

VALORIZAÇÃO DAS EXPLORAÇÕES AGRÍCOLAS



MANUSEAMENTO DE PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS

FICHA TÉCNICA



Título	MANUSEAMENTO DE PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS
Autor	Domingos Almeida
Editor	© SPI – Sociedade Portuguesa de Inovação Consultadoria Empresarial e Fomento da Inovação, S.A. Edifício “Les Palaces”, Rua Júlio Dinis, 242, Piso 2 – 208, 4050-318 PORTO Tel.: 226 076 400, Fax: 226 099 164 spiporto@spi.pt; www.spi.pt Porto • 2005 • 1.ª edição
Produção Editorial	Principia, Publicações Universitárias e Científicas Av. Marques Leal, 21, 2.º 2775-495 S. João do Estoril Tel.: 214 678 710; Fax: 214 678 719 principia@principia.pt www.principia.pt
Revisão	Marília Correia de Barros
Projecto Gráfico e Design	Mónica Dias
Paginação	Xis e Érre, Estúdio Gráfico, Lda.
Impressão	SIG – Sociedade Industrial Gráfica, Lda.
ISBN	972-8589-55-7
Depósito Legal	233540/05



MANUSEAMENTO DE PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS

Domingos Almeida



Sociedade Portuguesa de Inovação



MANUSEAMENTO
DE PRODUTOS
HORTOFRUTÍCOLAS

Dentro dos produtos agrícolas que são manuseados em natureza, em estado metabolicamente activo, as frutas e hortaliças (sin. produtos hortofrutícolas) destacam-se pela sua perecibilidade e pela importância que a aparência de fresca tem na sua qualidade. Frutas e hortaliças frescas são também matérias-primas para diversas indústrias alimentares, como o vinho, o azeite, sumos e congelados.

As características morfológicas, anatómicas, fisiológicas e a sua composição química, tornam a maior parte das frutas e hortaliças produtos muito perecíveis. Muitos produtos deste grupo são frequentemente consumidos crus, pelo que a segurança alimentar tem de ser assegurada através de medidas preventivas, durante a produção e subsequente manuseamento pós-colheita.

As frutas e hortaliças desempenham um papel na imagem de qualidade dos estabelecimentos de distribuição a retalho muito superior ao seu peso no volume de negócios. De facto, enquanto que para outras mercadorias, incluindo géneros alimentícios processados, se podem encontrar as mesmas marcas em diferentes estabelecimentos comerciais, a qualidade dos produtos frescos – incluindo frutas e hortaliças – pode marcar a diferença.

Este manual foi elaborado para preencher uma lacuna referente à disponibilidade de informação técnica que permita a concepção e operação de sistemas de manuseamento, de forma integrada e numa óptica centrada na qualidade dos produtos hortofrutícolas. O manual começa por apresentar uma visão panorâmica do manuseamento de produtos hortofrutícolas, com uma breve nota sobre a elaboração da qualidade durante a produção no campo e as principais operações que ocorrem entre a colheita e a utilização final. Em seguida, apresentam-se os princípios que devem presidir à concepção e operação de sistemas de manuseamento e estudam-se algumas das bases fisiológicas da qualidade dos produtos hortofrutícolas. Apresentam-se as principais tecnologias utilizadas durante o manuseamento, nomeadamente o arrefecimento, as operações de selecção e de preparação para o mercado, os siste-

mas de armazenamento, a embalagem e o transporte. Finalmente, como corolário, abordam-se aspectos de gestão da qualidade e garantia da segurança alimentar no sector hortofrutícola.

DOMINGOS ALMEIDA

MANUSEAMENTO ENTRE A COLHEITA E O CONSUMO

Os sistemas de manuseamento
preparam os produtos para o
mercado e colocam-nos à
disposição dos consumidores.
A qualidade final dos produtos
depende do sistema de
manuseamento.

O B J E C T I V O S

- Proporcionar uma visão panorâmica e integrada do manuseamento.
- Definir o conceito e os objectivos do manuseamento.
- Enunciar os princípios para a concepção e operação de um bom sistema de manuseamento.



ENQUADRAMENTO A pós-colheita dos produtos hortofrutícolas frescos começa com a colheita e, desejavelmente, termina com o consumo. Muitos produtos hortofrutícolas nunca chegam a ser consumidos, devido à morte dos órgãos vegetais como resultado da senescência, de acidentes (*e.g.* congelamento), ou devido à acção de patogénios. A qualidade intrínseca, sabor, aroma e valor nutritivo também se altera durante o período pós-colheita. Os sistemas de manuseamento devem permitir colocar os produtos à disposição dos consumidores, com a qualidade desejada.

OBJECTIVOS DO MANUSEAMENTO

A maioria dos habitantes das sociedades modernas vive afastado do local de produção dos géneros alimentícios e exige a sua disponibilidade no mercado ao longo de todo o ano. A produção e o consumo de alimentos são processos desfasados no espaço e no tempo. Além disso, exigências logísticas e de mercado, obrigam a modificações nos produtos que são colhidos.

Quando os alimentos são órgãos vegetais que são adquiridos no estado vivo pelo consumidor final – como por exemplo sementes, folhas e frutos –, o manuseamento lida com órgãos metabolicamente activos. Noutros casos, os produtos agrícolas constituem matéria-prima para indústrias alimentares onde ocorrem processos de transformação e conservação. Nestes casos o produto é metabolicamente activo até sofrer a transformação industrial. No caso dos produtos hortofrutícolas minimamente processados (também designados por produtos de IV Gama), os órgãos vegetais sofrem uma transformação industrial, mas permanecem metabolicamente activos.



Ao longo deste manual, o termo «manuseamento» será utilizado para designar o conjunto das operações a que está sujeito um produto hortofrutícola entre a colheita e o consumo.

Em géneros alimentícios vivos, o manuseamento tem de assegurar que os produtos cheguem ao consumidor com qualidade, lidando, não só com as alterações químicas e microbianas, mas, principalmente, com as alterações fisiológicas que ocorrem no órgão vegetal.

UMA VISÃO GLOBAL DO MANUSEAMENTO

No manuseamento de produtos hortofrutícolas podem ser consideradas as seguintes etapas:

1. Manuseamento no campo
 - a. Operações de produção
 - b. Colheita
2. Manuseamento na central
 - a. Operações de limpeza
 - b. Operações de selecção e classificação
 - c. Arrefecimento
 - d. Embalagem
3. Armazenamento
4. Transporte
5. Manuseamento no retalhista

Os principais componentes dos sistemas de manuseamento de frutas e hortaliças são descritos a seguir.

OPERAÇÕES NA FASE DE PRODUÇÃO

Os génotipos que se cultivam (cultivares, clones e porta-enxertos), as condições edafo-climáticas e a tecnologia de produção determinam a qualidade dos produtos hortofrutícolas no momento da colheita e influenciam a subsequente evolução dessa qualidade durante o manuseamento pós-colheita. No quadro 1.1 resumem-se os efeitos dos factores pré-colheita na *elaboração* ou construção da qualidade dos produtos hortofrutícolas.

ÁREA DE DECISÃO	CONSIDERAÇÕES SOBRE O IMPACTO DAS DECISÕES NA ELABORAÇÃO DA QUALIDADE
1. Acção sobre o génotipo	Desenvolvimento de novos génotipos (cultivares, clones, porta-enxertos) pelo Melhoramento tendo em atenção atributos de qualidade; escolha, por parte do produtor, entre os génotipos disponíveis. Afecta todos os atributos de qualidade.
2. Instalação da cultura	O método de instalação da cultura e a densidade determinam a interceptação de radiação e o microclima da vegetação. Preparação do terreno. Tratamentos às sementes. Produção de transplantes e transplantação. Afecta a uniformidade de calibre e outros atributos de qualidade.



3. Gestão da energia	Resulta da fotossíntese, translocação de fotoassimilados e respiração. Luz, CO ₂ e temperatura. Relações fonte-receptor. Influenciada pela densidade, poda e forma de condução, monda de frutos, orientação das linhas, reguladores de crescimento. Afecta o tamanho, cor, textura, composição (sabor).
4. Gestão da água	Através das técnicas de mobilização do solo, rega, drenagem, cobertura do solo. Afecta o tamanho, cor, composição (sabor), vida pós-colheita.
5. Gestão dos nutrientes	Através das técnicas de fertilização, rega, cobertura do solo. Afecta o desenvolvimento de acidentes fisiológicos, tamanho, cor, composição (sabor), vida pós-colheita.
6. Gestão das pragas e doenças	Defeitos existentes na data de colheita, desenvolvimento de doenças pós-colheita. Afecta a vida pós-colheita. Resíduos de pesticidas. Segurança alimentar.
7. Gestão da colheita	Determinação da data de colheita, estado de maturação óptima na data de colheita, método de colheita. Afecta o tamanho, a composição (sabor), capacidade de amadurecimento, textura, susceptibilidade a danos mecânicos, vida pós-colheita.

Quadro 1.1 • Factores pré-colheita que contribuem para a *elaboração* da qualidade (adaptado de Beverly *et al.*, 1993; Almeida, 2004)

COLHEITA

O manuseamento pós-colheita começa com a colheita. O estágio de maturação no momento da colheita é de extrema importância para a qualidade pós-colheita dos produtos e deve ser avaliada de acordo com critérios, designados índices de maturação, estabelecidos para cada produto. As tecnologias de colheita e os índices de maturação para produtos hortofrutícolas foram descritos por Trigueiros (2000).

O momento da colheita determina a qualidade máxima dos produtos hortofrutícolas (figura 1.1). A decisão de colher deve, pois, ser tomada criteriosamente.

A ponderação dos critérios para determinar a data de colheita variam com a cultura e com o sistema de produção. Os critérios que influenciam a decisão de colher são os seguintes:

- Índices de maturação;
- Produtividade;
- Preços antecipados pelo produtor;
- Condições climáticas no campo.

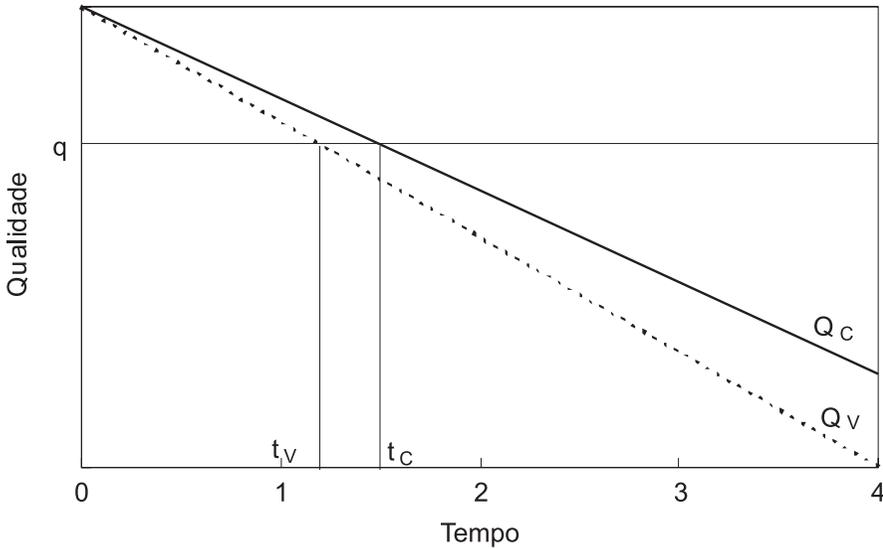


Figura 1.1 • Evolução da qualidade durante o período pós-colheita. Os critérios para determinar a qualidade mínima de venda (Q_v) são mais rigorosos do que os critérios para determinar a qualidade mínima de consumo (Q_c), pois é necessário um período de tempo ($t_c - t_v$) entre a compra e o consumo (adaptado de Prussia & Shewfelt, 1993)

A qualidade é influenciada pelas operações de colheita devido a:

- Ocorrência e severidade dos danos mecânicos e outros stresses físicos;
- Eficiência na selecção de frutas e hortaliças (aceitáveis e não-aceitáveis);
- Temperatura da polpa dos produtos no momento da colheita;
- Tempo que antecede o arrefecimento.

EMBALAMENTO

No sistema de manuseamento pós-colheita existem diversas actividades de colocação de produtos em contentores ou embalagens.

A embalagem comercial e de consumo pode ser efectuada no campo ou em instalações apropriadas designadas por centrais hortofrutícolas.

A operação de embalagem de consumo (ou de venda) é precedida de operações destinadas a seleccionar os produtos, remover objectos estranhos e classificá-los de acordo com as normas oficiais ou com as especificações do cliente.

Este conjunto de operações destina-se a aumentar a uniformidade e qualidade do lote, mas cada etapa de colocação dos produtos em conten-

tores ou embalagens proporciona oportunidades para depreciar o produto, através de danos mecânicos e de contaminações microbianas, ou para comprometer a segurança alimentar.

TRANSPORTE

Numa cadeia de abastecimento longa e complexa, como nos casos das trocas intercontinentais, existem diversas operações de transporte e de armazenamento que se intercalam (figura 1.2.) e que têm de funcionar em conjunto para que os produtos cheguem ao destino com qualidade. A operação de transporte tem, naturalmente, especificidades, mas em certa medida, especialmente nas situações de transporte prolongado a longas distâncias, tem de desempenhar as funções do armazenamento. A cadeia de frio deve ser mantida sem interrupções através das diferentes etapas.



Figura 1.2 • Representação esquemática de uma cadeia de abastecimento genérica para produtos hortofrutícolas exportados

O transporte é um elemento-chave no fornecimento da maior parte dos produtos actualmente consumidos. Operações de transporte são elos que ligam diferentes etapas da cadeia de abastecimento, deslocando os produtos hortofrutícolas entre elas.

O transporte é importante porque:

- Permite o fluxo de produtos entre o local de produção e o local de consumo, através de diferentes etapas intermédias;
- Os custos de transporte podem representar uma proporção elevada do custo total de abastecimento, especialmente em produtos de baixo valor unitário transportados por longas distâncias;
- Proporciona oportunidades para a depreciação da qualidade dos produtos.

Os problemas de comprometimento da qualidade mais frequentes durante o transporte são relativos ao deslocamento das cargas e à compressão do produtos. No entanto, os problemas mais sérios prendem-se com a falta de controlo da temperatura.

Os transportes de curta duração também proporcionam oportunidades para o comprometimento da qualidade. Os danos por vibração são frequentes no transporte no campo, ou entre o campo e a central, pois os caminhos rurais são normalmente mais irregulares e os reboques podem não possuir suspensão adequada para amortecer as vibrações.

As perdas de qualidade resultam de danos mecânicos, ausência ou deficiente controlo da temperatura e cargas mistas incompatíveis. O manuseamento descuidado e falta de refrigeração ou elevados tempos de espera em condições não refrigeradas nos cais de descarga podem comprometer os efeitos de boas condições de transporte.

ARMAZENAMENTO

Num sistema de manuseamento pós-colheita de produtos hortofrutícolas, os produtos são armazenados durante um período variável, que pode ser de algumas horas ou de vários meses. O período de armazenamento depende do produto, das condições de armazenamento, do circuito de comercialização e das oportunidades de mercado.

De forma geral distingue-se:

- Armazenamento de muito curto prazo: horas a dias. O armazenamento é efectuado em câmaras de elevada rotação de produtos, com abertura frequente de portas e conseqüente dificuldade de manter a temperatura óptima. Ocorre em situações de armazenamento doméstico, restauração, retalho, sistemas de *just-in-time*, e centrais de compras e distribuição;
- Armazenamento de curta duração: dias a semanas;

- Armazenamento prolongado: vários meses. Neste caso é possível estabilizar a temperatura da câmara e, num sistema bem dimensionado e operado, manter a temperatura a níveis óptimos.

A operação de armazenamento, mais ou menos prolongado, está incluída em praticamente todas as cadeias de abastecimento de produtos hortofrutícolas. O armazenamento permite:

- Equilibrar os volumes colhidos e os volumes vendidos;
- Prolongar o período de comercialização;
- Retardar a venda para obter preços superiores;
- Regularizar os mercados, permitindo uma distribuição mais uniforme ao nível do retalho;
- Reduzir a frequência de compra pelo consumidor, empresa de restauração ou intermediários.

Um produto deve dispor de uma qualidade inicial que lhe permita a vida prevista em armazenamento e ainda uma vida em prateleira compatível com a sua subsequente distribuição e consumo. A vida pós-colheita depende da qualidade do produto, temperatura, humidade relativa, composição da atmosfera e de tratamentos adequados ao produto em causa.

As condições óptimas de armazenamento para os produtos hortofrutícolas estão disponíveis em diversas publicações (Hardenburg *et al.*, 1986; Gross *et al.*, 2004, Cantwell, 2002). Os sistemas de armazenamento encontram-se descritos no Capítulo 5.

DISTRIBUIÇÃO RETALHISTA

O mercado retalhista é o destino final da maioria dos produtos hortofrutícolas. Constitui o local onde o consumidor avalia todo o desempenho do processo produtivo e do manuseamento pós-colheita, decidindo aceitar ou rejeitar o produto. É também a única etapa do sistema de manuseamento a que o consumidor tem acesso, pelo que constitui o local ideal para a comunicação com o consumidor.

Os produtos são expostos na loja mais em função de estratégias de indução da compra do que da manutenção da qualidade. Um conjunto de condições contribui para uma rápida depreciação da qualidade dos produtos numa loja:

- As condições ambientais não são óptimas, nomeadamente devido à temperatura elevada e reduzida humidade relativa;

- Produtos incompatíveis são colocados em expositores muito próximos;
- A duração da exposição a condições ambientais adversas e a proximidade de produtos incompatíveis pode prolongar-se para além do tolerável pela fisiologia dos produtos;
- Frequência e severidade da manipulação dos produtos pelo pessoal e pelos clientes.

Para minimizar as perdas de qualidade no ponto de venda recomenda-se uma rápida rotação dos produtos nos expositores complementada com outras técnicas como, por exemplo, a colocação dos produtos que o permitem sobre gelo e a pulverização periódica de água sobre alguns produtos hortícolas.

DESAFIOS NOS SISTEMAS DE MANUSEAMENTO PÓS-COLHEITA

A gestão da fileira exige uma abordagem sistémica de todo o sistema de manuseamento pós-colheita. Entre os aspectos cuja gestão exige uma perspectiva integrada, estão os **danos latentes**, a gestão da **qualidade** e a garantia da **segurança alimentar** (Shewfelt & Prussia, 1993).

DANOS LATENTES

Um dos problemas de uma cadeia de operações pós-colheita é que os danos que ocorrem num determinado agente, frequentemente o consumidor final, têm a sua origem num agente da cadeia situado a montante. Os danos mecânicos, as infecções por patogénios, os danos causados pelo frio em produtos susceptíveis e outros acidentes fisiológicos, são exemplos de danos latentes cuja eliminação implica uma abordagem sistémica e integrada do manuseamento.

GESTÃO DA QUALIDADE

A qualidade é *elaborada* no campo, mas tem de ser mantida ao longo da cadeia de abastecimento, através de um manuseamento e utilização

de tecnologias adequadas. É função do produtor *elaborar* a qualidade, enquanto todos os restantes intervenientes na cadeia pós-colheita têm a função de entregar os produtos ao consumidor com uma qualidade tão próxima da original quanto possível.

GARANTIA DA SEGURANÇA ALIMENTAR

Os perigos alimentares de origem química, microbiológica e física surgem em todas as etapas da produção e do manuseamento pós-produção, podendo colocar em risco a saúde dos consumidores. A gestão da segurança alimentar na fileira hortofrutícola implica uma abordagem sistémica e integrada do processo de produção e de manuseamento.

PRINCÍPIOS DO BOM MANUSEAMENTO PÓS-COLHEITA

O manuseamento pós-colheita dos produtos agrícolas depende da especificidade do produto, do mercado a que se destina e do circuito de distribuição. Naturalmente, cada caso necessita de considerações adequadas.

No entanto, podemos considerar alguns objectivos transversais, a ter em conta em todas as cadeias de manuseamento pós-colheita. Todas as cadeias de manuseamento pós-colheita de produtos hortofrutícolas devem ser concebidas, dimensionadas e operadas de forma a evitar perdas excessivas e garantir a qualidade e segurança dos produtos. Todos os sistemas de manuseamento pós-colheita devem satisfazer os seguintes requisitos:

- Evitar danos mecânicos;
- Minimizar as perdas de água;
- Minimizar a actividade metabólica dos produtos;
- Evitar contaminações e minimizar a actividade microbiana;
- Garantir a segurança alimentar.

DANOS MECÂNICOS

A prevenção dos danos mecânicos durante o manuseamento é fundamental para assegurar a qualidade dos produtos.

O B J E C T I V O S

- Distinguir diferentes tipos de danos mecânicos.
- Classificar os produtos hortofrutícolas quanto à sua susceptibilidade aos danos mecânicos.
- Referir a metodologia para avaliar a probabilidade de ocorrência de danos mecânicos.
- Enunciar formas de prevenir ou minimizar os danos mecânicos num sistema de manuseamento.



ENQUADRAMENTO Os danos mecânicos – cortes, abrasões, pisaduras, deformações – depreciam a aparência dos produtos hortofrutícolas e induzem um conjunto de respostas fisiológicas que aceleram a senescência e provocam descolorações.

Os danos mecânicos provocam um aumento da taxa de produção de etileno, geralmente resultam num aumento da taxa de respiração, ruptura da compartimentação celular e degradação das membranas, que leva ao acastanhamento dos tecidos. Além disso, rompendo a integridade dos tecidos, favorecem a perda de água e aumentam a susceptibilidade da contaminação microbiana.

A prevenção de danos mecânicos deve ser uma preocupação constante na concepção, instalação, operação e manutenção de sistemas de colheita e de preparação para o mercado. Importa por isso ter presente as causas dos danos mecânicos e as formas de os prevenir ou minimizar.

TIPOS DE DANOS MECÂNICOS

Os danos mecânicos podem ser provocados por:

1. impacto;
2. compressão (incluindo corte e furo);
3. vibração (abrasão).

IMPACTO

O impacto é a principal causa de danos mecânicos nas frutas e hortaliças. Num corpo elástico a energia absorvida pelo corpo durante o impacto é sensivelmente igual à energia devolvida no ressalto. Nestas circunstâncias não há danos mecânicos. As frutas e as hortaliças não são materiais completamente elásticos. Neste caso a energia absorvida no impacto é superior à energia devolvida no ressalto e o trabalho efectuado pelo excesso de energia absorvida provoca danos mecânicos no órgão vegetal.

COMPRESSÃO

Os danos provocados por compressão resultam da aplicação de forças pequenas durante um período de tempo prolongado. O trabalho efectuado pela

força aplicada causa alterações plásticas no produto hortofrutícola, extrusão de água das células, deslocação de células no interior do tecido e deslocação de microfibrilas de celulose, resultando em deformação permanente das células.

VIBRAÇÃO

Os danos por vibração são devidos ao movimento dos frutos ou hortaliças nos contentores, embalagens ou linhas de selecção. O movimento livre provoca abrasão contra superfícies de contentores ou outros produtos hortofrutícolas.

Os danos por vibração ocorrem frequentemente durante o transporte. A interacção entre a superfície da estrada e o sistema de suspensão dos veículos de carga pode resultar em vibrações de 2 a 20 Hz que são propagadas de forma ampliada para a carga. Os produtos colocados no topo do contentor (caixa do veículo ou embalagem de transporte) sofrem maior aceleração, sendo por isso mais afectados pelos danos provocados por vibração durante o transporte.

SUSCEPTIBILIDADE A DANOS MECÂNICOS

A susceptibilidade aos diferentes tipos de danos mecânicos difere de produto para produto (quadro 2.1).

