-microscopic aspects of mineral deficiencies. In: Calcium Deficiency in the Apex of Barley. American Journal of Botany , n. 49, p 830-834, 1962.
- MORAS, P. & CHAPON, J. F. Entreposage et conservation de fruits et légumes frais. Ed. CTIFL, Paris, 248p. 1983.
- PALIATH, G.; POOVAIAH, B. W.; MUSKE, G. R. & MAGNUSON, J. A. Membrane fluidity in senescing apples: Effects of temperature and calcium. Plant and Cell Physiology, n. 25, p. 1081-1083, 1984.
- PANTASTICO, E. R. B. Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Sub-tropical Fruits and Vegetables. Phoenix Press Inc., Manila, 314p. 1975.
- POOVAIAH, B. W. Role of calcium and calmodulin in plants growth and development. Hortscience, Alexandria, n. 20, p344-347, 1985.
- POOVAIAH, B. W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables Food Technology, v. 40, n. 5, p. 83-86, 1986.
- ROOD, P. Relation of ethylene and postharvest temperature to brown spot of lettuce. Proceeding of American Society Horticultural Science, n. 102, p. 300-303, 1956.
- SONDHEIMER, E. The isolation and identification of 3-methyl-6-methoxy-8-hydroxy-3, 4-dihydroisocoumarin in carrots. Journal of American Chemistry Society, n. 79, p. 5035-5036, 1957.
- WATADA, A. E., Current status of ethylene effects on the storage of fruits. Food Technology, v. 40, n. 5, p. 80-82, 1986.
- WILLS, R. B. H.; LEE, T. H.; GRAHAM, D.; McGLASSON, G & HALL, E. G., An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables. 2a. Ed. New South Wales University Press Kensington, Australia, 126p. 1982.