SUSCEPTIBILIDADE	TIPO DE DANO MECÂNICO		
	Compressão	Impacto	Vibração
Susceptíveis	Banana (madura), maçã, meloa, morango, pêssego, tomate (verde ou em amadurecimento)	Aboborinha, banana (madura), maçã, pêssego, tomate (em amadurecimento)	Aboborinha, ameixa, banana (verde e madura), damasco, nectarina, pêra, pêssego, uva
Intermédios	Aboborinha, banana (verde), damasco, nectarina	Banana (verde), damasco, meloa, morango, nectarina, pêra, tomate (verde), uva	Maçã, meloa, tomate (verde ou em amadurecimento)
Resistentes	Ameixa, pêra, uva	Ameixa	Morango

Quadro 2.1 • Susceptibilidade de algumas frutas e hortaliças a diferentes tipos de danos mecânicos (Wills *et al.*, 1998)

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA DE DANOS MECÂNICOS

Os sistemas de colheita, transferências, linhas de selecção e operações de preparação para o mercado devem ser objecto de uma avaliação para determinar o potencial de ocorrência de danos mecânicos.

A avaliação é feita com recurso a sensores de impactos (*Impact Recording Device*, IRD), anteriormente designados por esferas instrumentadas. O IRD é colocado juntamente com as frutas ou hortaliças durante o seu manuseamento. O aparelho regista a aceleração ou as forças estáticas e dinâmicas que actuam sobre a superfície de um produto hortofrutícola. Com base nos resultados e no registo vídeo das operações é possível estimar a probabilidade de ocorrência de danos mecânicos por impacto e efectuar as modificações nos equipamentos ou na sequência de operações que permitam reduzir os problemas.

Com recurso a um IRD é possível identificar pontos críticos para a ocorrência de danos mecânicos num sistema de manuseamento e propor medidas correctivas.

RECOMENDAÇÕES PARA A PREVENÇÃO DOS DANOS MECÂNICOS

A prevenção dos danos mecânicos exige uma concepção criteriosa do sistema de manuseamento e uma condução cuidadosa de todas as operações. No quadro 2.2. encontram-se recomendações para prevenir ou minimizar os danos mecânicos. Note-se que o sucesso na prevenção de danos mecânicos exige que os trabalhadores estejam sensibilizados para o problema e motivados para a sua prevenção.

- | |
|---|
| 1. Minimizar os danos provocados pelas máquinas de colheita ou pelos operadores |
| 2. Reduzir o número de transferência e quedas |
| 3. Reduzir a altura das quedas |



4. Reduzir o número de mudanças de direcção abruptas nas linhas de selecção
5. Remover as arestas angulosas
6. Manter todos os tapetes a velocidade constante
7. Minimizar a compressão quando os frutos são canalizados para espaços estreitos
8. Forrar com tapete elástico as paredes das linhas de selecção e classificação
9. Forrar com tapete elástico o fundo dos contentores de recolha e transporte
10. Embalar os frutos entre camadas de material elástico
11. Motivar e sensibilizar os funcionários para a prevenção dos danos mecânicos

Quadro 2.2 • Recomendações para a prevenção dos danos mecânicos em produtos hortofrutícolas

PERDA DE ÁGUA

A perda de água pode representar a diferença entre o lucro e o prejuízo.

O B J E C T I V O S

- Identificar os efeitos da perda de água e sua importância.
- Conhecer os factores que influenciam a perda de água.
- Recomendar técnicas para reduzir a perda de água.



ENQUADRAMENTO A perda de água tem um enorme impacto quantitativo e qualitativo nos produtos hortofrutícolas. A concepção de sistemas de manuseamento deve ter em atenção a necessidade de minimizar a perda de água.

IMPORTÂNCIA DA PERDA DE ÁGUA

A perda de água de produtos frescos reveste-se de uma enorme importância prática. Os prejuízos devidos à perda de água podem advir de:

1. Perdas quantitativas.
 - a. A perda de água reflecte-se em diminuição do peso, consequentemente do valor (margem) de venda dos produtos. Uma perda de água de 20% pode representar a margem de comercialização de determinado produto.
 - b. A perda de água é uma das causas do fim da vida pós-colheita de produtos hortofrutícolas (depreciação da aparência).
 - c. A perda de água pode levar à desqualificação de lotes, que deixam de poder ser classificados em classes superiores (*e.g.* classe extra), sendo todo o lote desvalorizado.
2. Perdas qualitativas.
 - a. Depreciação da aparência: aspecto murcho, engelhado.
 - b. Acelera o aparecimento de danos causados pelo frio (*pitting*) e dos danos mecânicos.
 - c. Depreciação da textura: amolecimento, flacidez, redução da sensação de suculência.
 - d. Depreciação do valor nutritivo: vitaminas A e C.
3. Legislação sobre rotulagem e contratos. O peso indicado no rótulo ou as quantidades contratadas podem não ser fornecidas devido à perda de água.

FÍSICA DA PERDA DE ÁGUA

A perda de água está relacionada com a evaporação, com o comportamento do vapor de água no ar e com os mecanismos desenvolvidos pelas plantas para regularem a transferência de água do interior das células e tecidos para a superfície.

A evaporação (passagem do estado líquido para o estado gasoso) é um fenómeno de superfície. Nos órgãos vegetais podemos considerar duas superfícies onde a evaporação ocorre: a superfície das células e a superfície dos órgãos.

Admite-se que a água que se evapora à superfície das células vai saturar o ar dos espaços intercelulares no interior do tecido. Uma vez no estado gasoso, o vapor de água move-se por difusão do interior do tecido para a superfície ou da superfície do órgão para o ambiente circundante.

O processo de transferência de massa pelo qual o vapor de água se move, por difusão, da superfície do órgão vegetal para o ar circundante é descrito pela lei da difusão de Fick, que relaciona a difusão de um gás através de uma superfície plana com a sua concentração (equação 3.1).

$$[3.1] \quad J = -DA \frac{\partial C}{\partial x}$$

Assumindo condições de fluxo em estado estacionário e ausência de armazenamento de água na distância x , é possível integrar a equação 3.1 entre dois pontos do sistema. Com recurso a algumas relações psicrométricas e redefinição de variáveis é possível deduzir a equação 3.2.

$$[3.2] \quad J_A = K \times DPV$$

O coeficiente de transpiração (K) é uma constante de proporcionalidade que resume o efeito dos diversos factores relacionados com a natureza do produto e que influenciam a taxa de transpiração. O DPV é a diferença entre a pressão de vapor do ar saturado e a pressão de vapor do ar ambiente.

LISTA DE SÍMBOLOS		
J	Fluxo de água	$\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$
D	Coefficiente de difusão	$\text{m}^2.\text{s}^{-1}$
A	Área da superfície	m^2
C	Concentração de vapor de água	mol.m^{-3}
x	Distância	m
J_A	Taxa de perda de água	massa por unidade de tempo (%.dia ⁻¹ ,g.h ⁻¹ ,kg.mês ⁻¹)
K	Coefficiente de transpiração	massa por unidade de área do produto (ou peso), por unidade de défice de pressão de vapor por unidade de tempo
DPV	Défice de pressão de vapor	kPa ou outra unidade de pressão

A taxa de perda de água é proporcional à diferença de pressão de vapor entre o ar (saturado) no interior do produto e a pressão de vapor no ar ambiente que rodeia o produto. Esta relação pode ser utilizada para determinar as taxas de perda de água em diferentes situações (diferentes produtos, temperaturas, humidade relativa). No entanto, este método origina resultados correctos apenas sob condições em que a pressão barométrica, a natureza da superfície do produto e a velocidade do ar permaneçam constantes.

Com recurso à equação 3.2 pode-se estimar as perdas de água de produtos hortofrutícolas em condições concretas durante o manuseamento pós-colheita. Embora existam valores tabelados para o coeficiente de transpiração (quadro 3.5), os valores são, na prática, algo variáveis.

ESTIMATIVA DE PERDA DE ÁGUA

Estime a perda de água que ocorre quando 100 toneladas de cebolas são armazenadas durante 5 meses a 0 °C e 70% de humidade relativa. Considere um coeficiente de transpiração $K = 60 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$. A pressão de vapor do ar circundante e do ar no interior das cebolas é, respectivamente:

$$P_{\text{ar}}(0\text{ }^{\circ}\text{C}, 70\%) = 0,000432 \text{ MPa}$$

$$P_{\text{cebolas}}(0\text{ }^{\circ}\text{C}, 100\%) = 0,000617 \text{ MPa}$$

$$\text{DPV} = 0,000617 - 0,000432 = 0,000185 \text{ MPa}$$

$$\text{Perda de água} = 60 \times 0,000185 = 0,0111 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

Ao fim de 5 meses, 100 toneladas de cebola armazenadas nas condições referidas perdem 14,4 toneladas de água.

FACTORES QUE AFECTAM A PERDA DE ÁGUA

A água evapora-se de um produto hortofrutícola a uma taxa que é igual ao produto do défice de pressão de vapor pelo coeficiente de transpiração (equação 3.2). Estas duas variáveis são influenciadas por características inerentes ao produto e por factores ambientais (quadro 3.1).

FACTORES RELACIONADOS COM O PRODUTO	FACTORES AMBIENTAIS
Razão superfície/volume	Humidade relativa do ar
Características da superfície de evaporação	Velocidade do ar
Danos mecânicos	Temperatura
Estado fisiológico do produto	Pressão
Cultivar («variedade»)	Luz
Factores pré-colheita	

Quadro 3.1 • Factores que afectam a perda de água

FACTORES RELACIONADOS COM O PRODUTO

A **razão superfície/volume** é o principal factor relacionado com o produto que determina a taxa de perda de água. Se apenas factores físicos estiverem envolvidos, a taxa de perda de água é proporcional à razão superfície/volume. Os produtos agrícolas apresentam grandes diferenças de razão superfície/volume (quadro 3.2) que contribuem para as diferenças que se registam nas suas taxas de perda de água.

SUPERFÍCIE / / VOLUME (cm ² .cm ⁻³)	EXEMPLOS DE PRODUTOS
500-1000	Folhas comestíveis (superfície intercelular)
50-100	Superfície exposta de folha
10-15	Grãos da maioria dos cereais
5-10	Sementes de leguminosas
2-5	Vagens, muitos frutos secos, morango, chalota
0,5-1,5	Tubérculos, raízes, frutos de pomóideas, prunóideas, citrinos, frutos de cucurbitáceas, banana, cebola
0,2-0,5	Couves de repolho densas, nabos grandes, inhames, cocos

Quadro 3.2 • Valores da razão superfície/volume típicos de frutas e hortaliças (Ben-Yehoshua, 1987)

Uma vez que a evaporação ocorre nas células da epiderme ou da superfície mais ou menos modificada do órgão, as **características da superfícies de evaporação** influenciam o processo. Os valores referidos no quadro 3.3 transmitem uma ideia da ordem de grandeza da taxa de perda de água a partir de diferentes superfícies vegetais, com diferentes graus de protecção natural contra a evapotranspiração.

NATUREZA DA SUPERFÍCIE	EXEMPLOS	TAXA DE EVAPORAÇÃO (mg.cm ⁻² .mbar ⁻¹ .h ⁻¹)
Células interiores	Mesófilo esponjoso	3 - 4
Raízes ligeiramente suberizadas	Cenoura, beterraba	1
Órgãos cobertos de cutícula	Folhas, frutos	0,02 - 0,4
Órgãos fortemente suberizados	Batata	0,01

Quadro 3.3 • Taxas de evaporação de diferentes superfícies vegetais (Ben-Yehoshua, 1987)

Os órgãos vegetais possuem protecções contra a perda de água (cutícula, periderme) e possuem também estruturas especializadas, como os estomas e as lenticelas, que facilitam a troca de vapor de água e outros gases entre o tecido e o ar circundante. A presença de indumento na epiderme (tricomas que podem ser pêlos ou papilas) tende a reduzir a perda de água. Se por um lado a presença de tricomas aumenta a superfície de evaporação, por outro lado aumenta a resistência da camada limite, reduzindo os efeitos da velocidade do ar circundante.

A cutícula e as ceras epicuticulares são hidrofóbicas e representam uma importante barreira à perda de água. Diferenças na espessura e na estrutura da cutícula contribuem para as diferenças da taxa de transpiração de diferentes produtos. O movimento de massa de vapor de água através da superfície de folhas faz-se através de estomas. Os estomas normalmente fecham quando as folhas começam a perder água e fecham na ausência de luz. Nos órgãos que desenvolvem periderme (*e.g.* batata), a elevada quantidade de suberina deste tecido impede a perda de água que se faz apenas através das lenticelas. Frutos e órgãos subterâneos têm normalmente lenticelas.

Os **danos mecânicos** induzem enormes aumentos da taxa de perda de água. Os danos por compressão e impacto (pisaduras) alteram o movimento e compartimentação da água no interior do produto. As abrasões e cortes quebram as barreiras superficiais de protecção contra a perda de água, tendo um efeito superior.

O **estado fisiológico** do produto, principalmente o seu estado de maturação, influencia a permeabilidade da superfície dos frutos e outros órgãos vegetais. A transpiração aumenta muito nos produtos atacados por fungos. A **cultivar** e os **factores pré-colheita** contribuem para diferenças no calibre e nas características osmóticas e anatómicas dos produtos, influenciando a sua taxa de perda de água durante o período pós-colheita.

FACTORES AMBIENTAIS

Como foi referido, a taxa de perda de água depende do défice de pressão de vapor que se estabelece entre o produto e a atmosfera circundante. Nos produtos hortofrutícolas carnudos, considera-se que a humidade relativa no interior dos tecidos é 100%.

Humidade relativa. O défice de pressão de vapor está relacionado com a humidade relativa do ar. A uma determinada temperatura o ar pode conter vapor de água até que a humidade relativa atinja 100%. Quanto menor for a humidade relativa, maior é a capacidade do ar extrair água dos produtos.

Temperatura. Se outros factores se mantiverem constantes, quanto maior for a temperatura do produto, maior é a taxa de perda de água. Um aquecimento do ar reduz a sua humidade relativa, aumentando o défice de pressão de vapor.

Velocidade do ar. O movimento do ar em torno dos produtos reduz a espessura e, conseqüentemente, a resistência da camada limite e favorece a perda de água. Numa câmara frigorífica, o movimento do ar também influencia o défice de pressão de vapor, devido à maior remoção de vapor de água ao nível do evaporador.

Pressão. A taxa de evaporação é inversamente proporcional à pressão. A taxa de perda de água aumenta 10% por cada redução de 10% na pressão. Os produtos arrefecidos num sistema de arrefecimento por vácuo estão muito sujeitos a perda de água (ver Capítulo 5). O mesmo efeito ocorre durante o transporte aéreo. Embora os aviões sejam pressurizados, existe um diferencial de pressão que favorece a perda de água.

No contexto da pós-colheita de produtos hortofrutícolas, a **luz** tem um efeito reduzido na taxa de perda de água. O efeito da luz pode ser feito através da promoção da abertura dos estomas ou através do aumento da temperatura. A perda de água tende a aumentar com o aumento da intensidade luminosa e com o aumento da duração de exposição à luz.

COEFICIENTE DE TRANSPIRAÇÃO

O coeficiente de transpiração (K), tal como foi definido, é um parâmetro que traduz a facilidade com que uma superfície perde água. Uma superfície de água livre perde água mais facilmente do que um produto hortofrutícola e tem um K mais elevado. Folhas (*e.g.* espinafre) e raízes não suberificadas (*e.g.* cenoura) possuem valores de K elevados, enquanto órgãos muito suberificados (*e.g.* batata) apresentam valores de K baixos (quadro 3.5).

PRODUTO	COEFICIENTE DE TRANSPIRAÇÃO (mg.kg ⁻¹ .s ⁻¹ .MPa ⁻¹)	
	Valor médio	Intervalo de valores
Maçã	42	16-100
Batata	44	2-171
Cebola	60	13-123
Pêra	69	10-144
Toranja	81	29-167
Laranja	117	25-227
Uva	123	21-254
Ameixa	136	110-221
Tomate	140	71-365
Limão	186	139-229
Couve repolho	223	40-667
Pêssego	572	142-2089
Alho francês	790	530-1042
Cenoura	1207	106-3250
Aipo	1760	104-3313
Couve-de-bruxelas	6150	3250-9770
Alface	7400	680-8750

Quadro 3.5 • Valores do coeficiente de transpiração de algumas frutas e hortaliças (Thompson *et al.*, 2002a)

SENSIBILIDADE E TOLERÂNCIA DOS PRODUTOS À PERDA DE ÁGUA

Os produtos hortofrutícolas diferem na quantidade de água que podem perder sem que haja uma depreciação observável da sua qualidade

(quadro 3.6). Por exemplo, as folhas de espinafre exibem sinais evidentes de murchidão se perderem mais de 3% do seu peso fresco, enquanto alguns dados apontam para o facto de a comercialização do feijão-verde só ficar comprometida quando a perda de água atinge 41%.

CULTURA	MÁXIMA PERDA DE ÁGUA ADMISSÍVEL (% DO PESO FRESCO INICIAL)
Feijão-verde	41
Nectarina	21
Aboborinha (<i>courgette</i>)	15
Pêssego	11-16
Couves de repolho	7-10
Cebola, aipo	10
Espargo, cenoura (sem folhas), couve-de-bruxelas	8
Couve-flor, beterraba, batata, pimento, milho-doce, agrião, alho francês, maçã	7
Tomate	4-7
Morango	6
Pepino, ervilha-de-quebrar, pêra, uva	5
Alface	3-5
Brócolos, cenoura com folhas	4
Espinafre	3

Quadro 3.6 • Máxima perda de água admissível nalguns produtos hortofrutícolas. Acima do valor indicado o produto deixa de ser comercializável (Ben-Yehoshua, 1987; Kays, 1997)

TECNOLOGIAS PARA REDUZIR A PERDA DE ÁGUA

Para minimizar as perdas de água podem adoptar-se um conjunto de medidas sumariadas no quadro 3.7. As estratégias aplicadas ao ambiente procuram reduzir a capacidade de o ar reter quantidades adicionais de vapor de água, diminuindo o défice de pressão de vapor entre o produto e

o ar. Isto consegue-se diminuindo a temperatura e/ou aumentando a humidade relativa.

CONDIÇÕES AMBIENTAIS	TRATAMENTOS AOS PRODUTOS
Reduzir a temperatura	Prevenir os danos mecânicos durante a colheita e manuseamento
Manter a humidade relativa elevada	Arrefecimento rápido logo após a colheita
Evitar um movimento de ar excessivo	Cura de raízes, bolbos e tubérculos
Minimizar as flutuações de temperatura	Aplicação de revestimentos comestíveis hidrofóbicos
	Embalagens que funcionem como barreiras à humidade

Quadro 3.7 • Estratégias aplicadas ao ambiente e aplicadas ao produto para reduzir as perdas de água

PROJECTAR AS CÂMARAS DE ARMAZENAMENTO PARA REDUZIR AS PERDAS DE ÁGUA

A prevenção da perda de água durante o armazenamento começa com o projecto do sistema de armazenamento e do equipamento de refrigeração das câmaras. A remoção de humidade da atmosfera pode ser desejável, no caso do armazenamento de produtos a humidades reduzidas (*e.g.* cebola, 70%), mas geralmente é indesejável pois a maioria dos produtos deve ser armazenada a humidades relativas de 95 a 98%.

O controlo da pressão de vapor em armazéns está intimamente associado com o controlo da temperatura. Para conseguir manter humidades relativas elevadas dentro de uma câmara, o projectista pode recorrer a:

- Aumento da área da superfície do evaporador;
- Humidificação directa;

- Arrefecimento com evaporadores molhados;
- Câmaras encamisadas.

AUMENTO DA ÁREA DA SUPERFÍCIE DO EVAPORADOR

O funcionamento do sistema de refrigeração mecânica remove humidade da atmosfera da câmara, devido à condensação do vapor de água ao nível do evaporador. Para entendermos as variáveis envolvidas, vejamos como se processam as trocas de calor num evaporador. O fluxo de calor num evaporador (calor absorvido por unidade de tempo) é função da diferença de temperatura entre o fluido frigorígeno e o ar da câmara (ΔT) e da área da superfície de troca do evaporador (A); e é traduzida pela equação 3.3

$$[3.3] \quad q = UA\Delta T$$

em que q é o calor que é necessário remover devido à respiração dos produtos, transmissão através das paredes da câmara e infiltrações de ar, e U é o coeficiente global de transmissão térmica.

Se a temperatura do fluido frigorígeno for baixa em relação à temperatura do ar da câmara, a água condensa no evaporador, conduzindo a um abaixamento da humidade do ar e acelerando a perda de água.

Para reduzir a desidratação podem adoptar-se duas estratégias:

1. Manter a temperatura do fluido frigorígeno próxima da temperatura do ar da câmara ou
2. Aumentar a área do evaporador.

A estratégia 1 não pode ser plenamente aplicada, uma vez que é necessário remover o calor que entra na câmara por transmissão através de paredes, o calor que é necessário remover para arrefecer o ar de infiltração e o calor que é gerado pela respiração dos produtos. No entanto, a temperatura do fluido deve ser o mais próxima possível da temperatura do ar da câmara. Resta-nos a solução de aumentar a área do evaporador (equação 3.3).

No entanto, a humidade relativa máxima que se consegue obter apenas através do aumento da superfície do evaporador é de cerca de 90%.

HUMIDIFICAÇÃO DIRECTA

Consiste na introdução de água pulverizada ou de vapor de água na corrente de ar, depois de esta sair do evaporador. Com sistemas de humificação directa pode-se elevar a humidade relativa para valores da ordem de 98%.

ARREFECIMENTO COM EVAPORADORES MOLHADOS

Neste sistema a água é pulverizada sobre a superfície dos tubos do evaporador. A temperaturas próximas de 0 °C a velocidade do ar deve ser elevada e a temperatura do ar não deve descer abaixo de 1 °C para evitar a congelação. Com este método conseguem-se humidades relativas de cerca de 97%.

CÂMARA ENCAMISADA

Neste sistema:

- O calor transmitido através das paredes e tecto e produzido pelos ventiladores, é removido por ar que circula na camisa que envolve o espaço de armazenamento;
- O espaço de armazenamento é isolado do ar circundante (isolamento térmico e de humidade);
- O calor produzido por respiração é removido pela parede da camisa. Uma vez que a área da parede é grande comparada com as necessidades de remoção do calor de respiração, as diferenças de temperatura são pequenas e o ar perde pouca humidade;
- O espaço de armazenamento, com humidade relativa elevada, está separado da estrutura e do isolamento, evitando a condensação de água no isolamento.

ACTIVIDADE METABÓLICA

As alterações metabólicas que ocorrem no período pós-colheita podem ser desejáveis ou indesejáveis. Quando não são controladas, conduzem a perdas quantitativas e qualitativas.

O B J E C T I V O S

- Entender os processos fisiológicos envolvidos na depreciação da qualidade.
- Reconhecer a relação entre a taxa de respiração e a perecibilidade.
- Conhecer os aspectos fisiológicos da respiração que se relacionam com os sistemas de manuseamento.
- Entender os efeitos do etileno na regulação da senescência e amadurecimento.
- Conhecer as tecnologias utilizadas para prevenir os efeitos negativos do etileno.



ENQUADRAMENTO Os produtos hortofrutícolas frescos são órgãos vivos e devem permanecer como tal durante o período pós-colheita. Para além da perda de água, anteriormente analisada, os factores biológicos envolvidos na deterioração (perdas de quantidade e qualidade) são: 1) a respiração; 2) a produção de etileno; 3) as alterações na composição; 4) o crescimento e desenvolvimento indesejáveis; 5) a ocorrência de acidentes fisiológicos; 6) a resposta metabólica a danos mecânicos e 7) a patologia pós-colheita. Todos estes aspectos da actividade metabólica devem ser minimizados durante o manuseamento. Neste capítulo damos ênfase a aspectos do metabolismo respiratório e aos efeitos do etileno.

RESPIRAÇÃO

A respiração é o processo que fornece energia e esqueletos de carbono para a totalidade do metabolismo celular, desempenhando por isso um papel central no metabolismo vegetal.

TAXA RESPIRATÓRIA E PERECIBILIDADE

Uma generalização que pode ser feita em relação ao comportamento pós-colheita dos produtos agrícolas frescos é que a taxa respiratória e a longevidade pós-colheita estão inversamente relacionadas (figura 4.1). Os sistemas de manuseamento devem, pois, ser concebidos de forma a minimizar a taxa de respiração dos produtos.

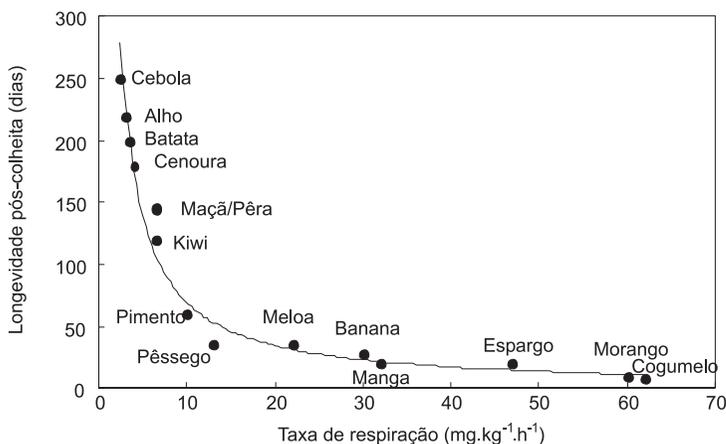


Figura 4.1 • Relação entre a taxa respiratória e a longevidade pós-colheita de produtos hortofrutícolas

No quadro 4.1 apresenta-se uma classificação dos produtos hortofrutícolas quanto à sua taxa respiratória. Podemos constatar que, em geral, a taxa de respiração é directamente proporcional ao teor de água nos tecidos.

CLASSE	RESPIRAÇÃO A 5 °C (mg CO ₂ .kg ⁻¹ .h ⁻¹)	PRODUTOS
Muito baixa	<5	Noz, avelã, castanha, amêndoa, tâmara
Baixa	5 - 10	Maçã, citrinos, uva, kiwi, cebola, batata
Moderada	10 - 20	Damasco, banana, cereja, pêssego, nectarina, pêra, ameixa, figo, couve, cenoura, alface, pimento, tomate
Alta	20 - 40	Morango, framboesa, amora, couve-flor, abacate
Muito alta	40 - 60	Alcachofra, feijão-verde, couve-de-bruxelas, flores cortadas
Extremamente alta	>60	Espargo, brócolo, cogumelos, ervilha fresca, espinafre, milho-doce

Quadro 4.1 • Comparação das taxas de respiração de diferentes produtos (Kader, 2002)

METABOLISMO RESPIRATÓRIO

A equação 4.1 sintetiza o processo de respiração.



Quando o substrato respiratório é uma hexose (açúcar), o processo consome 1 mole ($6,02 \times 10^{23}$ moléculas) de hexose e 6 moles de oxigénio e liberta 6 moles de dióxido de carbono, água e calor. Por convenção, expressa-se a quantidade de energia libertada pela respiração em função da oxidação completa de uma mole de glucose. A oxidação de uma mole de glucose (180 g) liberta 2880 kJ (686 kcal).

Para efeitos de dimensionamento de sistemas de armazenamento e outros aspectos do manuseamento pós-colheita de produtos hortofrutícolas, podemos utilizar a equação 4.2 para estimar a quantidade de calor produzida por produtos hortofrutícolas.

$$[4.2] \quad Q = R \times m \times 10,88 \times 24$$

Lista de símbolos

Q - calor produzido (kJ/24 horas)

m - massa total do produto, t

R - taxa de respiração, mg.kg⁻¹.h⁻¹

10,88 J / (mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹)

QUOCIENTE RESPIRATÓRIO PARA DIFERENTES SUBSTRATOS

As células vegetais têm capacidade para utilizar ácidos orgânicos como substrato respiratório. A composição do produto influencia o tipo de substratos utilizados pela respiração. Isto pode ser avaliado através do quociente respiratório (QR), que é a razão entre o volume (ou moles) de CO₂ libertado e o volume (ou moles) de O₂ consumido (equação 4.3).

$$[4.3] \quad QR = \frac{CO_2 \text{ (mol ou mL)}}{O_2 \text{ (mol ou mL)}}$$

As frutas e hortaliças frescas têm normalmente valores de QR entre 0,7 e 1,3, dependendo do substrato que é predominantemente oxidado (quadro 4.2). Quando o substrato respiratório predominante são açúcares, o QR é próximo da unidade. Valores negativos do QR indicam a utilização de lípidos e valores superiores a 1,0 indicam a respiração de ácidos orgânicos. Em situações de hipóxia, valores de QR muito superiores a 1 ou um aumento brusco do QR com a redução da concentração de O₂ na atmosfera indicam metabolismo fermentativo.

SUBSTRATO	EQUAÇÃO	QR
Glucose	$C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$	1,0
Malato	$C_4H_6O_5 + 3 O_2 \rightarrow 4 CO_2 + 3 H_2O$	1,3
Ácido esteárico	$C_{18}H_{36}O_2 + 26 O_2 \rightarrow 18 CO_2 + 18 H_2O$	0,7
Fermentação	$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_6O + 2 CO_2 + 2 H_2O$	>> 1

Quadro 4.2 • Respiração de diferentes substratos e respectivos quocientes respiratórios

FACTORES QUE AFECTAM A TAXA DE RESPIRAÇÃO

Considerando que a taxa respiratória está correlacionada com a perecibilidade, interessa conhecer os factores que a influenciam (quadro 4.3).

FACTORES INTERNOS	FACTORES EXTERNOS
Genótipo <ul style="list-style-type: none"> • Espécie • Cultivar («variedade») Órgão <ul style="list-style-type: none"> Estádio de desenvolvimento à colheita Factores pré-colheita 	Temperatura <ul style="list-style-type: none"> Composição da atmosfera <ul style="list-style-type: none"> • Concentração de O₂ • Concentração de CO₂ • Etileno Stresse físico

Quadro 4.3 • Factores que afectam a taxa de respiração de produtos hortofrutícolas

FACTORES INTERNOS

A informação resumida no quadro 4.1 deixa claro que a taxa de respiração difere com a espécie. Também existem diferenças na taxa respiratória entre cultivares da mesma espécie.

O metabolismo dos órgãos vegetais está relacionado com o seu papel biológico. Órgãos de reserva (*e.g.* batata, cebola), alguns frutos maduros (*e.g.* maçã) e frutos secos (*e.g.* noz) possuem taxas respiratórias baixas. Folhas e inflorescências tendem a ter taxas respiratórias elevadas.

De uma forma geral, a taxa respiratória dos órgãos vegetais diminui durante o desenvolvimento e maturação. Produtos que são colhidos no estado imaturo, enquanto se encontram em crescimento activo (*e.g.* espargo, brócolo) possuem taxas respiratórias muito elevadas. Órgãos maduros (*e.g.* maçã, batata) possuem taxas de respiração mais reduzidas.

O comportamento respiratório climactérico é uma excepção à regra geral da diminuição da taxa respiratória durante a maturação e após a colheita.

Existe variabilidade no comportamento dos produtos produzidos em diferentes regiões, em diferentes anos e em sistemas de cultura distintos. Isto reflecte o efeito de factores pré-colheita na taxa de respiração. Por exemplo, maçãs produzidas com baixo teor em cálcio têm uma taxa respiratória superior a maçãs com um teor em cálcio adequado.

Os factores inerentes ao produto hortofrutícola não podem ser alterados durante o manuseamento. A área de intervenção do gestor de operações de pós-colheita é sobre os factores ambientais que afectam a taxa de respiração.

FACTORES AMBIENTAIS

O efeito da temperatura na taxa de respiração é determinante. Dentro do intervalo de temperaturas relevantes do ponto de vista fisiológico, a velocidade das reacções biológicas aumenta 2 a 3 vezes por cada aumento de 10 °C na temperatura. Esta relação é conhecida como regra de van't Hoff. A variação da velocidade de um fenómeno biológico por cada 10 °C de variação de temperatura é designada por Q_{10} . Assim um $Q_{10} = 2$ significa que a velocidade do fenómeno em consideração duplica por cada 10 °C de aumento na temperatura. O Q_{10} para a respiração pode ser calculado através da equação 4.4.

$$[4.4] \quad Q_{10} = \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^{\frac{10}{T_2 - T_1}}$$

em que R_1 e R_2 são as taxas de respiração às temperaturas T_1 e T_2 respectivamente.

O Q_{10} permite estimar a taxa de respiração a determinada temperatura, uma vez conhecida a taxa a outra temperatura e assim avaliar o impacto de alterações da temperatura. Embora o conceito seja simples e tenha utilidade, apresenta também diversas limitações. Uma delas é que o Q_{10} varia com a temperatura. Esta variação está representada no quadro 4.4.

TEMPERATURA (°C)	Q_{10} ASSUMIDO	TAXA DE RESPIRAÇÃO RELATIVA	LONGEVIDADE RELATIVA	PERDAS (%)
0		1,0	100	1
10	3,0	3,0	33	3
20	2,5	7,5	13	8
30	2,0	15,0	7	14
40	1,5	22,5	4	25

Quadro 4.4 • Efeito da temperatura nas taxas de respiração e de deterioração de um produto insensível a danos pelo frio (Kader, 2002)

O Q_{10} diminui com o aumento da temperatura até cerca de 40 °C. Acima desta temperatura o Q_{10} torna-se inferior a 1 à medida que o tecido se aproxima da morte térmica. Isto ocorre a cerca de 50-55 °C, quando as enzimas ficam desnaturadas e o metabolismo se desequilibra irreversivelmente. Os órgãos vegetais podem tolerar temperatura de 55 °C por apenas alguns minutos.

Em frutas e hortaliças susceptíveis a danos pelo frio (ver Capítulo 5), verifica-se uma maior taxa de respiração a temperaturas inferiores à temperatura crítica do que a temperaturas superiores. Estes produtos susceptíveis a danos pelo frio, também manifestam um aumento anormal da respiração quando transferidos para temperaturas acima do limiar dos danos. Um aumento sustentado da taxa de respiração após remoção da baixa temperatura indicia danos irreversíveis causados pelas baixas temperaturas.

A taxa respiratória decresce com a redução da concentração de O_2 na atmosfera circundante do produto, até que se atinja uma concentração crítica, abaixo da qual as células entram em anaerobiose. Abaixo dessa concentração, a taxa respiratória, medida através da produção de CO_2 aumenta com a redução da concentração de O_2 (efeito de Pasteur).

O aumento da concentração de CO_2 inibe as reações de descarboxilação que ocorrem no processo respiratório normal (*e.g.* no ciclo dos ácidos tricarbóxicos e na conversão de malato a piruvato), o que leva à acumulação de etanol e acetaldeído. A taxa respiratória (medida através do consumo de O_2) diminui com o aumento da concentração de CO_2 .

PADRÃO RESPIRATÓRIO

O padrão respiratório dos órgãos vegetais durante o período pós-colheita pode assumir as tendências apresentadas na figura 4.2. Note-se que, embora nos órgãos climactéricos, um aumento da síntese de etileno esteja associada ao aumento da taxa respiratória, o termo climactérico aplica-se ao padrão respiratório.

O climactérico respiratório é descrito considerando quatro fases:

1. Mínimo pré-climactérico;
2. Ascensão climactérica;
3. Pico climactérico;
4. Fase pós-climactérica.

São órgãos não-climactéricos todos os órgãos vegetativos (todas as hortaliças de raiz, folhas) e os órgãos reprodutivos (flores e frutos) de

algumas espécies. Outras flores e frutos apresentam um padrão respiratório climactérico (quadro 4.5).

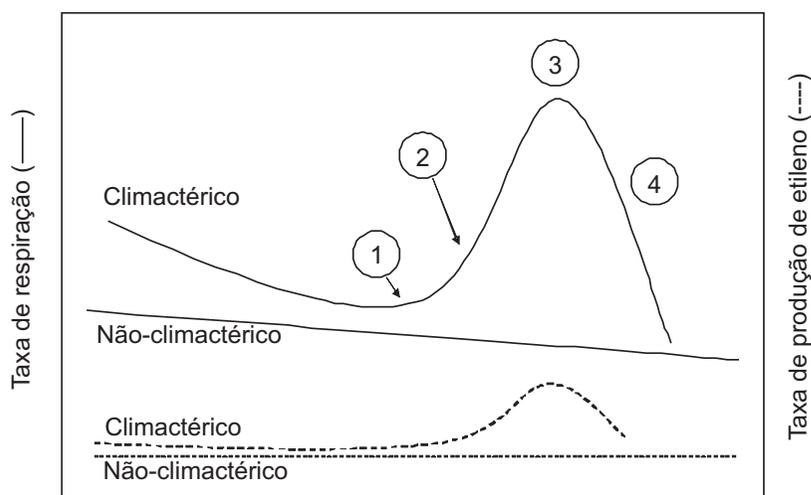


Figura 4.2 • Padrão respiratório e evolução da taxa de produção de etileno em órgãos climactéricos e não-climactéricos

FRUTOS CLIMACTÉRICOS		FRUTOS NÃO-CLIMACTÉRICOS	
Nome comum	Nome científico	Nome comum	Nome científico
Abacate	<i>Persea americana</i>	Amora	<i>Rubus sp.</i>
Ameixa	<i>Prunus americana</i>	Ananás	<i>Ananas comosus</i>
Banana	<i>Musa spp.</i>	Azeitona	<i>Olea europea</i>
Chirimolia	<i>Annona cherimola</i>	Beringela	<i>Solanum melongena</i>
Damasco	<i>Prunus armeniaca</i>	Caju	<i>Anacardium occidentale</i>
Diospiro	<i>Diospyros kaki</i>	Carambola	<i>Averrhoa carambola</i>
Feijoa	<i>Acca sellowiana</i>	Cereja	<i>Prunus avium</i>
Figo	<i>Ficus carica</i>	Framboesa	<i>Rubus sp.</i>
Fruta pão	<i>Artocarpus altilis</i>	Ginja	<i>Prunus cerasus</i>
Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	Kumquat	<i>Fortunella margarita</i>
Kiwi	<i>Actinidia deliciosa</i>	Laranja	<i>Citrus sinensis</i>
Maçã	<i>Malus domestica</i>	Lima	<i>Citrus aurantifolia</i>
Manga	<i>Mangifera indica</i>	Limão	<i>Citrus limon</i>
Mangostão	<i>Garcinia mangostana</i>	Litchi ¹	<i>Litchi chinensis</i>
Maracujá	<i>Passiflora edulis</i>	Longana	<i>Nephelium longana</i>
Marmelo	<i>Cydonia oblonga</i>	Malagueta	<i>Capsicum annum, C. frutescens</i>
Melão	<i>Cucumis melo</i>	Melancia ¹	<i>Citrullus lanatus</i>



Mirtilo	<i>Vaccinium myrtillus</i>	Morango	<i>Fragaria ananassa</i>
Nectarina	<i>Prunus persica</i>	Nêspera	<i>Eriobotrya japonica</i>
Papaia	<i>Carica papaya</i>	Pepino	<i>Cucumis sativus</i>
Pêra	<i>Pyrus communis</i>	Pimento	<i>Capsicum annum</i>
Pêssego	<i>Prunus persica</i>	Quiabo	<i>Abelmoschus esculentus</i>
Rambutão	<i>Nephelium lappaceum</i>	Romã	<i>Punica granatum</i>
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Tâmara	<i>Phoenix dactylifera</i>
		Tomate arbóreo	<i>Cyphomandra betacea</i>
		Toranja	<i>Citrus paradisi</i>
		Uva	<i>Vitis vinifera</i>

Quadro 4.5 • Padrão respiratório de alguns frutos

¹ Considerado climactérico em referências desactualizadas

OUTROS ASPECTOS DO METABOLISMO OXIDATIVO

Nem todo o O_2 consumido por um tecido é reduzido na cadeia de transporte de electrões que faz parte do metabolismo respiratório. Embora esta parte seja eventualmente dominante, existem muitas outras oxidases e oxigenases (enzimas que usam O_2 como substrato). Estas são normalmente de menor afinidade (maior K_m) do que a citocromo *c* oxidase.

Entre as oxidases dos órgãos vegetais que apresentam interesse no contexto da qualidade dos produtos hortofrutícolas destacam-se as referidas no quadro 4.6.

As oxidases com baixa afinidade para o oxigénio (elevado K_m) são as primeiras a ser afectadas quando, em situações de atmosfera controlada ou de atmosfera modificada (ver Capítulo 5), diminuem os níveis de O_2 . A inibição das reacções de oxidação é, para além do efeito na respiração, um benefício adicional da atmosfera controlada.

ENZIMA	PAPEL NO METABOLISMO
Alta afinidade, baixo K_m	
Citocromo <i>c</i> oxidase	Respiração
Baixa afinidade, elevado K_m	
Oxidase alternativa	Respiração, sem produção de ATP
Polifenoloxidase (PPO)	Oxidação de compostos fenólicos (acastanhamento enzimático)
ACC oxidase (ACO)	Síntese do etileno
Lipoxigenase (LOX)	Peroxidação de ácidos gordos

Quadro 4.6 • Algumas oxidases ou oxigenases de plantas superiores e seus efeitos na qualidade de frutas e hortaliças

ETILENO

O QUE É O ETILENO?

O etileno é uma hormona vegetal, fisiologicamente activa em concentrações muito baixas, inferiores a 0,1 ppm (quadro 4.7). É naturalmente produzido por todos os tecidos vegetais e por diversos microrganismos. É ainda um poluente atmosférico, proveniente de fontes naturais (plantas, solos, gás natural, combustões naturais) e antrópicas (combustão de carvão, petróleo, motores, fumo de cigarros, borracha exposta ao calor e às radiações ultravioletas). No quadro 4.8 constam algumas características do etileno.

ACTIVIDADE BIOLÓGICA	CONCENTRAÇÃO ($\mu\text{L.L}^{-1}$)
Nível crítico actividade	0,01
$\frac{1}{2}$ máximo	0,1
Saturação	10

Quadro 4.7 • Concentrações de etileno com efeitos fisiológicos

Massa molecular relativa	28,05
Fórmula estrutural	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$
Ponto de ebulição (à pressão atmosférica)	103,7 °C
Inflamabilidade no ar	
Limite inferior	3,1%
Limite superior	32%
Cor	Sem cor
Odor	Leve odor adocicado

Quadro 4.8 • Algumas características do etileno

O etileno é praticamente omnipresente na atmosfera. Concentrações na ordem de 10 a 15 ppb são frequentes em casas e ao ar livre. Numa central fruteira com o uso dos empilhadores com motores de combustão as concentrações podem atingir 1 a 2 ppm, 10 vezes mais do que o necessário para causar respostas fisiológicas. Nas concentrações existentes nos locais de distribuição, pontos de venda e armazenamento doméstico

(quadro 4.9), o etileno pode reduzir o potencial de armazenamento de frutas e hortaliças em 10 a 30%.

LOCAL	CONCENTRAÇÃO ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)
Grossistas e centros distribuição	0,06
Supermercados	0,02-0,04
Frigoríficos domésticos	0,03-0,2

Quadro 4.9 • Concentrações de etileno frequentemente registadas em diversos locais da cadeia de abastecimento de frutas e hortaliças (Watkins, 2002)

EFEITOS DO ETILENO

O etileno desempenha importantes funções hormonais na biologia vegetal, regulando diversos processos relacionados com o desenvolvimento e respostas a stresses bióticos e abióticos. As funções do etileno dependem da espécie, do tipo de órgão e tecido e do estágio de desenvolvimento.

No contexto da pós-colheita de produtos hortofrutícolas, os efeitos do etileno podem ser benéficos ou indesejáveis.

EFEITOS INDESEJÁVEIS DO ETILENO

A presença de etileno em zonas de manuseamento de produtos hortofrutícolas provoca normalmente uma redução da vida pós-colheita de todos os produtos.

O efeito mais dramático do etileno traduz-se no acelerar do amadurecimento e da senescência, aumentando a velocidade de degradação da clorofila e o amolecimento de frutos. O etileno aumenta a susceptibilidade dos frutos a fungos, provoca ou agrava o desenvolvimento de acidentes fisiológicos em folhas e frutos, como por exemplo o *russet spotting* em alface, a acumulação de isocumarinas de sabor amargo em cenoura e o aumento da susceptibilidade ao *bitter pit* em maçã. Provoca abscisão de folhas, flores, frutos. No espargo, aumenta a dureza e a fibrosidade. Em batata, estimula o abrolhamento.

No quadro 4.10 classificam-se alguns produtos hortofrutícolas tendo em conta a sua sensibilidade ao etileno.

SENSIBILIDADE AO ETILENO	FRUTAS	HORTALIÇAS
Elevada	Abacate, ameixa, banana, damasco, kiwi, maçã, manga, melões (grupo <i>inodorus</i>), nectarina, papaia, pêra, pêssego	Alface, brócolo, couve-de-bruxelas, couve-flor, couves de repolho, espinafre, hortaliças de folha, pepino, tomate
Moderada	Laranja, lima, limão, meloas (grupo <i>cantalupensis</i>), toranja	Chicórias, cogumelos, endívia, ervilha, escarola, espargo, feijão-verde
Baixa	Figo	

Quadro 4.10 • Sensibilidade ao etileno de alguns produtos hortofrutícolas

EFETOS BENÉFICOS E UTILIZAÇÃO COMERCIAL DO ETILENO

Apesar dos efeitos indesejáveis referidos, o etileno é utilizado comercialmente para:

- Acelerar e uniformizar o amadurecimento de frutos climactéricos.
- Uniformizar a cor em citrinos (*desverdeamento*). Usa-se nos frutos da produção primor, permite antecipar a colheita.
- Facilitar a colheita mecânica (abscisão).

A PRODUÇÃO DE ETILENO PELOS PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS

Todos os órgãos vegetais produzem etileno. Todas as hortaliças derivadas de estruturas vegetativas – hortaliças de órgãos subterrâneos, de folhas, de caule – e as estruturas reprodutivas não-climactéricas produzem pouco etileno em condições normais. Nos frutos e inflorescências climactéricas (*e.g.* brócolo) a taxa de produção de etileno aumenta em paralelo com o aumento da taxa de respiração. Infecção com patógenos, danos mecânicos e outras situações de stresse, provocam um aumento da taxa de produção de etileno. No quadro 4.11 apresenta-se uma classificação de produtos com base na sua taxa de produção de etileno a 20 °C.

Nos órgãos climactéricos, o início do climactérico é marcado por alterações na expressão dos genes que regulam a biossíntese do etileno, que passa a ser regulada de forma diferente. Designa-se por sistema 2 de

síntese de etileno, para o distinguir do sistema 1, existente em todos os órgãos vegetais, tanto climactéricos, como não-climactéricos.

CLASSE	PRODUÇÃO A 20 °C ($\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	PRODUTOS
Muito baixa	0,01 – 0,1	Cereja, citrinos, uva, morango, romã, batata, flores corte, hortícolas de folhas e raízes
Baixa	0,1 – 1,0	Mirtilo, pepino, quiabo, pimento, diospiro, ananás, framboesa
Moderada	1,0 – 10,0	Banana, figo, manga, tomate, alguns melões
Alta	10,0 – 100,0	Maçã, damasco, abacate, meloa, feijoa, kiwi, nectarina, pêssego, papaia, pêra, ameixa
Muito alta	>100,0	Maracujá, cherimoia

Quadro 4.11 • Classificação dos produtos com base na taxa de produção de etileno (Kader, 2002).

BIOSSÍNTESE DE ETILENO

O etileno é sintetizado a partir do aminoácido metionina através de uma rota metabólica altamente regulada e consumidora de energia.

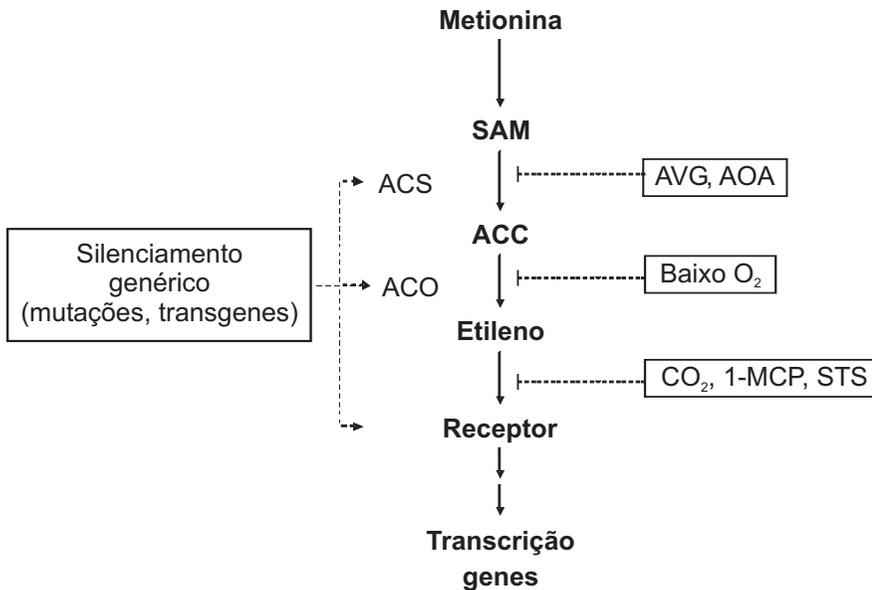


Figura 4.3 • Factores que influenciam a biossíntese e acção do etileno (Kader, 2003)

A metionina reage com ATP para produzir S-adenosil-metionina (SAM), numa reacção catalisada pela enzima SAM sintetase. A enzima ACC sintase (ACS) cliva a SAM formando o ácido aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) e 5'-metil-tioadenosina (MTA), na reacção considerada limitante da velocidade de síntese do etileno. A MTA é reciclada, produzindo novamente metionina, com consumo de ribose. O ACC é convertido em etileno, CO₂ e cianeto (CN) pela acção da enzima ACC oxidase (ACO). A figura 4.3 esquematiza a biossíntese e a acção do etileno, referindo os factores que permitem o seu controlo.

ACÇÃO DO ETILENO

Uma vez em contacto com os tecidos o etileno liga-se a uma proteína da membrana plasmática (receptor). Este complexo etileno-receptor altera a actividade de uma cadeia de transdução de sinal, no citoplasma, que leva à transcrição de determinados genes e à consequente síntese ou activação de enzimas que causam as respostas fisiológicas.

ESTRATÉGIAS DE CONTROLO DA SÍNTESE E DA ACÇÃO DO ETILENO

Existem diversas técnicas para proteger os produtos hortofrutícolas dos efeitos nefastos do etileno, que podem ser enquadradas em três estratégias:

- Remoção do etileno do ambiente;
- Silenciamento químico;
- Silenciamento genético.

REMOÇÃO DO ETILENO

Remoção de fontes. A forma mais simples e frequentemente mais eficaz de evitar a acumulação de etileno no ambiente é eliminar as fontes bióticas e abióticas de etileno. Deve-se eliminar a utilização de empilhadores a gás ou quaisquer outros equipamentos com motores de combustão das áreas de armazenamento e manuseamento de frutas e hortaliças. Também se impõe eliminar os frutos climactericos em amadurecimento,

sobrematuros ou quaisquer produtos podres.

Ventilação. Para remover o etileno do ambiente pode-se recorrer à ventilação. Uma taxa de renovação de ar de 1 volume por hora é frequentemente suficiente se o ar exterior não estiver poluído com etileno.

Permanganato de potássio. O etileno pode ser oxidado a CO_2 e H_2O pelo permanganato de potássio (KMnO_4). Os filtros comerciais contêm um material poroso impregnado com permanganato de potássio para proporcionar uma elevada superfície de contacto com o etileno. Os filtros podem ser formados em placas colocadas nas aberturas de entrada de ar ou o ar tem de ser forçado através dos filtros.

Ultravioletas e geradores de ozono. O etileno pode também ser oxidado com equipamentos que recorrem à radiação ultravioleta. Estes equipamentos geram ozono e um composto intermediário da síntese do ozono oxida o etileno presente no ar. O ozono gerado é tóxico para os produtos hortofrutícolas e é removido à saída do equipamento.

Oxidação catalítica. O etileno pode ser oxidado se reagir com o O_2 atmosférico a temperatura elevada (cerca de $200\text{ }^\circ\text{C}$) na presença de um catalisador de platina. Estes equipamentos são muito eficazes na remoção do etileno, mas processam um volume de ar relativamente pequeno, sendo por isso aconselháveis para câmaras pequenas ou em situações de armazenamento prolongado em atmosfera controlada.

Adsorção. A adsorção do etileno em carvão activado ou brominado não é um método tão divulgado como os métodos que recorrem à oxidação.

SILENCIAMENTO QUÍMICO

O silenciamento químico actua inibindo a síntese ou a acção do etileno através da utilização de compostos orgânicos ou inorgânicos.

A inibição da síntese do etileno é eficaz em situações que a biossíntese é a única fonte de etileno, como nos frutos climactéricos que produzem elevadas quantidades de etileno. Os inibidores da síntese não previnem os efeitos negativos do etileno já presente na atmosfera. A inibição da síntese de etileno pode ser conseguida ao nível da ACC sintase ou da ACC oxidase.

A enzima ACC sintase necessita de piridoxal fosfato como co-factor. São conhecidos diversos compostos que inibem enzimas que requerem piridoxal fosfato, dos quais a aminoetoxivinilglicina (AVG) e o ácido amino-oxiacético (AOA) têm sido utilizados. O AVG, apresentado no mercado com o nome de ReTain® (Abbott Laboratories), está disponível em diversos países. O ácido amino-oxiacético (AOA) também inibe a ACC sintase, mas não está registado para utilização comercial.

A síntese de etileno pode também ser inibida ao nível da ACC oxidase. A actividade da ACC oxidase pode ser inibida pela redução da concentração de O_2 na atmosfera ou por temperaturas superiores a $30\text{ }^\circ\text{C}$. São conhecidos outros inibidores da ACC oxidase, como o ião cobalto, mas sem aplicação comercial.

A inibição da síntese, no entanto, não previne a resposta dos tecidos ao etileno exógeno, presente na atmosfera. Uma outra estratégia de silenciamento consiste em inibir a acção do etileno, utilizando produtos que se ligam ao receptor do etileno e impedem a sua acção.

Os inibidores da acção do etileno podem ainda ser reversíveis ou irreversíveis, consoante o tipo de ligação ao receptor.

Quanto aos inibidores da acção do etileno que actuam ligando-se ao receptor referem-se o ião prata que tem sido utilizado nas flores de corte e plantas em vaso. Para aumentar a sua mobilidade, o ião prata (nitrato de prata) é complexado com tiosulfato de sódio formando tiosulfato de prata (STS). O 1-metilciclopropeno (1-MCP), eficaz em concentrações reduzidas encontra-se actualmente homologado em diversos países e prevê-se para breve a sua homologação em Portugal para alguns produtos.

O CO_2 compete com o etileno ao nível do receptor. Não é um inibidor muito forte, mas as enormes diferenças entre a concentração de CO_2 e de etileno que se podem obter em condições de atmosfera controlada contribuem para um efeito inibidor da acção do etileno.

Uma outra forma de minimizar ou bloquear a acção do etileno é reduzir a actividade metabólica, recorrendo à redução da temperatura ou a vapores de etanol.

A atmosfera controlada ou modificada (ver capítulo 5) actua sobre a síntese (ACC oxidase) e sobre a acção (receptor) do etileno através da acção combinada da concentração de O_2 reduzida e da concentração de CO_2 elevada.

SILENCIAMENTO GENÉTICO

O conhecimento dos genes que codificam as enzimas responsáveis pelo metabolismo do etileno e pela transdução do sinal, aliado ao desenvolvimento da tecnologia de manipulação do ADN, permitiu o desenvolvimento de estratégias para uma manipulação molecular das respostas ao etileno. O melhoramento convencional tem tirado partido de mutações naturais (e.g. *rin* em tomate longa vida) para reduzir a síntese de etileno e prolongar a vida pós-colheita de frutos. Estratégias moleculares (plantas transgénicas) têm recorrido ao silenciamento da ACC sintase, da ACC oxidase e do receptor do etileno.

OPERAÇÕES E TECNOLOGIAS PÓS-COLHEITA

Um sistema de manuseamento é composto por diversas operações e tecnologias integradas para atingir determinados objectivos.

O B J E C T I V O S

- Conhecer as principais operações e tecnologias utilizadas no manuseamento de produtos hortofrutícolas.
- Reconhecer a importância do controlo da temperatura e as tecnologias que o permitem.
- Descrever as principais operações de preparação para o mercado.
- Conhecer os diferentes sistemas de armazenamento.
- Conhecer as exigências técnicas referentes à embalagem.
- Indicar os aspectos a verificar para assegurar a qualidade dos produtos durante o transporte.



ENQUADRAMENTO Para preparar os produtos hortofrutícolas para o mercado e manter a sua qualidade entre a colheita e o consumo e recorre-se a um conjunto de operações e de tecnologias que são estudadas neste capítulo. As operações e tecnologias são incorporadas numa cadeia de abastecimento e devem ser escolhidas, dimensionadas e operadas numa perspectiva sistémica.

TECNOLOGIAS PÓS-COLHEITA

As operações e tecnologias integradas nos sistemas de manuseamento podem ser classificadas de acordo com o quadro 5.1.

- I. Controlo da temperatura
- II. Controlo da humidade relativa
- III. Tecnologias suplementares
 - III.1. Aplicadas ao produto
 - III.1.1. Operações de limpeza
 - III.1.2. Operações de selecção
 - III.1.3. Cura de tubérculos, raízes e bolbos
 - III.1.4. Revestimentos comestíveis
 - III.1.5. Tratamentos pelo calor
 - III.1.6. Luta contra as doenças pós-colheita (pesticidas, antagonistas biológicos)
 - III.1.7. Inibidores do abrolhamento
 - III.1.8. Outros tratamentos químicos (antioxidantes, cálcio, reguladores de crescimento)
 - III.1.9. Fumigação para o controlo de insectos
 - III.1.10. Tratamento com etileno
 - III.2. Aplicadas ao ambiente
 - III.2.1. Atmosfera controlada e atmosfera modificada
 - III.2.2. Embalagem
 - III.2.3. Circulação e velocidade do ar
 - III.2.4. Ventilação (renovação do ar)
 - III.2.5. Eliminação do etileno
 - III.2.6. Desinfecção e sanidade
- IV. Biotecnologias

Quadro 5.1 • Uma classificação das tecnologias pós-colheita (adaptado de Kader, 2002)

O PAPEL CENTRAL DA GESTÃO DA TEMPERATURA

É consensual entre os teóricos e práticos da Ciência e Tecnologia Pós-colheita que proporcionar aos produtos hortofrutícolas condições óptimas de temperatura e de humidade relativa são as melhores formas de garantir a sua qualidade durante o período pós-colheita. Todas as outras tecnologias devem ser encaradas como complementos ao controlo da temperatura e da humidade relativa. Considera-se que as tecnologias suplementares podem aumentar a longevidade pós-colheita em apenas 25 a 40% (figura 5.1).

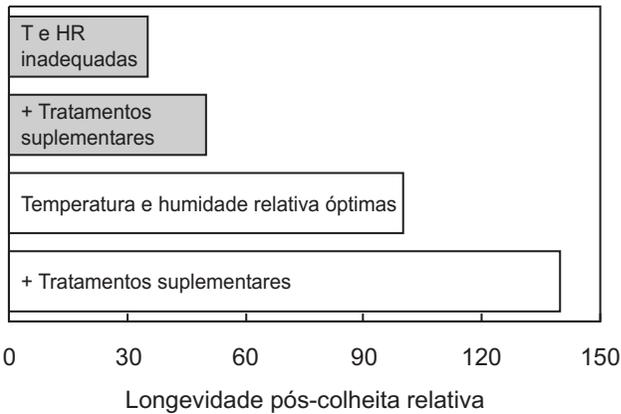


Figura 5.1 • Efeito do controlo da temperatura e da humidade relativa e de tecnologias complementares na longevidade pós-colheita de produtos hortofrutícolas (Kader, 2003)

Assim, para garantir a qualidade e estender a vida pós-colheita dos produtos hortofrutícolas é necessário arrefecer rapidamente para a temperatura mínima de segurança, logo após a colheita, e manter a cadeia de frio durante todo o período pós-colheita.

A refrigeração, à temperatura aconselhada para cada produto, tem um papel determinante na qualidade porque:

- Reduz a actividade metabólica, incluindo a respiração, a produção de etileno, as alterações de composição e a velocidade de senescência e de amadurecimento;
- Reduz a actividade microbiana, incluindo o desenvolvimento de doenças nos produtos hortofrutícolas e a proliferação de patógenos humanos;

- Reduz a perda de água;
- Reduz os fenómenos de crescimento que limitam a vida pós-colheita de órgãos de reserva (*e.g.* abrolhamento de batata, alho e cebola);
- Prolonga a vida pós-colheita de frutas e hortaliças, reduzindo a taxa de depreciação da sua qualidade.

ARREFECIMENTO

Quando os produtos são colhidos é necessário remover o calor sensível (baixar a temperatura) para assegurar a máxima longevidade que é possível obter. Todos os produtos destinados a serem transportados ou armazenados a baixas temperaturas devem ser pré-arrefecidos antes de serem colocados à temperatura de armazenamento. O processo de arrefecimento pode ocorrer na câmara de conservação (arrefecimento em câmara), mas é frequentemente vantajoso que constitua uma operação separada designada por **arrefecimento rápido** ou **pré-arrefecimento** (*precooling*). Embora o termo pré-arrefecimento esteja mais vulgarizado, a expressão arrefecimento rápido é mais precisa, pois o processo consta no arrefecimento propriamente dito e tem como objectivo acelerar a remoção de calor e não constitui uma operação prévia ao arrefecimento como a designação pré-arrefecimento poderia fazer supor.

Existem boas razões para a operação de arrefecimento ser distinta do armazenamento frigorífico, nomeadamente:

- **Capacidade frigorífica.** É necessária muito maior capacidade frigorífica para arrefecer um produto do que para manter a sua temperatura. O arrefecimento rápido exige mais potência do que um arrefecimento lento, mas a rotação de produto no sistema de arrefecimento é elevada.
- **Circulação de ar ou água.** O aumento da velocidade de circulação do fluido de arrefecimento e o íntimo contacto entre este e o produto a arrefecer, permitem acelerar o arrefecimento.
- **Equipamentos especiais.** As câmaras frigoríficas para conservação não possuem nem a capacidade frigorífica, nem a circulação de ar necessária para a rápida remoção do calor dos produtos. Para aumentar a velocidade e eficiência do processo de arrefeci-

mento foram desenvolvidos diversos métodos que requerem equipamentos ou instalações especialmente concebidas para o efeito.

Embora nesta secção se discutam os métodos de arrefecimento rápido, deve ficar referido que o arrefecimento começa no campo. Deve-se, desde a colheita, prevenir o aquecimento, recorrendo à sombra, aspersão de água e programação da colheita e transporte de modo a reduzir o período de tempo até ao pré-arrefecimento. Apresentam-se seguidamente algumas propriedades do processo de arrefecimento.

CURVA DE ARREFECIMENTO

Na figura 5.2 esquematiza-se a evolução da temperatura ao longo do tempo durante o processo de arrefecimento.

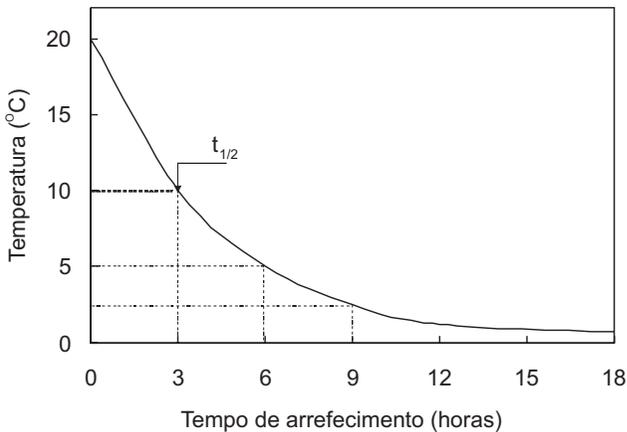


Figura 5.2 • Curva de arrefecimento

O meio-tempo de arrefecimento ($t_{1/2}$) é o tempo necessário para reduzir a diferença de temperatura entre o produto e o meio refrigerante para metade. O $t_{1/2}$ permanece constante durante o período de arrefecimento (em teoria) e é independente da temperatura inicial (em teoria). O meio-tempo de arrefecimento não depende do diferencial de temperatura e por isso, em teoria, permanece constante ao longo do período de arrefecimento. No exemplo da figura 5.2 o meio-tempo de arrefecimento é $t_{1/2} = 3$ h.

A quantidade de calor que é necessário remover para arrefecer produtos é determinada pela equação 5.1.

$$[5.1] \quad Q = mc_p (T_i - T_m)$$

sendo

Q - calor a remover (kJ)

m - massa (kg)

c_p - calor específico (kJ.kg⁻¹.°C⁻¹)

T_i - temperatura inicial (°C)

T_m - Temperatura média da massa (°C) no momento considerado

A velocidade de arrefecimento depende de:

- contacto entre o produto e o meio refrigerante;
- diferença de temperatura entre o produto e o meio refrigerante;
- velocidade de circulação do meio refrigerante;
- tipo de meio refrigerante.

Os factores que afectam a velocidade do arrefecimento são:

- dimensão do produto;
- temperatura inicial;
- coeficiente de transferência de calor;
- velocidade do fluido refrigerador (água ou ar);
- temperatura do fluido refrigerador.

DURAÇÃO COMERCIAL DO ARREFECIMENTO

As propriedades da curva de arrefecimento resultam no facto de, após algum tempo, ser necessário muito tempo para pequenos decréscimos na temperatura. Por essa razão, comercialmente o arrefecimento decorre até à remoção de 7/8 do calor sensível do produto, sendo o restante 1/8 de arrefecimento efectuado durante o transporte ou armazenamento.

Na prática efectua-se o arrefecimento até que a diferença de temperaturas tenha sido reduzida para 7/8 da diferença inicial. O tempo que leva a atingir esta temperatura é:

$$[5.2] \quad t_{7/8} = 3,0 \times t_{1/2}$$

MÉTODOS DE ARREFECIMENTO RÁPIDO

Existem os seguintes métodos de arrefecimento rápido:

- Arrefecimento em câmara (*room cooling*);
- Arrefecimento por ar forçado (*forced air cooling*);
- Arrefecimento por água ou hidroarrefecimento (*hydrocooling*);
- Arrefecimento por vácuo (*vacuum cooling*);
- Arrefecimento por gelo (*ice cooling, package icing, contact icing, top icing*).

ARREFECIMENTO EM CÂMARA

O método mais simples, mas também mais lento, para arrefecer produtos hortofrutícolas é o arrefecimento em câmara. Neste método, os produtos são colocados em câmaras frigoríficas convencionais onde são arrefecidos pelo contacto com o ar. Como a velocidade do ar é reduzida e o ar não é forçado através dos contentores de forma a garantir um íntimo contacto com o produto, o processo é lento e pode levar vários dias a atingir-se os 7/8 de arrefecimento. Os contentores devem ser ventilados e a estiva planeada de forma a garantir uma boa circulação do ar. Para reduzir as perdas de água, o ar deve ter uma humidade relativa elevada, mas adequada ao produto a armazenar.

Como o arrefecimento é lento, a temperatura da polpa do produto fica muito tempo acima da temperatura do ar, causando um elevado défice de pressão de vapor, que origina perdas de água apreciáveis. O arrefecimento em câmara é satisfatório para produtos que têm taxas de respiração baixas, como as batatas de conservação ou as cebolas.

ARREFECIMENTO POR AR FORÇADO

Neste método de arrefecimento o ar é forçado a atravessar os contentores (normalmente paletes) que contêm o produto, devido a uma diferença de pressão que é criada entre as duas faces do contentor. Com o aumento da velocidade do ar e da capacidade de refrigeração o tempo necessário para o mesmo arrefecimento é apenas 10 a 25% do tempo necessário para atingir o mesmo arrefecimento em câmara. Para minimizar a perda de água pode-se recorrer à humidificação do ar uti-

lizado no arrefecimento. Este método é recomendado para produtos como o pimento e o morango que são susceptíveis de apodrecer se forem molhados.

Existem quatro sistemas de arrefecimento por ar forçado: 1) Túnel; 2) Serpentina; 3) Parede fria e 4) Evaporativo.

ARREFECIMENTO POR ÁGUA

Os sistemas de arrefecimento por água removem o calor do produto com água fria. O contacto do produto com a água pode ser obtido por aspersão de água sobre o produto ou por imersão do produto na água. O arrefecimento por água pode ser efectuado de forma contínua ou descontínua. Como o calor específico da água é superior ao do ar, o processo de arrefecimento é mais eficiente, uma vez que um determinado volume de água pode remover mais calor do que o mesmo volume de ar à mesma temperatura. O arrefecimento por água é vantajoso por ser mais rápido do que o ar forçado e não causar perda de água nos produtos. Em cargas embaladas de forma compacta ou paletizadas de forma a dificultar o contacto da água com o produto a remoção de calor é mais lenta.

Uma vez que a água recircula no sistema, é necessário evitar o aumento da carga microbiana para prevenir contaminações de produtos. A água deve ser desinfectada com cloro e filtrada antes de retornar ao permutador de calor para ser arrefecida. Para uma desinfecção eficaz a água deve ter 100 a 150 ppm de cloro activo. Os equipamentos devem ser limpos diariamente. As embalagens devem ser resistentes à água e possuir boa drenagem. O arrefecimento por água pode ser utilizado em cerejas, feijão-verde e pepino.

ARREFECIMENTO POR VÁCUO

O arrefecimento por vácuo é um método que se baseia no princípio de que a evaporação da água remove calor do ambiente e a água evapora a temperaturas tanto mais baixas quanto menor for a pressão atmosférica. À pressão atmosférica normal a água ferve a 100 °C, mas à pressão de 4,6 mmHg a água ferve a 0 °C. O arrefecimento por este método é obtido através da evaporação da água do produto, causando por isso perdas de água que atingem 2 a 5%. A murchidão de diversas folhas torna-se aparente se a perda de água ultrapassar os 5%.

A perda de água e arrefecimento estão relacionados, obtendo-se uma redução de cerca de 5 °C por cada 1% de perda de água. Este método é apropriado para o arrefecimento rápido de hortaliças em que a razão superfície/volume é elevada (folhas, *e.g.* alface, espinafre). Por exemplo uma alface pode arrefecer em 20-25 minutos e uma couve-flor em 2-4 horas. Outras hortaliças como brócolo, couve-flor, milho-doce, couve-de-bruxelas, espargos e alcachofras também podem ser arrefecidos por este método podendo ser molhados previamente para reduzir a perda de água. Cogumelos também podem ser arrefecidos, pois são muito permeáveis ao vapor de água mas não podem ser molhados. Frutos, raízes, tubérculos e bolbos não são apropriados para o arrefecimento por vácuo.

TEMPERATURA DE SATURAÇÃO (°C)	PRESSÃO (kPa)
100	101,325
20	3,333
0	0,610
-2	0,517

Quadro 5.2 • Pressão da câmara de vácuo correspondente à temperatura desejada

ARREFECIMENTO POR GELO

A utilização de gelo para arrefecer produtos alimentares é um método antigo, mas ainda largamente utilizado. O arrefecimento obtém-se por transferência do calor do produto para o gelo, provocando a sua fusão. O gelo possui uma capacidade de remoção de calor superior à da água pois requer 335 kJ.kg⁻¹ para passar do estado sólido ao estado líquido (calor latente de fusão). As embalagens devem ser de cartão encerado, plástico ou madeira, para resistirem à água. O arrefecimento por gelo é eficaz na remoção do calor sensível, confere aos produtos nas embalagens um aspecto fresco e contribui para manter uma humidade relativa elevada e reduzir as perdas de água. No entanto o peso das embalagens é substancialmente acrescido e a água resultante da fusão do gelo molha o pavimento ou o local onde estão as embalagens. Este método serve para arrefecer produtos que não sofrem danos pelo gelo, como o espinafre, brócolo, ervilha-de-quebrar ou milho-doce.

Existem diversas formas de aplicar gelo aos produtos:

- *Top icing*, envolve a colocação de uma camada de gelo moído sobre a camada superior de produto antes de fechar as caixas. O método é económico, mas o arrefecimento é pouco eficaz pois o gelo só contacta com a camada superior do produto. Pode ser aplicado em produtos previamente arrefecidos por outro método.
- *Package icing*. Utiliza-se gelo liquefeito que é infiltrado dentro das embalagens numa suspensão em água, ficando o gelo em contacto com o produto após o escoamento da água. Pode-se adicionar sal à água para reduzir a temperatura. O arrefecimento é mais rápido e uniforme, mas exige equipamento mais dispendioso.

	AR FORÇADO	ÁGUA	VÁCUO	GELO	CÂMARA
Tempo de arrefecimento (h)	1-10	0,1-1	0,3-2	0,1-0,3 ou mais	20-100
Perda de água do produto (%)	0,1-2,0	0-0,5	2,0-4,0	?	0,1-2,0
Contacto de água com produto	Não	Sim	Não	Sim (a menos que em plástico)	Baixo
Potencial de contaminação microbiana	Baixo	Elevado	Não	Baixo	Baixo
Custo	Baixo	Baixo	Médio	Elevado	Baixo
Eficiência energética	Baixo	Elevada	Elevada	Baixa	Baixa
Necessidade de embalagem resistente água	Não	Sim	Não	Sim	Não
Portabilidade	Por vezes	Raro	Vulgar	Vulgar	Não
Utilização em linha	Raro	Sim	Não	Raro	Não

Quadro 5.3 • Comparação de métodos de arrefecimento (Thompson *et al.* 2002a)

FACTORES A CONSIDERAR NA ESCOLHA DE UM MÉTODO DE ARREFECIMENTO

Diversas considerações pesam na escolha do método de arrefecimento rápido a adoptar:

- Características do produto. Características físicas e fisiológicas do produto podem colocar limitações ao método a utilizar. Produtos que não podem ser molhados, devido a doenças ou danos causados pelo contacto com água, não podem ser arrefecidos por água nem

por gelo (*e.g.* morangos e cogumelos). Se o produto requer arrefecimento rápido o arrefecimento em câmara é pouco apropriado. O arrefecimento por vácuo é um método rápido mas não funciona com produtos densos e volumosos (*e.g.* meloas); por outro lado este é o método mais eficiente para arrefecer alface. O quadro 5.4 indica os métodos de arrefecimento compatíveis com diferentes produtos e os que são aconselháveis a operações de grande e de pequena dimensão.

- Compatibilidade com mistura de produtos. Se a instalação de arrefecimento rápido for destinada a arrefecer diversos tipos de produtos (não especializada) é aconselhável a escolha de um método que permita processar diversos tipos. O arrefecimento por ar forçado é o mais versátil e por isso mais adequado a pequenas instalações não especializadas. O arrefecimento por água, vácuo ou gelo são os meios mais especializados, adequados a apenas poucos tipos de produtos.
- Disponibilidade de instalações e equipamento.
- Custos. Custos de investimento. Os equipamentos mais caros são os de gelo líquido, seguidos dos sistemas de vácuo, ar forçado e água. O custo de investimento pode ser minimizado pelo uso frequente do equipamento por forma a diminuir a importância da taxa anual de desvalorização em cada unidade de produto refrigerada. Custos de operação. Os custos de operação dividem-se em custos de energia e custos de reparação e manutenção e custos de trabalho. Os custos de energia variam muito com o tipo de método e dependem não só da eficiência energética do processo, mas também da duração. A eficiência é mais elevada, por ordem decrescente, para o vácuo, água, gelo e ar forçado.
- Tipo de embalagem.
- Proximidade do mercado.

PRODUTO	TAMANHO DA OPERAÇÃO		NOTAS
	Grande	Pequena	
Fruta			
Citrinos	Câmara, ar forçado	Câmara	
Prunóideas	Ar forçado, água	Ar forçado	Damascos não podem ser arrefecidos por água
Pomóideas	Ar forçado, câmara, água	Câmara	
Subtropicais	Ar forçado, água, câmara	Ar forçado	
Tropicais	Ar forçado, câmara	Ar forçado	



Pequenos frutos	Ar forçado	Ar forçado	
Actinídia (kiwi)	Ar forçado	Ar forçado	
Uva	Ar forçado	Ar forçado	Requer instalações de arrefecimento adaptadas à fumigação com SO ₂
Hortaliças de folhas			
Couves de repolho	Vácuo, ar forçado	Ar forçado	
Alface de repolho	Vácuo	Ar forçado	
Couves de folhas	Vácuo (com ou sem pulverização de água), câmara	Ar forçado	
Outras hortaliças de folhas	Vácuo, ar forçado, água	Ar forçado	
Raízes e tubérculos			
Com folhas	Água, gelo, ar forçado	Água, ar forçado	Cenouras podem ser arrefecidas por vácuo
Sem folhas	Água, gelo	Água, gelo, ar forçado	
Batata	Câmara		Com arrefecimento evaporativo, câmaras adaptadas à cura
Batata-doce	Água	Câmara	
Hortaliças de caule e inflorescência			
Alcachofra	Água, gelo	Ar forçado, gelo	
Espargo	Água	Água	
Brócolo, couve-de-bruxelas	Água, ar forçado, gelo	Ar forçado, gelo	
Couve-flor	Ar forçado, vácuo	Ar forçado	
Aipo, ruiubarbo	Água, vácuo	Água, ar forçado	
Alho-francês	Gelo, água, vácuo	Gelo	
Cogumelos	Ar forçado, vácuo	Ar forçado	
Vagens			
Feijão-verde	Água, ar forçado	Ar forçado	
Ervilha	Ar forçado, gelo, vácuo	Ar forçado, gelo	
Bolbos			
Cebola	Câmara	Câmara, ar forçado	Adaptado à cura
Alho	Câmara		
Hortaliças de fruto			Sensíveis a danos pelo frio
Pepino, beringela	Câmara, ar forçado	Ar forçado	
Meloa	Água, ar forçado, gelo	Ar forçado	
Outros melões	Ar forçado, câmara	Ar forçado	
Melancia	Ar forçado, água	Ar forçado, câmara	
Pimento	Câmara, ar forçado, vácuo	Ar forçado	
Aboborinha, quiabo	Câmara, ar forçado	Ar forçado	
Milho-doce	Água, vácuo, gelo	Água, ar forçado, gelo	
Tomate	Câmara, ar forçado		
Abóbora	Câmara	Câmara	

Quadro 5.4 • Métodos de arrefecimento rápido recomendados para diferentes produtos hortofrutícolas (Thompson *et al.*, 2002b)

OPERAÇÕES DE SELECÇÃO E DE PREPARAÇÃO PARA O MERCADO

! Entende-se por selecção a segregação em grupos com características idênticas.

As operações de selecção de frutas e hortaliças normalmente são designadas por «calibração» e segregam por tamanho (*e.g.* diâmetro), forma, massa, cor, defeitos e composição. Mais recentemente, com a utilização de tecnologias não-destrutivas que permitem determinar o teor em sólidos solúveis e a textura, estes podem passar a ser critérios de selecção de frutas. As tecnologias de captura e análise de imagens vídeo têm sido incorporadas nas linhas de selecção (calibradores) e permitem separar por cor, forma, tamanho e defeitos externos. Tecnologias que utilizam radiação com comprimentos de onda de cerca de 930 a 950 nm (*near-infrared*, NIR) permitem uma estimativa do teor em sólidos solúveis. Outras tecnologias não-destrutivas têm potencial para serem adaptadas em linhas de selecção e funcionar em linha.

! Entende-se por classificação a separação em grupos com base em características de qualidade, definidas em normas (ver Capítulo 6).

As operações de selecção e de classificação conferem ao produto uma enorme mais-valia, porque a percepção da qualidade depende da uniformidade de um lote ou de uma embalagem.

As operações de preparação para o mercado dependem do tipo de produto hortofrutícola e também do tipo de mercado e de circuito de distribuição. Entre as operações comuns contam-se as seguintes:

- Recepção;
- Controlo de qualidade;
- Operações de controlo de pragas e doenças:
 - Aplicação de fungicidas;
 - Tratamentos por calor;
- Outros tratamentos pós-colheita (contra acidentes fisiológicos);
- Cura (algumas raízes, tubérculos e bolbos);
- Arrefecimento rápido;

- Triagem ou pré-calibração (pré-selecção);
- Armazenamento;
- Operações de limpeza:
 - Lavagem;
 - Remoção do indumento (*e.g.* pêssegos);
 - Escovagem;
- Selecção (calibração);
- Aplicação de revestimentos:
 - Secagem;
- Embalagem;
- Controlo de qualidade do produto acabado;
- Paletização;
- Armazenamento temporário (preparação de encomendas e espera);
- Transporte;
- Gestão das devoluções.

TRANSFERÊNCIA PARA LINHA DE SELECÇÃO

Quando os produtos chegam à linha de selecção (calibração), vindos do campo ou após o arrefecimento ou armazenamento temporário, têm de ser transferidos dos contentores para a linha. Os processos de transferência classificam-se em:

- Transferência a seco;
- Transferência em água:
 - Flutuação;
 - Escorrimento.

A transferência em água reduz o impacto entre produtos e a ocorrência de danos mecânicos. Nos produtos que são mais densos do que a água (*e.g.* pêra) pode-se adicionar um sal (sulfato de sódio) para os fa-

zer flutuar. A sanidade da água tem de ser assegurada para evitar a disseminação de inóculo de patogénios. A sanidade pode ser assegurada com 50-200 ppm de cloro activo e valores de pH entre 6,5 e 7,5.

SELECÇÃO

A selecção pode ser inteiramente manual (diversas hortaliças e operações pequenas) ou mecânica, com uma inspecção e triagem manual.

A selecção manual requer as seguintes condições:

- Espaço suficiente;
- Luz (500-1000 lux fornecidos por lâmpadas fluorescentes);
- Produtos sempre visíveis;
- Capacidade de ajustar o fluxo;
- Sistemas para evitar danos mecânicos.

A eficácia de uma operação de selecção manual passa pela gestão do pessoal. É necessário treinar os funcionários, atribuir responsabilidades de forma clara e atender às exigências ergonómicas do posto de trabalho. A supervisão da operação é indispensável.

FACTORES A CONSIDERAR NA ESCOLHA DE UMA LINHA DE SELECÇÃO

Na escolha de uma linha de selecção (calibrador) devem-se considerar os seguintes aspectos:

- Capacidade do calibrador. Admitir 2/3 da capacidade teórica;
- Precisão da selecção;
- Protecção contra danos mecânicos;
- Facilidade de ajustamento dos calibres ou critérios de selecção;
- Facilidade de alterar o direccionamento dos frutos ou hortaliças;
- Facilidade de limpeza e manutenção.

Os parâmetros de desenho e de operação de um calibrador devem permitir uma elevada produtividade e, simultaneamente, uma elevada eficiência na selecção e na detecção e remoção de não-conformidades (refugo).

TECNOLOGIAS DE ARMAZENAMENTO

O sistema de armazenamento deve permitir atingir os seguintes objectivos:

- Reduzir a actividade metabólica do produto, através do controlo da temperatura e, eventualmente, da composição da atmosfera;
- Reduzir o crescimento e disseminação de microrganismos, através do controlo da temperatura e da prevenção da acumulação de água (humidade) na superfície dos produtos;
- Reduzir as perdas de água;
- Reduzir os efeitos negativos do etileno.

Por vezes, os sistemas de armazenamento são também utilizados para aplicar tratamentos especiais aos produtos, como por exemplo efectuar a cura da batata e da batata-doce, a fumigação de uvas com dióxido de enxofre, o tratamento com etileno ou com o 1-metilciclopropeno, um inibidor da acção do etileno.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O ARMAZENAMENTO

Para atingir os objectivos referidos, os sistemas de armazenamento são concebidos para modificar, com maior ou menor grau de controlo, um ou mais dos seguintes parâmetros, enunciados por ordem de importância:

1. Temperatura;
2. Humidade relativa do ar;
3. Composição da atmosfera.

TEMPERATURA

A temperatura é o factor mais determinante da taxa de depreciação da qualidade pós-colheita dos produtos hortofrutícolas (ver Capítulo 4).

Após o período de arrefecimento, os produtos devem ser armazenados à temperatura óptima. A câmara frigorífica deve manter a temperatura relativamente uniforme.

Em relação à temperatura óptima de armazenamento, podemos considerar dois tipos de produtos hortofrutícolas:

- Produtos sensíveis a danos causados pelo frio;
- Produtos não sensíveis a danos causados pelo frio.

PRODUTO	TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	SINTOMAS
Abacate	4,5-13	Descoloração da polpa (castanho-cinza), escurecimento da casca
Abóbora	10	Susceptibilidade a <i>Alternaria</i>
Ananás	7-10	Verde quando amadurece
Anona	8-10	Escurecimento da pele, descoloração da polpa, vesículas rosa-pálido justo às sementes, amadurecimento anormal
Arando	2	Textura tipo borracha, polpa vermelha
Azeitona	7	Acastanhamento interno
Banana	11,5-13	Cor anormal quando maduras
Batata	3	Acastanhamento, aumento da doçura
Batata-doce	13	<i>Pitting</i> , podridões, descoloração interna
Beringela	7	Escaldão, escurecimento das sementes, susceptibilidade a <i>Alternaria</i>
Espargo	0-2	Cor anormal (verde-acinzentado), amolecimento
Feijão verde	7	<i>Pitting</i> e manchas acastanhadas
Goiaba	4,5	Polpa danificada, podridão
Laranja	3	<i>Pitting</i> , acastanhamento
Lima	7-9	<i>Pitting</i> , manchas escuras
Limão	11-13	<i>Pitting</i> , manchas avermelhadas
Maçã	2-3	Algumas cultivares. Acastanhamento interno, escaldão
Manga	10-13	Descoloração superficial (acinzentada), amadurecimento anormal
Melancia	4,5	<i>Pitting</i> , aroma desagradável
Melão	7-10	Descoloração avermelhada, <i>pitting</i> , podridão, amadurecimento anormal
Meloa	2-5	<i>Pitting</i> , podridões
Papaia	7	<i>Pitting</i> , amadurecimento anormal, aroma atípico, podridões
Pepino	7	Manchas de aspecto aguado, <i>pitting</i> , podridão
Pimento	7	<i>Pitting</i> susceptibilidade a <i>Alternaria</i> , escurecimento das sementes
Quiabo	7	Descoloração, zonas aspecto aguado, <i>pitting</i> , podridão
Romã	4,5	<i>Pitting</i> , acastanhamento
Tomate (maduro)	7-10	Aspecto aguado, podridão, amolecimento
Tomate (verde-maturo)	13	Susceptibilidade a <i>Alternaria</i> , amadurecimento anormal
Tomate arbóreo	3-4	<i>Pitting</i> , descoloração
Toranja	10	Escaldão, <i>pitting</i> , zonas de aspecto aguado

Quadro 5.5 • Temperaturas mínimas de segurança para armazenamento de alguns frutos e hortaliças susceptíveis a danos causados pelo frio e respectivos sintomas (adaptado de Hardenburg *et al.*, 1986)

Alguns produtos hortofrutícolas, especialmente os de origem tropical e sub-tropical, desenvolvem um acidente fisiológico designado por **danos pelo frio** quando são expostos a baixa temperatura durante um período de tempo suficiente. Os danos pelo frio resultam da exposição a temperatura inferiores a uma temperatura crítica, variável com o produto, mas sempre acima do ponto de congelação. Por exemplo, a temperatura crítica pode ser da ordem de 2 °C no espargo e nalgumas variedades de maçã

ou da ordem dos 13 a 14 °C na banana. O período de exposição a temperaturas inferiores à temperatura crítica que conduz ao desenvolvimento dos danos é tanto menor, quanto mais baixa for a temperatura. Muitas vezes, este acidente não se observa durante a exposição às baixas temperaturas, mas desenvolve-se rapidamente à temperatura ambiente, após a remoção dos produtos das condições indutoras. No quadro 5.5 referem-se os produtos hortofrutícolas sensíveis a danos pelo frio, a temperatura crítica para a maioria das cultivares e os sintomas dos danos.

Os **danos causados pelo gelo** constituem outro acidente fisiológico relacionado com as baixas temperaturas que pode ocorrer durante o armazenamento ou transporte. Ao contrário dos danos pelo frio, os danos pelo gelo devem-se à exposição a temperatura abaixo do ponto de congelação do produto. A formação do gelo provoca uma desidratação dos tecidos e eventualmente a ruptura das membranas celulares. Após descongelação os tecidos ficam flácidos, com aparência aguada ou translúcida. Os danos pelo gelo tornam os produtos hortofrutícolas inúteis para o mercado em fresco.

Os produtos hortofrutícolas diferem na temperatura de congelação e na susceptibilidade aos danos causados pelo gelo (quadro 5.6.). Quanto maior for a concentração de solutos nas células, mais negativo é o ponto de congelação e menores são os riscos de ocorrência accidental de danos pelo gelo devido a flutuações da temperatura na câmara de armazenamento.

PRODUTO	PONTO DE CONGELAÇÃO (°C)
Alface	-0,6 a -0,3
Pepino	-0,9 a -0,8
Tomate	-1,0 a -0,7
Cebola	-1,3 a -0,9
Espargo	-1,4 a -1,1
Batata	-1,8 a -1,7
Laranja	-2,3 a -2,0
Maçã	-2,2 a -1,7
Cereja	-4,3 a -3,8
Uva	-5,3 a -2,9

Quadro 5.6 • Ponto de congelação de alguns produtos hortofrutícolas

HUMIDADE RELATIVA DO AR

Pelo efeito que tem na perda de água, no desenvolvimento de doenças e de alguns acidentes fisiológicos, a humidade relativa do ar é, em conjunto

com a temperatura (com qual está relacionada) um factor determinante na manutenção da qualidade durante o armazenamento. Os métodos para controlar a humidade relativa encontram-se descritos no Capítulo 3.

COMPOSIÇÃO DA ATMOSFERA

O ar seco da atmosfera padrão tem 78,1% de N_2 , 20,9% de O_2 , 0,03% de CO_2 e cerca de 1% de árgon e outros gases. Naturalmente, a composição da atmosfera num determinado local e momento varia; adicionalmente, a atmosfera contém vapor de água e poluentes, nomeadamente etileno. A alteração da concentração de determinados gases na atmosfera pode ter efeitos benéficos na qualidade pós-colheita de produtos hortofrutícolas. Existem sistemas de armazenamento que tiram partido da composição da atmosfera para a regular o metabolismo dos órgãos vegetais e a actividade microbiana.

Os gases cuja concentração é mais frequentemente objecto de alteração são o oxigénio (O_2) e o dióxido de carbono (CO_2), sendo o remanescente constituído por N_2 . A hormona gasosa etileno (C_2H_4), é também objecto de atenção.

Apesar da importância dos sistemas de armazenamento que alteram a composição da atmosfera para alguns produtos, a alteração da composição da atmosfera deve ser encarada como uma tecnologia complementar ao controlo da temperatura e da humidade relativa.

SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO

Os principais sistemas de armazenamento de produtos hortofrutícolas recorrerem à refrigeração mecânica para arrefecer o ambiente e os produtos e a um adequado dimensionamento do sistema de refrigeração para evitar uma redução excessiva da humidade relativa (ver Capítulo 3). Complementarmente ao armazenamento frigorífico, a alteração da composição da atmosfera confere vantagens adicionais nalguns produtos.

No quadro 5.7 apresenta-se uma classificação dos sistemas de armazenamento que envolvem refrigeração mecânica. Não se consideram as operações de arrefecimento rápido, nem os sistemas de aplicação de etileno.

A distinção entre atmosfera controlada e atmosfera modificada relaciona-se com o grau de controlo do sistema sobre a composição gasosa da atmosfera. Na atmosfera controlada o grau de controlo é superior ao da atmosfera modificada. Na atmosfera modificada tira-se partido da respira-

ção dos produtos e da permeabilidade selectiva de barreiras (normalmente filmes de plástico) para alterar a concentração de O₂ e de CO₂.

SISTEMA	VARIANTES
Frio normal	
Atmosfera controlada (AC)	AC convencional
	L.O. (Low Oxygen)
	U.L.O. (Ultra Low Oxygen)
	AC de estabelecimento rápido
	AC diferida
	AC dinâmica
	AC com baixo etileno (<i>Low Ethylene CA, Ethylene-free CA</i>)
	CA sequencial (<i>Initial Low Oxygen Stress, programmed CA, sequential CA</i>)
	Concentração superatmosférica de O ₂
	AC interrompida
Atmosfera modificada (AM)	Armazenamento ou transporte em AM
	Embalagem em atmosfera modificada (MAP)
	AM com suplementação com monóxido de carbono
	Tratamento de choque com CO ₂
Hipobárico ou sistema de baixa pressão	

Quadro 5.7 • Uma classificação dos sistemas de armazenamento

ARMAZENAMENTO FRIGORÍFICO (FRIO NORMAL OU FRIO CONVENCIONAL)

A refrigeração mecânica está na base dos modernos sistemas de armazenamento de produtos hortofrutícolas. Um sistema de refrigeração mecânica utiliza um fluido refrigerante que é bombeado através de um circuito por um **compressor**. O fluido frigorígeno absorve calor de um espaço frio (câmara), através do **evaporador**, e transfere o calor para o exterior da câmara, através do **condensador**. Em pós-colheita utilizam-se sistemas de refrigeração mecânica que produzem temperaturas superiores a cerca de -1 °C. Em refrigeração comercial existem diversos tipos de sistemas cujo estudo fica fora do âmbito deste manual. As bases da refrigeração mecânica encontram-se descritas no manual elaborado por Empis e Martins (2000).

O sistema de armazenamento designa-se por frio normal ou frio convencional quando recorre apenas à refrigeração mecânica para arrefecer e controlar a temperatura de uma câmara, sem utilização de nenhuma tecnologia adicional para modificar a composição da atmosfera.

ATMOSFERA CONTROLADA

A designação «atmosfera controlada» aplica-se a sistemas que efectuam uma constante monitorização e regulação da concentração de O₂ e de CO₂ na atmosfera dentro de câmaras ou contentores hermeticamente fechados. Normalmente, o sistema mantém concentrações de O₂ inferiores e de CO₂ superiores às da atmosfera normal. Os sistemas de monitorização e controlo medem e ajustam periodicamente as concentrações de O₂ e de CO₂ à medida que elas se vão alterando devido à actividade metabólica dos produtos e a fugas através de frinchas de portas e das paredes.

No armazenamento em atmosfera controlada podem considerar-se variantes (quadro 5.7) que apresentam vantagens em relação a alguns produtos e estratégias de mercado. No entanto, as variantes são refinamentos da tecnologia e não apresentam diferenças quanto aos princípios do armazenamento em atmosfera controlada convencional.

Em relação à **concentração de O₂** consideram-se frequentemente três situações, que resultam do processo histórico de desenvolvimento da tecnologia (quadro 5.8). A **atmosfera controlada convencional** foi introduzida comercialmente por volta de 1929; nesta altura, a colocação em regime dependia apenas do metabolismo dos órgãos vegetais armazenados. O grande desenvolvimento da atmosfera controlada na Europa e EUA teve lugar no final da década de 1950. Em 1965 tornou-se possível reduzir os níveis de O₂ para 2%, valores que se passaram a designar por **low oxygen** (LO). Mais tarde, em 1978, as concentrações de O₂ atingiram 1,2% e passaram a ser designadas por **ultra low oxygen** (ULO) (0,7 a 1,5% de O₂). O armazenamento com níveis de O₂ inferiores a 2% exige um sistema de controlo da concentração muito mais rigoroso, para impedir a ocorrência de anaerobiose.

O ₂ (%)	CO ₂ (%)	DURAÇÃO ARMAZENAMENTO (SEMANAS)	DATA APROXIMADA
21	0	13	-
16	5	16	1920
3	5	21	1935
2	<1	27	1965
1,25	<1	31	1980
1	<1	33	1986

Quadro 5.8 • Evolução das recomendações para a maçã Cox's Orange Pippin a 3,5 °C em Inglaterra (Thompson, 1998)

Actualmente o ULO recorre a concentrações de O_2 de cerca de 1% ou inferiores e de CO_2 entre 0,5 e 1 % e utiliza-se no armazenamento de maçãs e pêras. Em relação à atmosfera controlada convencional, o sistema ULO permite uma maior redução da taxa respiratória e o controlo de alguns acidentes fisiológicos relacionados com o armazenamento em maçãs e pêras. No quadro 5.9 refere-se a composição da atmosfera para o armazenamento de maçãs nas três variantes consideradas.

GÁS	AC CONVENCIONAL	L.O.	U.L.O.
O_2	3	1,4-1,8	1,0-1,3
CO_2	2,5-3,8	1,5-2,0	< 1,0

Quadro 5.9 • Composição da atmosfera para armazenamento de algumas variedades de maçã em diferentes variantes (Herrero & Guardia, 1992)

Em relação à **colocação em regime** podemos distinguir as seguintes situações:

- **Lenta**, em que as concentrações de CO_2 e de O_2 são alteradas pela respiração dos produtos armazenados. Os níveis de O_2 podem levar 2 a 3 semanas a estabilizar.
- **Rápida**, em que a concentração de O_2 na câmara é reduzida dos cerca de 21% para 5% em cerca de 36 horas através da purga da câmara com azoto e remoção activa do oxigénio. Esta tecnologia permite, nalgumas circunstâncias, maximizar as vantagens da AC.

Em relação à regulação da composição da atmosfera, considera-se a **atmosfera controlada dinâmica**, em que as concentrações de O_2 e de CO_2 são alteradas continuamente durante o período de armazenamento em função do comportamento fisiológico da fruta. Neste sistema o metabolismo da fruta é monitorizado através de sensores que medem a produção de etanol ou a fluorescência das clorofilas.

Em relação ao **etileno**, nalguns sistemas a AC é combinada com equipamentos de remoção do etileno, utilizada para o armazenamento de frutas muito sensíveis ao etileno, como o kiwi e variedades de maçã e pêra muito sensíveis ao escaldão. De modo geral, reduz os efeitos negativos do etileno e mantém melhor as características organolépticas da fruta.

A **atmosfera controlada diferida** consiste em armazenar o produto em frio normal durante um período de tempo (3 semanas a 4 meses), após o qual se reduz a concentração de O_2 e se aumenta a concentração

de CO₂. Pode ser pouco prático de implementar. Tem vantagens nalgumas variedades de peras.

Quando se identificaram os efeitos negativos da atmosfera controlada nalguns produtos, estudou-se a possibilidade de alternar períodos de armazenamento em atmosfera controlada com períodos de armazenamento em frio normal. Os resultados da **AC interrompida** foram variáveis, positivos nalguns produtos e modalidades, negativos noutras e, por vezes, nenhuma vantagem foi observada.

Tratamento de choque com CO₂. Tratamento com 10 a 15 % de CO₂ durante 10 a 15 dias, antes da colocação em atmosfera controlada convencional. Utiliza-se nalgumas frutas (figo, diospiro, pêra, uva, ameixa). O objectivo é normalmente que o CO₂ funcione como tratamento fungicida. Em frutos como a cereja e o morango, que toleram estas concentrações de CO₂ é utilizado em atmosfera modificada como fungistático. No diospiro recorre-se a tratamentos CO₂ para eliminar a adstringência.

Na **atmosfera controlada sequencial** a fruta é exposta a, por exemplo, 1% de O₂ durante 2 a 6 semanas, seguida de armazenamento a 2 a 3% de O₂ durante o restante período. Noutras situações, é imposto um stresse inicial, expondo a fruta a condições de baixo CO₂ (< 1%) e de concentrações muito reduzidas de O₂ (0,1 a 0,4%) durante os primeiros 10 a 15 dias, antes de serem colocadas em AC convencional. É por vezes utilizado em maçã ou noutras frutas como tratamento insecticida. Pode prejudicar o aroma.

ATMOSFERA MODIFICADA

Na atmosfera modificada os produtos hortofrutícolas são fechados em filmes plásticos, recipientes, contentores ou câmaras que apresentam uma determinada permeabilidade aos gases. A alteração da composição da atmosfera é determinada pela taxa de respiração e pela permeabilidade das barreiras (filmes) não sendo monitorizada nem controlada enquanto o produto se encontra no recipiente. A modificação da atmosfera pode ser acelerada introduzindo no contentor ou embalagem uma mistura de gases ou substituindo parte da atmosfera por azoto.

Consideram-se duas situações de atmosfera modificada:

- armazenamento em atmosfera modificada, em que os produtos se encontram em câmaras ou contentores hermeticamente fechados, mas que possuem um painel com permeabilidade aos gases e
- embalagem em atmosfera controlada (MAP, *modified atmosphere packaging*).

A utilização de revestimentos superficiais (revestimentos comestíveis) com o objectivo de modificar a atmosfera interna do produto tem sido objecto de investigação, mas a sua aplicação prática com essa finalidade tem sido limitada devido a problemas de inconsistência na estabilidade e espessura dos revestimentos e variabilidade nos factores que afectam a difusão de gases em determinada fruta ou hortaliça.

Na atmosfera modificada, a concentração de O_2 e de CO_2 na atmosfera envolvente do produto depende de:

- Massa de produto dentro do contentor ou embalagem;
- Temperatura do produto e do ar circundante;
- Tipo e espessura do filme de plástico ou membrana utilizados;
- Condensação de humidade na superfície do filme;
- Velocidade do ar na face exterior do filme ou membrana.

ARMAZENAMENTO HIPOBÁRICO

Neste sistema as frutas e hortaliças são armazenadas sob um vácuo parcial. À medida que a pressão dentro da câmara de armazenamento é reduzida, através de uma bomba de vácuo, a pressão parcial (concentração) de O_2 é reduzida na mesma proporção. Como a ebulição da água a pressão reduzida ocorre a uma temperatura baixa, os produtos tendem a perder mais água, se não houver a preocupação de manter o ar dentro da câmara com uma humidade relativa perto de 100%. A construção da câmara tem de permitir aguentar o diferencial de pressão sem implodir. Tem sido argumentado que um benefício adicional dos sistemas hipobáricos consiste na remoção do etileno do interior dos órgãos vegetais, mas o sistema é pouco utilizado.

SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE BAIXA TECNOLOGIA

Existem métodos de armazenamento, de tecnologia mais simples, que recorrem a formas naturais de refrigeração e que são ainda largamente utilizados nas regiões onde a refrigeração mecânica não está disponível ou é dispendiosa. Estes métodos funcionam como formas de refrigeração alternativas à refrigeração mecânica. Os principais métodos são:

- **Arrefecimento evaporativo.** São técnicas económicas, muito eficientes do ponto de vista energético, mas só reduzem a temperatura até à temperatura do bolbo molhado. Temperaturas mais baixas

podem ser atingidas por um sistema evaporativo múltiplo. Um sistema múltiplo pode reduzir a temperatura até ao ponto de orvalho (em teoria).

- **Arrefecimento nocturno.** A ventilação nocturna dos armazéns nos climas mediterrânicos (grande amplitude térmica) pode ser uma forma interessante e económica de reduzir a temperatura em produtos não refrigerados (batata, cebola). A cobertura do armazém com um material reflector pode permitir baixar ainda mais a temperatura. A colheita nas primeiras horas da madrugada também permite tirar partido do arrefecimento nocturno.
- **Água de poços.** Pode estar cerca de 2 °C abaixo da temperatura do ar exterior.
- **Gelo natural.** A utilização do gelo natural como refrigerante permite manter temperaturas baixas. O gelo é um refrigerante eficaz, mas tem as desvantagens de ser necessário manusear grandes volumes e drenar a água resultante da fusão do gelo. O gelo produzido por refrigeração mecânica é utilizado em sistemas de arrefecimento rápido ou de conservação temporária, doméstica ou comercial, de produtos perecíveis.
- **Localização em altitude.** A construção de armazéns em locais de altitude elevada pode permitir o armazenamento sem recurso à refrigeração mecânica, ou reduzir a potência e custos de funcionamento dos sistemas de refrigeração mecânica.
- **Armazenamento subterrâneo.** Tecnologias de armazenamento utilizadas em produtos pouco perecíveis como batata de conservação, nabos e mandioca. Covas abertas num terreno bem drenado e revestidas com palha recebem uma pilha de produto que é coberta com palha e uma camada de 10 a 20 cm de terra. As caves, uma forma mais sofisticada de armazenamento subterrâneo, são também uma forma de armazenamento de produtos hortofrutícolas ainda utilizada em diversas regiões do mundo.

POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DA ALTERAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA ATMOSFERA

A diminuição da concentração de O₂ e o aumento da concentração de CO₂ provocam efeitos fisiológicos que podem ser benéficos e prolongar

a qualidade pós-colheita de alguns produtos hortofrutícolas. Outro aspecto importante na modificação da composição da atmosfera relaciona-se com os efeitos do etileno (ver Capítulo 4).

As atmosferas controladas ou modificadas são utilizadas comercialmente num número relativamente reduzido de produtos hortofrutícolas (quadro 5.10), havendo mesmo produtos em que a sua utilização acrescenta pouco ou nada aos ganhos de qualidade que se conseguem apenas com a refrigeração (quadro 5.11).

UTILIZAÇÃO PRÁTICA	ARMAZENAMENTO EM ATMOSFERA CONTROLADA	TRANSPORTE EM ATMOSFERA CONTROLADA OU MODIFICADA
Muito frequente	Maçã, pêra	-
Menos frequente	Kiwi, abacate, frutos secos, meloa, diospiro, espargo, brócolo	Maçã, abacate, banana, mirtilo, cereja, figo, kiwi, manga, nectarina, pêsego, pêra, ameixa, morango e framboesa

Quadro 5.10 • Utilização prática da atmosfera controlada ou modificada em frutas e hortaliças frescas (adaptado de Kader, 2003)

BENEFÍCIO POTENCIAL	FRUTAS	HORTALIÇAS
Elevado	Abacate, ameixa, banana, diospiro, framboesa, kiwi, maçã, morango, pêra, romã	Alface minimamente processada, brócolo, couves de repolho. Espargo
Moderado	Amora, ananás, cereja, damasco, figo, goiaba, lichi, lima, limão, manga, mirtilo, nectarina, pêra asiática (<i>nashi</i>), pêsego	Agrião, alcachofra, alface, coentro, cogumelos, melões, tomate (maduro)
Reduzido	Laranja, papaia, toranja, uva	Aipo, alho-francês, cebola, couve-chinesa, couve-de-bruxelas, couve-flor, endívia, ervilha de quebrar, espinafre, feijão-verde (indústria), milho-doce, pepino, pimento, quiabo, rabanete, salsa, tomate (maduro-verde)

Quadro 5.11 • Benefícios potenciais da atmosfera controlada ou atmosfera modificada nalgumas frutas e hortaliças (adaptado de Postharvest Technology Research and Information Centre, 2001)

Os produtos minimamente processados (IV gama na terminologia francesa ou *fresh cut* na americana) são processados e mantidos a baixa temperatura (0 a 5 °C) normalmente embalados em condições de atmosfera modificada. No quadro 5.12 classifica-se o potencial de aplicação da atmosfera modificada em frutas e hortaliças minimamente processadas.

POTENCIAL BENEFÍCIO	FRUTAS	HORTALIÇAS
Elevado	Kiwi, manga, melancia, melões, morango, romã	Alface, batata, brócolo, cebola, cenoura, couves de repolho
Moderado	Laranja, maçã, toranja	Abóbora, aboborinha, alho-francês, beterraba, couve-chinesa, espinafre, pimento, tomate
Reduzido	Diospiro, pêra, pêssego	-

Quadro 5.12 • Benefícios potenciais da atmosfera modificada nalgumas frutas e hortaliças minimamente processados (Postharvest Technology Research and Information Centre, 2001)

BENEFÍCIOS POTENCIAIS DA ATMOSFERA CONTROLADA E MODIFICADA

A redução da concentração atmosférica de O_2 ou a elevação dos níveis de CO_2 podem ter os seguintes efeitos benéficos:

- Retardar senescência e o amadurecimento e as alterações fisiológicas que lhes estão associadas (respiração, produção de etileno, alterações na textura e na composição);
- Reduzir a síntese de etileno desde que a concentração de O_2 seja inferior a 8% e reduzir a sensibilidade ao etileno se a concentração de CO_2 for superior a 1%;
- Aliviar alguns acidentes fisiológicos, tais como a susceptibilidade a danos pelo frio nalguns produtos, o escaldão na maçã e na pêra e o *russet spotting* na alface;
- Influenciar directa ou indirectamente os patogénios, reduzindo a ocorrência e a severidade das podridões;
- Atmosferas modificadas extremas (< 1% O_2 ou 40 a 60% de CO_2) podem ser utilizadas como tratamentos insecticidas nalguns produtos.

POTENCIAIS EFEITOS NEGATIVOS DA ATMOSFERA CONTROLADA E MODIFICADA

- Iniciação ou agravamento de certos acidentes fisiológicos (coração negro em batata, mancha castanha na alface, desordens internas em maçãs e peras);
- Amadurecimento irregular de frutos (banana, pêra, tomate);

- Aromas e odores desagradáveis resultantes da respiração anaeróbia;
- Danos por O₂ muito baixo ou CO₂ muito elevado resultam em aumento da susceptibilidade a doenças;
- No caso da batata estimula o abrolhamento e retarda formação da periderme.

GESTÃO DOS PRODUTOS EM ARMAZENAMENTO

Para garantir que os produtos apresentam elevada qualidade no final do período de armazenamento é necessário que se reunam as seguintes condições:

- Armazenar produtos de elevada qualidade. A qualidade dos produtos à colheita deve ser elevada e não ser prejudicada pela técnica de colheita e pelas operações de transporte, tratamentos pós-colheita e operações de selecção;
- Boa gestão das instalações de armazenamento:
 - Arrefecimento rápido dos produtos;
 - Estiva bem concebida;
 - Manutenção da temperatura nos níveis desejados, com flutuações mínimas;
 - Manutenção da humidade relativa do ar;
 - Manutenção da composição da atmosfera;
- Comercialização e extensão do período de armazenamento. As durações práticas do armazenamento para diferentes produtos hortofrutícolas constam do quadro 5.13. Deve-se evitar prolongar excessivamente o tempo de armazenamento, para um determinado potencial proporcionado pela qualidade do produto e pela tecnologia de armazenamento. O armazenamento por um período excessivo em relação ao potencial do lote é uma importante razão para a redução da qualidade dos produtos. Os lotes devem ser segregados de acordo com a avaliação feita do seu potencial de comercialização e removidos da câmara de acordo com esse potencial. Como regra geral, deve-se praticar uma gestão FIFO (*first in – first out*). Em situações de armazenamento prolongado pode ser útil armazenar separadamente algumas caixas de cada lote de produto e avaliar periodicamente o seu estado. O lote todo deve ser comercializado logo que a amostra mostre sinais relevantes de perda de qualidade;

- Aspectos sanitários. Para evitar contaminações com patógenos (fungos) as câmaras devem ser lavadas e, se necessário, desinfetadas, no final de cada campanha. Caixas ou outros contentores contaminados com fungos devem ser lavados e desinfetados antes de serem reutilizados. Os calibradores podem ser uma fonte importante de contaminação. Devem ser limpos frequentemente. Nalgumas operações, como citrinos, a desinfecção tem de ser diária.

PERECIBILIDADE RELATIVA	DURAÇÃO POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO (SEMANAS)	PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS
Muito elevada	< 2	Frutas: Amora, cereja, damasco, figo, framboesa, frutas minimamente processadas, mirtilo, morango. Hortaliças: Alface folhas, brócolo, cebola verde, cogumelos, couve-flor, ervilha, espargo, espinafre, hortaliças minimamente processadas, meloa, milho-doce, rebentos, tomate (maduro).
Elevada	2-4	Frutas: Abacate, ameixa, banana, goiaba, <i>loquat</i> , mandarina, manga, nectarina, papaia, pêssego, uva (sem tratamento com SO ₂). Hortaliças: Aboborinha (<i>courgette</i>), aipo, alcachofra, alfaces de repolho, berinjela, couve-de-bruxelas, couves-repolho, feijão-verde, melões, pepino-doce, pimento, quiabo, tomate (parcialmente maduro).
Moderada	4-8	Frutas: Diospiro, kiwi, laranja, lima, maçã (algumas cultivares), pêra (algumas cultivares), romã, toranja, uva (tratada com SO ₂). Hortaliças: Batata-primor, beterraba-mesa, cenoura, rabanete.
Reduzida	8-16	Frutas: Limão, maçã, pêra. Hortaliças: Abóboras, alho, batata (conservação), batata-doce, cebola, inhame.
Muito reduzida	> 16	Frutas: Amêndoa, avelã, castanha, noz.

Quadro 5.13 • Classificação de frutas e hortaliças quanto à sua perecibilidade relativa e longevidade pós-colheita potencial em condições de armazenamento em atmosfera normal e valores de temperatura e de humidade relativa próximos do óptimo (Kader, 2002)

ARMAZENAMENTO DOMÉSTICO

As habitações e instalações de restauração são locais de armazenamento de curta duração de frutas e hortaliças entre o momento da compra ou colheita na horta doméstica e a preparação e consumo. Nestas situações, não se pretende maximizar a longevidade dos produtos, mas manter a qualidade, com as instalações e equipamentos disponíveis.

Consideram-se dois locais de armazenamento (quadro 5.14):

- O frigorífico doméstico;
- A bancada à temperatura ambiente.

LOCAL DE ARMAZENAMENTO	FRUTAS		HORTALIÇAS	
	Frigorífico	Amoras, cerejas, damascos, figos, framboesas, frutos cortados e minimamente processados.	Maçãs (mais de 1 semana), mirtilos, morangos, peras asiáticas (<i>nashi</i>), uvas.	Aboborinha (<i>courgette</i>), aipo, alcachofras, alho-francês, beterrabas, brócolo, cenouras, coentros, cogumelos, couve-de-bruxelas, couve-flor, couves.
Amadurecer na bancada e depois armazenar no frigorífico	Abacate, ameixas, kiwi.	Nectarinas, peras, pêssegos.		
Armazenar apenas na bancada	Ananases, bananas, diospiros, laranjas, limas, limões, maçãs (menos de 1 semana).	Mandarinas, mangas, melancias, melões e meloas, papaias, romãs, toranjas.	Abóboras, alho ¹ , batata-doce ¹ , Batatas ^{1,2} , Beringelas ³ , Cebolas ¹ .	Gengibre, mangericão (em água), pepinos ³ , pimentos ³ , tomate.

Quadro 5.14 • Condições para o armazenamento doméstico de frutas e hortaliças (Kader *et al.*, s/d)

¹ Armazene numa área bem arejada.

² Proteja as batatas da luz.

³ Podem ficar 1 a 3 dias no frigorífico se forem usados logo após a remoção do frigorífico.

EMBALAGEM

A embalagem, nas suas mais diversas formas, está omnipresente no manuseamento dos produtos hortofrutícolas. Os produtos hortofrutícolas embalados podem ser manuseados mais convenientemente do que as unidades individuais, manuseadas a granel.

A embalagem desempenha diversas funções, que podemos agrupar em duas categorias (Carvalho & Rousseau, 2000):

1. Funções **técnicas**, relacionadas com a protecção, transporte, armazenamento, utilização e eliminação de produtos;
2. Funções de **comunicação**, relacionadas com a venda, informação ao consumidor, identificação do produto, atracção visual.

Abordamos aqui apenas os aspectos técnicos relacionados com o manuseamento de produtos hortofrutícolas.

No contexto do manuseamento pós-colheita, as duas principais funções técnicas da embalagem são:

1. *Unitização*: reunir os produtos em unidades convenientes para o manuseamento;
2. *Protecção*: proteger os produtos durante o transporte, armazenamento e comercialização.

Sob o ponto de vista logístico, consideram-se três categorias de embalagem:

- Unidade de consumo (também designada por embalagem de venda ou embalagem primária). É aquela que está em contacto directo com o produto e se destina a ser adquirida pelo consumidor num ponto de venda a retalho.
- Unidade comercial (embalagem secundária). É uma embalagem que agrupa várias unidades de consumo. É concebida para facilitar o manuseamento, armazenamento, preparação de encomendas e expedição e não se destina à venda a retalho.
- Unidade logística (embalagem terciária ou de transporte), frequentemente uma palete, é concebida para agrupar várias unidades durante a expedição.

Sob o ponto de vista das operações de manuseamento, consideram-se os seguintes tipos de contentores:

- Contentores de colheita;
- Contentores de transporte;
- Contentores de armazenamento;
- Embalagens de venda.

REQUISITOS TÉCNICOS DAS EMBALAGENS PARA PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS

Um determinado produto hortofrutícola pode ser acondicionado satisfatoriamente em diversos tipos de embalagens. Tendo em consideração apenas critérios técnicos, as opções dependem de diversos factores, tais como as condições ambientais, as características da cadeia logísti-

ca, métodos de manuseamento e de transporte, custo e disponibilidade dos materiais.

Independentemente de outras considerações, as embalagens devem cumprir os seguintes requisitos fundamentais:

- Possuir resistência mecânica suficiente para proteger o conteúdo durante o manuseamento, transporte e enquanto estiverem empilhadas;
- A resistência mecânica da embalagem não deve sofrer alterações apreciáveis devido ao teor de humidade (molhada ou em atmosferas com elevada humidade relativa);
- A embalagem deve estabilizar e imobilizar os produtos, evitando o seu movimento dentro da embalagem durante o manuseamento e transporte;
- Não conter substâncias químicas que possam migrar para os produtos, contaminar ou serem tóxicos para o produto ou para os seres humanos;
- Cumprir exigências de manuseamento e de comercialização, em termos de peso, tamanho, e forma;
- Permitir o arrefecimento rápido (pré-arrefecimento) do conteúdo e/ou um certo grau de isolamento do calor ou do frio exteriores;
- Usar barreiras de gases (filmes de plástico) com permeabilidade suficiente aos gases respiratórios para evitar riscos de anaerobiose;
- Fornecer segurança ao conteúdo e/ou facilidade de abertura e fecho nalgumas situações de mercado;
- Identificar o conteúdo, conter instruções de manuseamento, auxiliar a apresentação do produto no ponto de venda, através de informação completa e correcta na etiqueta;
- Excluir luz (*e.g.* batata) ou ser transparente (*e.g.* plantas vivas);
- Facilitar a eliminação, reutilização ou reciclagem;
- Ser económica, em relação aos benefícios.

Do ponto de vista do manuseamento, a embalagem deve satisfazer os seguintes requisitos relacionados com o produto:

- Protecção contra danos mecânicos;
- Gestão da temperatura;

- Protecção contra as perdas de água;
- Facilitar tratamentos, como a fumigação ou a aplicação de etileno.

Protecção contra danos mecânicos. Não é possível conceber uma embalagem para prevenir completamente os danos por impacto, mas estes podem ser minimizados se a embalagem absorver uma parte da energia mecânica do impacto. A redução dos danos por impacto consegue-se através do manuseamento mecânico das embalagens e das condições ergonómicas do manuseamento manual. Os danos por compressão previnem-se evitando o sobre-enchimento das embalagens e impedindo a falha estrutural. Os danos por vibração previnem-se através da imobilização dos produtos dentro da embalagem. A embalagem e o processo de embalagem (enchimento) devem ser tais que as unidades no interior da embalagem não se movam umas em relação às outras ou contra as paredes da embalagem de forma a evitar danos por vibração. A embalagem deve ser cheia, sem acondicionar de forma demasiado compacta, para evitar danos por compressão e impacto. O acondicionamento pode ser mais protector, através do envolvimento das unidades (em papel por exemplo) ou do seu isolamento em alvéolos ou da utilização de materiais que absorvem energia mecânica (tapetes almofadados).

Embalagem e gestão da temperatura. A embalagem deve ser compatível com o sistema de arrefecimento rápido (pré-arrefecimento) utilizado.

Embalagens para produtos que vão ser arrefecidos por ar forçado devem ter aberturas de pelo menos 5% da superfície das faces perpendiculares ao fluxo do ar.

A natureza da produto e o tipo de manuseamento pós-colheita têm de ser tidos em consideração na concepção ou escolha de uma embalagem.

O calor produzido pela respiração deve ser dissipado. No caso de produtos de pequeno tamanho ou densamente acondicionados (*e.g.* feijão-verde, espinafre) o calor produzido pela respiração transfere-se, em larga medida por condução, para a superfície da embalagem. Nestes casos o volume da embalagem, ou melhor, a distância máxima entre o centro e a superfície da caixa é um aspecto essencial. A distância depende da taxa de respiração do produto embalado. Se a distância for excessiva, o centro da embalagem sofre um aquecimento devido à lenta dissipação do calor. No caso de produtos com taxas de respiração elevadas (ver quadro 4.1, no Capítulo 4), o aquecimento excessivo pode ser um problema. Para evitar esta situação deve-se utilizar embalagens mais pequenas ou proporcionar boa ventilação a embalagens maiores ou a embalagens empilhadas ou paletizadas.

No caso de embalagens para utilizar durante o transporte marítimo, é necessário que as aberturas de ventilação se situem no fundo e no topo da embalagem, pois a circulação de ar nos contentores marítimos faz-se na vertical.

A ventilação das embalagens é também necessária nos casos da aplicação de tratamentos pós-colheita que envolvam fumigação (*e.g.* tratamento de uvas com SO_2) ou tratamentos com etileno (*e.g.* amadurecimento de banana ou desverdeamento de citrinos).

Efeito da embalagem na perda de água. A embalagem pode ser utilizada para minimizar a perda de água das frutas e hortaliças. As estratégias são:

- Embalar os produtos em sacos de plástico ou filmes extensíveis de plástico;
- Colocar os produtos numa embalagem de consumo em forma de tabuleiro (*e.g.* poliestireno) coberto com plástico retráctil ou outro material que constitua uma barreira ao vapor de água.

COMPATIBILIDADE DA EMBALAGEM COM OS SISTEMAS DE MANUSEAMENTO E DE ARMAZENAMENTO

Vários critérios tem de ser tidos em consideração na escolha ou desenvolvimento de embalagens para o manuseamento de produtos horto-frutícolas. A compatibilidade das embalagens com os sistemas de manuseamento e de armazenamento deve ser analisada em três planos:

- Compatibilidade com o sistema de preparação para o mercado e expedição;
 - Compatibilidade com sistema de enchimento;
 - Paletização;
 - Normalização;
- Compatibilidade com o sistema de armazenamento;
 - Humidade relativa;
 - Temperatura elevada;
- Outros aspectos;
 - Inspeção;
 - Apresentação no ponto de venda;
 - Reciclagem, reutilização.

A *unitização* (e.g. paletes) e o manuseamento mecânico (e.g. empilhadores) tornam a padronização essencial para aumentar a eficiência das operações. Por outro lado, torna-se necessário reduzir a diversidade de embalagens através da padronização (tamanhos e formas).

RESISTÊNCIA MECÂNICA DAS EMBALAGENS

O desempenho da função de protecção do conteúdo por parte da embalagem durante toda a cadeia de manuseamento pós-colheita requer que a embalagem retenha a sua resistência mecânica.

A maioria dos produtos hortofrutícolas devem ser armazenados em condições de humidade relativa elevada. Muitos são arrefecidos por água ou gelo. Podem ainda sofrer condensação ou ser molhados pela chuva. Importa pois considerar os efeitos da humidade na resistência da embalagem.

Em condições tropicais ou de armazenamento frigorífico prolongado a elevada humidade relativa o cartão perde resistência estrutural e pode colapsar. A resistência do cartão pode ser mantida com tratamentos que evitam ou reduzem a absorção de humidade, como a impregnação com ceras.

A embalagem deve evitar a entrada de água (e.g. uvas para evitar fendilhamento) ou reduzir a desidratação do produto.

O PROCESSO DE ACONDICIONAMENTO

O processo de acondicionamento ou embalamento situa-se normalmente no final da linha de selecção e é uma das operações de preparação para o mercado. Em muitos produtos a colocação dentro das embalagens primárias é manual.

Produtos tolerantes à compressão, como a batata, são frequentemente despejados por gravidade para dentro da embalagem primária.

Nos frutos existem os seguintes processos de embalamento primário:

- *Pattern-pack*. Cada fruto é colocado manual ou mecanicamente numa posição. Este método maximiza o peso líquido por embalagem, mantém os frutos imóveis e apresenta um padrão ordenado e atractivo quando a caixa é aberta. O número de frutos por caixa é constante. A operação manual é demorada.
- Enchimento por volume (*Volume-fill*). Os frutos são despejados livremente para a caixa. Após o enchimento a caixa é vibrada para

permitir o ajustamento dos frutos e minimizar a sua liberdade de movimento. Cada caixa é cheia até atingir um peso constante.

- Tabuleiros alveolados de celulose moldada ou de plástico. São dispendiosos, pelo que se utilizam apenas em produtos delicados e de preço elevado.
- Revestimento (*lining*) com plástico ou papel. Permite reduzir as perdas de água e os danos por vibração.

O método de embalagem afecta a subsequente evolução da qualidade dos produtos, como se pode constatar através do quadro 5.15.

MÉTODO DE EMBALAMENTO	PERDA DE ÁGUA (%)	PISADURAS (%)	PODRIDÃO (%)
Enchimento por volume	4	52	9
Embalado em tabuleiros	2,7	24	0

Quadro 5.15 • Efeito do método de embalagem na perda de água, incidência de danos mecânicos e de podridões após o manuseamento pós-colheita de pêssegos (Crisosto, 2002)

EMBALAMENTO NA EMBALAGEM LOGÍSTICA

Nos produtos hortofrutícolas a embalagem logística é normalmente a palete ou a palox. A paletização implica o empilhamento de embalagens primárias ou secundárias. O empilhamento de embalagens deve assegurar o seguintes aspectos:

- Estabilidade;
- Boa circulação de ar;
- Economia de espaço;
- Facilidade de execução.

A paletização pode ser feita de forma manual ou de forma mecânica, num processo completamente automatizado. As embalagens que se destinam a ser unitizadas em paletes devem permitir o empilhamento em paletes padronizadas (100 x 80 cm padrão internacional). A estabilidade é melhor se o empilhamento for feito com uma disposição cruzada das caixas e não em coluna. Isto exige que as dimensões da caixa (razão largura/comprimento) sejam compatíveis.

Formas de sustentar as embalagens na palete:

- Filme de plástico retráctil;
- Cintas de plástico;
- Rede;
- Encaixe ou encastramento das caixas.

Para transporte a longa distância, ou armazenamento de longa duração em pilhas altas são necessárias embalagens resistentes (madeira ou plástico rígido).

EMBALAGEM DE CONSUMO

Os produtos hortofrutícolas são normalmente apresentados ao consumidor em duas formas:

- Pré-embalados;
- A granel.

Os produtos pré-embalados são previamente pesados e colocados nos mais diversos tipos de embalagens de consumo (*e.g.* sacos de plástico, tabuleiros de plástico ou cartão revestidos por filme plástico, sacos de rede). Os pré-embalados apresentam as vantagens de reduzir a taxa de depreciação da qualidade dos produtos, reduzir o tempo de pesagem e de compra e reduzir a contaminação dos produtos. No entanto, muitos consumidores preferem escolher produtos hortofrutícolas dispostos a granel.

TRANSPORTE

As principais considerações na incorporação de operações de transporte nos sistemas de manuseamento são:

- Evitar ou minimizar os danos mecânicos. Os danos mecânicos podem ocorrer durante as operações de carregamento, descarga ou empilhamento, ou ainda devido à vibração ou colisão de contentores durante o transporte.
- Manter temperaturas adequadas. A temperatura da carga durante o transporte depende da temperatura inicial, da capacidade de refrigeração, das condições de funcionamento do equipamento de refrigeração e da distribuição e velocidade do ar em torno do pro-

duto. A concepção e construção dos contentores e das aberturas de ventilação das embalagens, bem como o padrão de empilhamento, devem permitir uma circulação adequada do ar.

- Assegurar a compatibilidade dos produtos em situações de cargas mistas.

MODOS DE TRANSPORTE

As mercadorias em geral e os produtos hortofrutícolas em particular, podem ser transportados por via:

- Terrestre:
 - Rodoviário;
 - Ferroviário;
- Marítima (ou fluvial);
- Aérea.

Nas cadeias de abastecimento mais longas e complexas, o transporte é frequentemente intermodal, combinando mais do que um dos modos referidos. No quadro 5.16 comparam-se os custos dos diferentes modos de transporte.

MODO	CUSTOS		CARGAS TÍPICAS
	Fixos	Variáveis	
Ferrovário	Alto	Baixo	Cereais e oleoproteaginosas
Rodoviário	Baixo	Médio	Todos os produtos
Marítimo	Médio	Baixo	Produtos de perecibilidade média ou reduzida
Aéreo	Médio	Alto	Produtos extremamente perecíveis e de elevado valor comercial

Quadro 5.16 • Estrutura de custos e produtos agrícolas tipicamente transportados em diferentes modos de transporte (adaptado de Browne & Allen, 1998)

CONSIDERAÇÕES SOBRE O TRANSPORTE RODOVIÁRIO

O transporte rodoviário está presente, pelo menos nalgumas das etapas da cadeia de abastecimento. Para que a qualidade dos produtos não

seja comprometida durante o transporte as cargas devem estar unitizadas, normalmente em paletes, seguras, e dispostas de forma a que o padrão de circulação do ar permita a manutenção da temperatura da carga.

A figura 5.3 esquematiza quatro modalidades de disposição da carga, que permitem uma boa estabilidade e manutenção da temperatura.

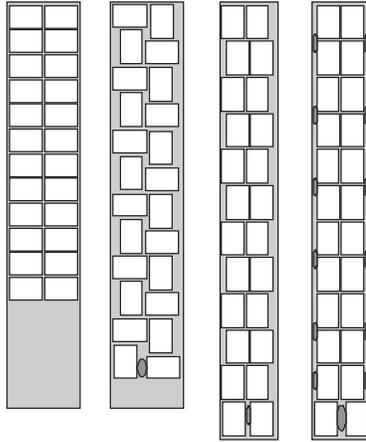


Figura 5.3 • Formas de dispor e de estabilizar as paletes nas caixas de carga refrigeradas (Thompson *et al.*, 2002c)

Uma resposta negativa às questões abaixo pode fazer com que a carga chegue quente, demasiado fria ou seja rejeitada.

Antes do carregamento

- Sistema de refrigeração está em bom estado e calibrado?
- Queda de ar do *trailer* está em bom estado?
- Portas, isolantes, paredes e pavimento do *trailer* estão em bom estado?
- Ausência de cheiros?
- Conhece as instruções de carregamento do comprador?
- Sabe se os produtos são compatíveis e podem ser carregados em conjunto?
- Efectuou o pré-arrefecimento antes do carregamento?
- Confirmou a temperatura da polpa dos produtos antes de carregar?

Durante o carregamento

- A unidade de refrigeração está desligada durante o carregamento?
- A carga está em paletes?
- A carga está pelo menos a 5 cm das paredes laterais?
- A carga não obstrui a queda de ar?
- As últimas cargas estão encostadas às portas?
- As amarras bloqueiam a circulação de ar em volta ou por baixo da carga?
- Cargas húmidas ou com gelo estão separadas de cargas secas por materiais impermeáveis?
- Paletes incompletos ou pilhas estão bem contidas?
- Porta e carga estão seguras?



Precauções em trânsito**NUNCA:**

- Descarregue produtos frios em docas não refrigeradas.
- Bloqueie a circulação de ar em torno da carga, incluindo a parte inferior e a parte superior.
- Interrompa a refrigeração em trânsito.
- Estenda os tempos de carregamento e descarregamento, especialmente em docas não refrigeradas.

SIM:

- Monitorize regularmente o funcionamento da unidade de refrigeração e a temperatura da polpa.
- Notifique o comprador/despachante se tiver problemas com o carregamento ou durante o trânsito.

Quadro 5.17 • Lista de verificação para carregamento e transporte (Transfresh, 1999)

CONSIDERAÇÕES SOBRE O TRANSPORTE MARÍTIMO

Os contentores marítimos para transporte refrigerado de frutas e hortaliças permitem actualmente um controlo da temperatura entre -25 a 25 °C $\pm 0,5$ °C, humidade relativa de $65\% \pm 5\%$. O sistema de renovação do ar pode ser regulado para um máximo de $75 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Os contentores são ainda equipados com um *datalogger* para monitorização das condições ambientais durante o transporte.

Na preparação da carga para expedição é necessário ter em consideração que nos contentores marítimos a circulação de ar se efectua na vertical, de baixo para cima através da carga. Nestas condições, a temperatura só é mantida de forma adequada se as embalagens tiverem ventilação que permita a circulação vertical do ar.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O TRANSPORTE AÉREO

No transporte aéreo não existe, normalmente, controlo da temperatura da carga, estando os produtos sujeitos à temperatura da cabina. Quan-

do existe, a refrigeração não recorre a sistemas de refrigeração mecânica, mas a sistemas de isolamento, termoacumulação e de gelo seco. O aluguer de contentores refrigerados para o transporte aéreo encarece a expedição da carga. No transporte aéreo os produtos estão também sujeitos a humidades relativas extremamente baixas (da ordem de 5 a 10%), pelo que é necessário tomar precauções acrescidas para prevenir a perda de água.

O transporte aéreo é sempre intermodal, envolvendo etapas de transporte terrestre entre a central e o transitário e deste para o aeroporto. Os tempos de espera nos transitários, nos aeroportos e a incerteza no horário dos voos e possíveis cancelamentos, podem comprometer a qualidade de uma carga.

GRUPOS DE COMPATIBILIDADE PARA ARMAZENAMENTO MISTO

Em situações de armazenamento ou transporte de longa duração de cargas compostas por diversos produtos hortofrutícolas é necessário ter em conta a sua compatibilidade. Com base nos efeitos da temperatura, da humidade relativa e da composição da atmosfera sobre a qualidade de diferentes produtos e no conhecimento da taxa de produção de etileno, da sensibilidade ao etileno e da susceptibilidade dos produtos serem contaminados por odores indesejáveis, estabeleceram-se grupos de compatibilidade. Como regras gerais para condições de armazenamento misto, deve-se evitar:

- Colocar produtos sensíveis a danos pelo frio a temperatura inferiores à temperatura crítica;
- Misturar produtores de etileno com produtos sensíveis ao etileno;
- Manter produtos que requerem humidade relativa reduzida (*e.g.* cebola e alho) com produtos que requerem humidade relativa elevada;
- Armazenar produtos que absorvem odores com produtos que emitem esses odores (quadro 5.18).

Os grupos de compatibilidade encontram-se em diversas publicações (*e.g.* Transfresh, 1999; Welby & McGregor, 1997).

Odor produzido por:	É absorvido por:
Abacate	Ananás
Alho-francês	Figo, uva
Batata	Maçã, pêra
Cebola	Maçã, aipo, pêra
Cebola verde, cebolinho	Milho, figo, uva, cogumelo, ruibarbo
Cenoura	Aipo
Citrinos	Carne, ovos, produtos lácteos
Gengibre	Beringela
Maçã	Couve, cenoura, aipo, figo, cebola, carne, ovos, produtos lácteos
Pêra	Couve, cenoura, aipo, cebola, batata
Pimento (verde)	Ananás
Uva (fumigadas com SO ₂)	Outros frutos e hortaliças

Quadro 5.18 • Riscos de contaminação por odores em situações de armazenamento misto (Welby & McGregor, 1997)

GESTÃO DA QUALIDADE E DA SEGURANÇA ALIMENTAR

O sistema de manuseamento falha a sua missão se contribuir para depreciar a qualidade ou comprometer a segurança alimentar dos produtos.

O B J E C T I V O S

- Conhecer os conceitos de qualidade e de segurança alimentar.
- Identificar as principais causas de depreciação da qualidade e de limitação da vida pós-colheita de diferentes grupos de produtos hortofrutícolas.
- Conhecer os procedimentos necessários para assegurar a qualidade.
- Conhecer o conceito de rastreabilidade.
- Conhecer os principais perigos biológicos, químicos e físicos associados ao consumo de produtos hortofrutícolas.
- Conhecer a hierarquia de programas e medidas destinadas a garantir a segurança alimentar.



ENQUADRAMENTO A Política Agrícola Comum tem, actualmente, como um dos seus objectivos a promoção da qualidade e da segurança dos produtos agrícolas. O sistema de manuseamento tem um forte impacto na qualidade extrínseca e intrínseca dos produtos hortofrutícolas e deve ser objecto de uma concepção adequada e de constante vigilância na sua operação para não comprometer a segurança alimentar de frutas e hortaliças.

QUALIDADE DE FRUTAS E HORTALIÇAS

! **Qualidade** – conjunto dos atributos e características de um produto que estão relacionadas com a sua capacidade para satisfazer necessidades explícitas ou implícitas.

! **Segurança alimentar** – garantia de que os alimentos não põem em risco a saúde dos consumidores desde que sejam preparados e ingeridos de acordo com a sua utilização prevista.

ATRIBUTOS DE QUALIDADE

Quando se considera a ocorrência de determinadas características no produto, num determinado momento (de venda ou de consumo), os atributos de qualidade são normalmente classificados de acordo com o quadro 6.1.

EXTERNOS	INTERNOS	OCULTOS
Aparência (visão)	Odor	Salubridade
Sensação táctil	Gosto	Valor nutritivo
Defeitos	Textura	Segurança

Quadro 6.1 • Classificação dos atributos de qualidade

Atributos de qualidade externos são aqueles que são imediatamente observados na presença do produto. São percebidos pelos sentidos da visão e do tacto. O cheiro de alguns produtos (alguns frutos maduros) é também imediatamente percebido, mas está também relacionado com atributos internos. Os atributos externos desempenham um papel importante na decisão de compra.

Atributos de qualidade internos são normalmente percebidos apenas quando o produto é cortado ou consumido (mastigado). Estes atributos são decisivos para uma experiência de consumo satisfatória e, consequentemente, para a decisão de repetir a compra de um determinado produto. Os atributos internos estão relacionados com o cheiro e gosto, frequentemente percebidos em conjunto como sabor (*flavor*), sensações tácteis na boca (suculência, dureza, farinhento) e são percebidos pelos sentidos do olfato, gosto e tacto. A aceitabilidade de um produto é determinada pelo conjunto de atributos externos e internos.

Os **atributos de qualidade ocultos** são mais difíceis de avaliar pelo consumidor, mas a percepção que o consumidor tem destes atributos contribui para as suas decisões de aceitação ou diferenciação de produtos.

NORMAS

As normas são instrumentos úteis para os consumidores, para os agentes da cadeia de abastecimento e para as autoridades, pois constituem um referencial que permite proporcionar aos consumidores informação acerca do produto, manter a uniformidade, estabelecer o valor de mercado e evitar a fraude económica. As normas de qualidade para os produtos hortofrutícolas têm por principal objectivo retirar do mercado produtos de baixa qualidade.

Existem diversos tipos de normas aplicáveis ao sector hortofrutícola. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económicos (OCDE) começou em 1961 a introduzir normas internacionais para frutas e hortaliças. A comissão do *Codex Alimentarius* (FAO/OMS) elaborou normas de âmbito internacional que são reconhecidas pela Organização Mundial do Comércio. Na União Europeia, o cumprimento das normas de comercialização é obrigatório. As normas têm normalmente a estrutura apresentada no quadro 6.2.

1. Definição do produto a que a norma se aplica
2. Objecto da norma
3. Características mínima de qualidade
4. Classificação em categorias de qualidade
5. Disposições relativas ao calibre
6. Disposições relativas a tolerâncias
 - 6.1. Tolerâncias de qualidade
 - 6.2. Tolerâncias de calibre
7. Disposições relativas a embalagem e apresentação
8. Disposições relativas à rotulagem
9. Outras disposições (anexos)

Quadro 6.2 • Estrutura genérica de uma norma para produtos hortofrutícolas

DEPRECIÇÃO DA QUALIDADE NOS PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS

A qualidade dos produtos hortofrutícolas sofre alterações durante o período pós-colheita. As causas que mais condicionam a depreciação da qualidade variam com o tipo de produto (quadro 6.3). O sistema de manuseamento deve ter em conta as principais causas da depreciação da qualidade e de redução da longevidade pós-colheita de diferentes tipos de produtos, de forma a actuar prioritariamente sobre os factores decisivos.

GRUPO DE PRODUTOS	PRINCIPAIS CAUSAS DE PERDAS QUALITATIVAS E QUANTITATIVAS
Hortaliças de raiz, bolbo e tubérculo (cenoura, beterraba, cebola, alho, batata, batata-doce)	Danos mecânicos Cura incompleta Abrolhamento Perda de água Podridões Danos pelo frio (batata, batata-doce)
Hortaliças de folhas (alface, espinafre, couves)	Perda de água Amarelecimento Danos mecânicos Taxa de respiração elevada Podridões
Hortaliças de inflorescência (alcachofra, couve-flor, brócolo)	Danos mecânicos Descoloração Perda de água Queda de flores
Hortaliças de frutos imaturos (pepino, courgette, berinjela, feijão-verde, quiabo)	Podridão Sobrematuração à colheita Perda de água Danos mecânicos Danos pelo frio
Frutos maduros (tomates, melões, bananas, mangas, maçã, uva de mesa, ameixa, pêssego)	Podridão Danos mecânicos Sobrematuração à colheita Perda de água Danos pelo frio (alguns casos) Alterações na composição

Quadro 6.3 • Principais causas das perdas pós-colheita e da depreciação da qualidade de diferentes grupos de frutas e hortaliças (Kitinoja & Kader, 1995)

PROCEDIMENTOS PARA A GARANTIA DA QUALIDADE DE PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS

Os factores críticos de sucesso para a manutenção da qualidade dos produtos hortofrutícolas em diferentes etapas do manuseamento pós-colheita são os seguintes (Kader, 2001):

COLHEITA

- Treinar os trabalhadores para a avaliação do estado de maturação, selecção, manipulação cuidadosa.
- Proteger os produtos do sol.

OPERAÇÕES NA CENTRAL HORTOFRUTÍCOLA

- À chegada, verificar, por amostragem, o estado de maturação, qualidade e temperatura dos produtos.
- Implementar um programa de sanidade para reduzir a quantidade de inóculo.
- Verificar os materiais de embalagem e contentores de expedição para garantir que cumprem as especificações.
- Formar os trabalhadores na selecção (defeitos, cor, tamanho), embalagem e outras operações na central.
- Inspeccionar amostras aleatórias de produto embalado para garantir que cumpre as especificações.
- Monitorizar a temperatura dos produtos para assegurar um arrefecimento completo.
- Comunicar com os inspectores, auditores e clientes, para corrigir eventuais deficiências logo que são detectadas.

TRANSPORTE

- Inspeccionar todos os veículos antes do carregamento, para verificar a sua funcionalidade e limpeza (ver Capítulo 5).

- Formar os trabalhadores nos procedimentos adequados de carregamento e localização de *dataloggers* em cada carga.
- Manter registos de todos os carregamentos, como parte do sistema de rastreabilidade.

MANUSEAMENTO NO DESTINO

- Verificar a qualidade do produto na recepção e transferi-lo prontamente para uma zona de armazenamento adequada.
- Transportar sem demora os produtos da central de distribuição para as lojas, num regime *first in-first out*, a menos que o estado do produto aconselhe outra decisão.

SEGURANÇA ALIMENTAR

RASTREABILIDADE



A rastreabilidade consiste na capacidade de seguir uma unidade do produto ao longo de toda a cadeia de abastecimento, através de um conjunto de procedimentos pré-estabelecidos que permite, a cada momento, conhecer o historial de um produto ou lote de produto.

Os sistemas de rastreabilidade permitem detectar a origem e seguir o rasto de um género alimentício, de um alimento para animais, de um animal produtor de géneros alimentícios ou de uma substância, destinados a ser incorporados em géneros alimentícios ou em alimentos para animais, ou com probabilidade de o ser, ao longo de todas as fases da produção, transformação e distribuição.

A rastreabilidade é essencial para uma solução integrada para os problemas de segurança alimentar.

Para relacionar o produto hortofrutícola com a exploração agrícola, com a parcela onde a cultura foi efectuada, com os tratamentos e os processos a que foi submetido, a rastreabilidade exige um sistema de gestão da informação que associe um fluxo de informação a cada fluxo físico de mercadorias.

Os objectivos da rastreabilidade não podem ser atingidos através de acções individuais de cada empresa; pelo contrário, é necessário que os sistemas de transmissão de informações ao longo da cadeia de abastecimento sejam normalizados. As ferramentas de codificação normalizadas EAN·UCC, internacionalmente reconhecidas, facilitam a rastreabilidade, através de sistemas automáticos de leitura óptica (códigos de barras).

Para assegurar que o fluxo de informação necessário se mantém ao longo da cadeia de abastecimento, cada interveniente é responsável por registar as informações respeitantes à sua etapa e comunicar a informação aos agentes seguintes.

O sistema baseia-se no registo de informações a três níveis:

1. Informação que se adiciona à etiqueta do código de barras e viaja fisicamente com a mercadoria;
2. Informação que se transmite eletronicamente entre intervenientes da cadeia de abastecimento;
3. Informação que deve ser armazenada em bases de dados em cada actor da cadeia de abastecimento para ser utilizada em caso de necessidade.

PERIGOS E RISCOS ALIMENTARES

! Perigo – agente biológico, químico ou físico presente nos géneros alimentícios ou nos alimentos para animais, ou uma condição dos mesmos, com potencialidades para provocar um efeito nocivo para a saúde.

! Risco – probabilidade de um efeito nocivo para a saúde e da gravidade desse efeito, como consequência de um perigo. Probabilidade de ocorrência de um perigo.

Com vista a auxiliar os operadores do sector hortofrutícola no desenvolvimento de sistemas de autocontrolo, apresentam-se resumidamente os principais perigos e riscos associados às frutas e hortaliças.

RISCOS BIOLÓGICOS

Os riscos biológicos são provocados por microrganismos transmitidos pelos alimentos. Entre os microrganismos que provocam doenças nos seres humanos contam-se bactérias, vírus, protozoários (parasitas) e fungos.

As frutas e hortaliças são geralmente produtos sãos, pouco propícios ao desenvolvimento de patógenos humanos, sendo por isso responsáveis por uma reduzida percentagem das intoxicações alimentares declaradas. Em grande parte dos casos, o desenvolvimento de podridões conduz ao fim da sua vida pós-colheita e os produtos alterados não são geralmente consumidos. No entanto, as oportunidades para a contaminação dos produtos hortofrutícolas com patógenos humanos durante o seu manuseamento são abundantes. No quadro 6.4 referem-se as bactérias patogénicas que já foram associadas a intoxicações ou infeções devido ao consumo de frutas ou hortaliças.

<p>Intoxicações (provocadas por toxinas)</p> <p><i>Bacillus cereus</i></p> <p><i>Clostridium botulinum</i></p> <p><i>Staphylococcus aureus</i></p> <p>Infeções (provocadas pela bacteria)</p> <p><i>Escherichia coli</i> O157:H7</p> <p><i>Listeria monocytogenes</i></p> <p><i>Salmonella</i> spp.</p> <p><i>Campylobacter jejuni</i></p> <p><i>Shigella</i> spp.</p> <p><i>Vibrio cholerae</i></p> <p><i>Yersinia enterocolitica</i></p> <p>Tóxico-infeções (infeções mediadas por toxinas)</p> <p><i>Clostridium perfringens</i></p>
--

Quadro 6.4 • Bactérias patogénicas associadas a frutas e hortaliças

As bactérias *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus* e *Listeria monocytogenes* podem encontrar-se no solo e contaminar os produtos. Outras bactérias, como *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli* O157:H7 e *Campylobacter* provêm do trato intestinal de animais e de humanos. Nestes casos a contaminação de frutas e hortaliças pode ocorrer através da infiltração de água residuais, rega com água contaminada, fertilização orgânica, presença de animais no campo. A contaminação também pode ocorrer nas operações de colheita, preparação para o mercado e distribuição, sendo a higiene dos funcionários fundamental para assegurar a segurança.

A maioria das infeções alimentares de origem bacteriana associadas ao consumo de frutas e hortaliças frescas é provocada por *Salmonella* e por *Escherichia coli* O157:H7. *Listeria monocytogenes* é mais rara, mas é mortal em 30 a 40% dos casos. Os riscos de contaminação por *Listeria*

ou *Salmonella* existem, mas são relativamente reduzidos nas frutas e hortaliças, em comparação com outros alimentos. As intoxicações por *Clostridium botulinum* também surgem raramente em produtos frescos, mas podem ser problemáticas nalguns produtos processados.

Os produtos consumidos crus podem actuar como veículo de parasitas (quadro 6.5.) de um hospedeiro contaminado para um hospedeiro são. Os principais veículos de parasitas são a água contaminada, a presença de animais no campo ou nas áreas de manuseamento de produtos e a manipulação de produtos por funcionários infectados.

Cryptosporidium parvum
Cyclospora cayetanesis
Giardia lamblia
Entamoeba histolytica
Toxoplasma
Sarcocystis
Isospora
 Nemátodos (*Ascaris lumbricoides*, *Thricuris trichiura*)
 Plelmintas (*Fasciola hepatica*)

Quadro 6.5 • Doenças parasitárias associadas ao consumo de produtos hortofrutícolas

As frutas e hortaliças podem ser contaminadas com vírus através da água ou por pessoas infectadas. A principal virose transmitida por frutas e hortaliças é a hepatite A. A dose infecciosa para a maioria dos vírus é muito pequena; podem bastar 10 partículas virais para provocar uma infecção. A prevenção da contaminação é essencial para prevenir o risco provocado pelos vírus.

Os organismos patogénicos podem estar presentes no alimento sem que haja intoxicação alimentar. Normalmente é necessário que ocorra multiplicação celular, o que exige condições propícias. A ocorrência de uma intoxicação depende da carga microbiana patogénica ingerida, da idade da pessoa (crianças e idosos são mais susceptíveis) e do estado fisiológico (imunodeprimidos são mais sensíveis). Os sintomas clínicos mais frequentes incluem diarreia, vómitos, dores abdominais e febre.

A redução dos riscos biológicos associados ao consumo de frutas e hortaliças frescas necessita de uma abordagem integrada entre o campo e a mesa.

As infecções podem ser prevenidas ou reduzidas através das seguintes estratégias:

- Prevenir a contaminação. É necessário dar especial atenção a: água, correctivos orgânicos, animais (incluindo aves), saúde e higiene dos trabalhadores.

- Controlar o crescimento dos patogénios. Manter a cadeia de frio.
- Remover ou matar os patogénios. A eficácia da desinfecção de produtos hortofrutícolas é frequentemente limitada. A cutícula hidrofóbica, a morfologia da superfície, abrasões e ferimentos na superfície das frutas e hortaliças protegem os patogénios, de forma que estes não contactam com os desinfectantes. Outras vezes, os patogénios encontram-se fisicamente ligados através de biofilmes ou infiltram-se através de estruturas superficiais, tais como estomas, lenticelas, fendilhamento cuticular, cicatrizes, danos mecânicos nos tecidos.

RISCOS QUÍMICOS

Os riscos químicos resultam da presença de produtos químicos tóxicos nos alimentos. Podemos distinguir os riscos químicos naturalmente inerentes ao produto daqueles que resultam de contaminação. A contaminação dos produtos pode ocorrer durante o processo de produção no campo, estufa ou pomar, durante a colheita ou durante o subsequente manuseamento pós-colheita. Do ponto de vista de gestão da segurança alimentar é útil distinguir os riscos que resultam de contaminação antes da colheita e os riscos químicos que resultam de contaminação depois da colheita.

Riscos químicos inerentes ao produto (naturais)

Contam-se entre as substâncias químicas naturais que podem pôr em risco a saúde de alguns consumidores, as seguintes:

- Glicoalcalóides (solanina) em batata.
- Glucósidos cianogénicos em mandioca e feijão-de-lima.
- Nitratos e nitritos em hortaliças de folha.
- Oxalatos em ruibarbo e espinafre.
- Tioglucósidos em hortaliças da família das Brassicáceas.

Adicionalmente, podemos considerar:

- As toxinas de origem fúngica (micotoxinas), como por exemplo a aflatoxina,
- Alergénios (*e.g.* pólen).

As toxinas naturais de origem vegetal que ocorrem em diversos produtos são monitorizadas nos programas de melhoramento e as cultivares comerciais contêm níveis que, em condições normais, não colocam riscos para a saúde. As condições de armazenamento da batata devem evitar a exposição à luz, que induz a acumulação de glicoalcalóides.

Riscos químicos resultantes de contaminação antes da colheita

As situações de risco químico que ocorrem antes da colheita relacionam-se principalmente com a utilização de pesticidas, fertilizantes (adubos e correctivos, especialmente orgânicos), água de rega e, eventualmente, problemas de poluição ambiental. Estes riscos podem ser minimizados através de boas práticas agrícolas, do controlo da poluição ambiental e da capacitação técnica dos empresários e agrónomos responsáveis pela condução das culturas.

Para garantir a rastreabilidade em relação aos perigos químicos devem ser implementadas as seguintes medidas:

- Estabelecimento de cadernos de encargos contratuais entre o comprador e o fornecedor (produtor) de produtos hortofrutícolas que garanta o respeito pelas especificações relativas a pesticidas e fertilizantes e a monitorização da qualidade do solo ou dos substratos e da água de rega.
- Controlo dos registos no caderno de campo (caderno de cultura) que pode ser controlado através de análises esporádicas das informações constantes no caderno (substâncias activas).

Os compradores mais afastados do comprador directo, a jusante na cadeia de abastecimento, podem tomar as seguintes medidas de precaução para minimizar os riscos de natureza química:

- Na escolha dos fornecedores, assegurar que são respeitadas as regras de higiene por parte do operador comercial situado a montante;
- Assegurar a rastreabilidade ou exigir uma garantia de qualidade (certificação do produto) que garanta o respeito pela regulamentação em termos de utilização de pesticidas, das recomendações técnicas para a produção e da rastreabilidade do produto.

Riscos químicos após a colheita

A colheita e o manuseamento pós-colheita proporcionam inúmeras oportunidades para a contaminação com produtos químicos que podem pôr em risco a saúde dos consumidores.

- Pesticidas pós-colheita. Evitar sobredosagem e misturas de produtos cujos efeitos não sejam conhecidos;
- Antioxidantes, como a difenilamina utilizada para prevenir o escaldão em maçãs e peras;
- Produtos de limpeza e desinfectantes de equipamentos e instalações;
- Escorrimento accidental de substâncias químicas diversas (*e.g.* lubrificantes de tractores e máquinas);

- Água. A água de lavagem, de tratamento, de arrefecimento, de transporte por via húmida ou de humidificação pode estar contaminada com metais pesados, hidrocarbonetos ou resíduos dos desinfetantes;
- Contacto accidental do produto com embalagens não aptas ao contacto com alimentos.

RISCOS FÍSICOS

A presença de corpos sólidos estranhos aos produtos alimentares que possam provocar lesões constituem os perigos físicos. Frutas e hortaliças que estão frequentemente em contacto com o solo (*e.g.* batata, cenoura, cebola, melões, morango) podem estar contaminados com corpos estranhos (terra, pedras, insectos). Em muitos casos estes produtos são lavados antes de comercializados ou consumidos, pelo que o risco de ingestão accidental de corpos estranhos é reduzido. Terra ou outros corpos estranhos aderentes aos contentores de colheita (caixas ou paloxes) e aos reboques podem contaminar as frutas e hortaliças.

O processo de acondicionamento e embalagem exige uma vigilância constante em relação os riscos físicos, pois pode ser difícil remover corpos estranhos que se introduzam nas embalagens. Os riscos físicos que ocorrem nesta fase no manuseamento derivam principalmente de peças de materiais e equipamentos que possam cair na embalagem. Os corpos estranhos podem estar presentes desde a origem ou ser introduzidos de forma accidental na embalagem vazia durante o armazenamento ou manipulação da embalagem. Paletes, paloxes e outras embalagens contêm peças metálicas (agrafos, pregos) que podem libertar-se.

Os vidros podem representar riscos graves. Sempre que existam alternativas, o vidro deve ser excluído das instalações de preparação de produtos. Onde as lâmpadas de vidro são necessárias (*e.g.* sobre as mesas de selecção), elas devem estar protegidas da queda de vidros no caso de a lâmpada se partir.

Os riscos físicos resultam de materiais sólidos utilizados na produção, colheita e pós-colheita de produtos hortofrutícolas, como por exemplo agrafos, pregos, latas, vidros, farpas de madeira, materiais plásticos. Para eliminar os riscos físicos é necessário estabelecer um programa de prevenção e inspecção, manutenção dos equipamentos de colheita e de pós-colheita.

Cinzas de cigarros, pontas de cigarros, pensos e curativos nas mãos são exemplos de corpos estranhos que podem ser introduzidos nos produtos durante o manuseamento dos produtos. Os operadores que manuseiam produtos devem estar interditos de fumar durante a operação e é necessária formação e vigilância para evitar a introdução de corpos estranhos durante o manuseamento dos produtos.

As operações de despaletização e preparação das embalagens para colocação no ponto de venda podem proporcionar oportunidades para a introdução de corpos estranhos.

GARANTIA DA SEGURANÇA ALIMENTAR

Depois de analisados brevemente os principais perigos associados ao consumo de frutas e hortaliças, vejamos algumas recomendações relacionadas com o manuseamento dos produtos para evitar pôr em risco a saúde dos consumidores e que devem constar de um código de boas práticas de higiene em empresas do sector hortofrutícola.

O desenvolvimento de recomendações de boas práticas agrícolas (produção) e de boas práticas de manuseamento, deve estar baseado nos seguintes princípios básicos para assegurar a segurança alimentar de produtos frescos (USFDA, 1998):

- As medidas para prevenir a contaminação são preferíveis às acções correctivas postas em prática depois de a contaminação ocorrer (Mais vale prevenir do que remediar).
- Para minimizar os riscos de segurança alimentar nos produtos frescos, produtores e todos os agentes envolvidos no manuseamento dos produtos durante a cadeia de abastecimento devem utilizar boas práticas em todas as áreas que possam controlar.
- Os produtos frescos podem ser contaminados em qualquer ponto da cadeia entre a exploração agrícola e a mesa do consumidor. A principal origem de contaminação de produtos hortofrutícolas frescos com microrganismos patogénicos está associada a fezes de humanos e animais.
- Sempre que a água entra em contacto com os produtos, a qualidade da água determina o potencial de contaminação. Minimizar o potencial de contaminação da água que entra em contacto com frutas e hortaliças.
- Práticas agrícolas que envolvam a utilização de estrumes animais e de resíduos sólidos urbanos devem ser utilizadas criteriosamente de forma a minimizar o potencial de contaminação dos produtos hortofrutícolas.
- A higiene pessoal dos empregados e as práticas sanitárias durante as etapas de produção, colheita, preparação para o mercado, embalagem e transporte, têm um papel crítico na minimização do potencial de contaminação dos produtos.

- A legislação e as normas referentes às práticas agrícolas devem ser integralmente seguidas.
- A responsabilidade, a todos os níveis da actividade agrícola (exploração, central hortofrutícola, centro de distribuição, operações de transporte) é importante para a implementação de um programa de segurança alimentar bem sucedido. É necessário que o pessoal seja qualificado e que haja monitorização efectiva para assegurar que todos os elementos do programa funcionam correctamente e ajudar a rastrear o produto através da cadeia de abastecimento até ao produtor.

Embora, em rigor, a segurança seja uma componente da qualidade, a garantia da segurança e a garantia da qualidade é frequentemente efectuada por programas distintos embora complementares. A garantia da segurança alimentar implica a redução dos riscos associados aos alimentos. No caso dos produtos hortofrutícolas, a segurança alimentar garante-se com a implementação dos seguintes procedimentos:

- Boas Práticas Agrícolas;
- Boas Práticas de Manuseamento ou Boas Práticas de Processamento;
- Procedimentos-padrão para operações (*Standard Operating Procedures*, SOP). SOP são referências escritas (protocolos) que descrevem uma sequência de eventos necessária para desempenhar uma tarefa;
- Procedimentos padrão para operações de sanidade (*Sanitation Standard Operating Procedures*, SSOP);
- HACCP, Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo (*Hazard Analysis Critical Control Points*).

A figura 6.1 esquematiza a hierarquia dos programas de garantia da segurança alimentar.



Figura 6.1 • Hierarquia dos programas de garantia da segurança alimentar



Bibliografia

- Almeida, D. P. F. 2004. Elaboração da qualidade de frutas e hortaliças. Actas do IV Simpósio Ibérico de Maturação e Pós-colheita, Oeiras, pp. 27-32.
- Ben-Yehoshua, S. 1987. Transpiration, water stress, and gas exchange. In Weichmann, J. (editor) Postharvest physiology of vegetables. Marcel Dekker, New York, pp. 113-170.
- Beverly, R.B., Latimer, J.G. & Smittle, D.A. 1993. Preharvest, physiological and cultural effects on postharvest quality. In Shewfelt, R.L. & S.E. Prussia (editors) Postharvest handling. A systems approach. Academic Press, San Diego, pp. 73-98.
- Browne, M. & Allen, J. 1998. Logistics of food transport. In Heap, R., Kierstan, M. & Ford, G. (editors). Food transportation. Blackie Academic & Professional, London, pp. 22-50.
- Cantwell, M. 2002. Summary table of optimal handling conditions for fresh produce. In Kader A. A. (editor). 2002. Postharvest technology of horticultural crops. Third edition University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, Oakland, pp 511-518.
- Carvalho, J. M. C. & Rousseau, J. A. 2000. Produtos hortofrutícolas frescos ou minimamente processados - Logística. Sociedade Portuguesa de Inovação, Porto.
- Crisosto, C. 2002. Effect of preharvest factors in stone fruit decay. In Mitcham, E. (editor) Postharvest integrated pest management. Postharvest Technology Research and Information Center, University of California, Davis, pp. 3-6.
- Empis, J. & Martins, M. M. 2000. Produtos hortofrutícolas frescos ou minimamente processados - Refrigeração. Sociedade Portuguesa de Inovação, Porto.
- Gross, K. C., Wang, C. Y. & Saltveit, M. 2004. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook Number 66.
- Hardenburg, R. E., Watada, A. E. & Wang, C. Y. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook Number 66.
- Herrero, A. & Guardia, J. 1992. Conservación de frutos. Manual técnico. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Kader, A. A. 2001. Quality assurance of harvested horticultural perishables. Acta Horticulturae 553: 51-55.
- Kader, A. A. 2002. Postharvest biology and technology: an overview. In Kader A. A. (editor). Postharvest technology of horticultural crops. Third edition University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, Oakland, pp. 39-47.
- Kader, A. A. 2003. A perspective on postharvest horticulture (1978-2003). HortScience 38: 1004-1008.
- Kader, A., Thompson, J. & Sylva, K. s/d. Storing fresh fruits and vegetables for better taste. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication no 21590.

- Kays, S. J. 1997. Postharvest physiology of perishable plant products. Exon Press, Athens, Georgia, EUA.
- Kitinoja, L. & Kader, A.A. 1995. Small-scale postharvest handling practices – A manual for horticultural crops. 3 rd Edition. University of California, Davis.
- Postharvest Technology Research and Information Centre. 2001. Optimal controlled atmospheres for horticultural perishables. Postharvest Horticulture Series nº 22A, University of California, Davis.
- Prussia, S. E. & Shewfelt, R. L. 1993. Systems approach to postharvest handling. In Shewfelt, R.L. & S.E. Prussia (editors). Postharvest handling. A systems approach. Academic Press, San Diego, pp. 43-71.
- Shewfelt, R. L. & Prussia, S. E. 1993. Challenges in handling fresh fruits and vegetables. In Shewfelt, R.L. & S.E. Prussia (editors). Postharvest handling. A systems approach. Academic Press, San Diego, pp. 27-41.
- Thompson, A. K. 1998. Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- Thompson, J. F., Mitchell, F. G., Rumsey, T. R., Kasmire, R. F. & Crisosto, C. H. 2002a. Commercial cooling of fruits, vegetables and flowers. Revised edition University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 21567, Oakland.
- Thompson, J. F., Mitchell, F. G. & Kasmire, R. F. 2002b. Cooling horticultural commodities. In Kader A. A. (editor). Postharvest technology of horticultural crops. Third edition University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, Oakland, pp. 97-112.
- Thompson, J. F., Brecht, P. E. & Hirsch, T. 2002c. Refrigerated trailer transport of perishable products. University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 21614, Oakland.
- Transfresh. 1999. Fresh produce mixer and loading guide. Transfresh Corporation, Salinas, California.
- Trigueiros, J. J. 2000. Produtos hortofrutícolas frescos ou minimamente processados -Tecnologias de colheita. Sociedade Portuguesa de Inovação, Porto.
- USDA. 1998. Guide to minimize microbial food safety hazards for fresh fruits and vegetables. U.S. Food and Drug Administration, Washington.
- Watkins, C. B. 2002. Ethylene synthesis, mode of action, consequences and control. In Knee, M. (editor). Fruit quality and its biological basis. Sheffield Academic Press, Sheffield, pp. 181-224
- Welby, E. M. & McGregor, B. 1997. Agricultural export transportation handbook. Revised edition. U.S. Department of Agriculture. Agriculture handbook No 700.
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D. & Joyce, D. 1998. Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. Fourth edition. CAB International, Wallingford, Oxon.



INTRODUÇÃO	5	CAPÍTULO 3	
CAPÍTULO 1		PERDA DE ÁGUA	23
MANUSEAMENTO ENTRE A COLHEITA		IMPORTÂNCIA DA PERDA DE ÁGUA	24
E O CONSUMO	7	FÍSICA DA PERDA DE ÁGUA	25
OBJECTIVOS DO MANUSEAMENTO	8	FACTORES QUE AFECTAM A PERDA	
UMA VISÃO GLOBAL		DE ÁGUA	27
DO MANUSEAMENTO	9	FACTORES RELACIONADOS	
OPERAÇÕES NA FASE DE PRODUÇÃO .	9	COM O PRODUTO	27
COLHEITA	10	FACTORES AMBIENTAIS	29
EMBALAMENTO	11	COEFICIENTE DE TRANSPIRAÇÃO	30
TRANSPORTE	12	SENSIBILIDADE E TOLERÂNCIA DOS	
ARMAZENAMENTO	13	PRODUTOS À PERDA DE ÁGUA	30
DISTRIBUIÇÃO RETALHISTA	14	TECNOLOGIAS PARA REDUZIR A PERDA	
DESAFIOS NOS SISTEMAS DE		DE ÁGUA	31
MANUSEAMENTO PÓS-COLHEITA	15	PROJECTAR AS CÂMARAS DE	
DANOS LATENTES	15	ARMAZENAMENTO PARA REDUZIR	
GESTÃO DA QUALIDADE	15	AS PERDAS DE ÁGUA	32
GARANTIA DA SEGURANÇA		AUMENTO DA ÁREA DA SUPERFÍCIE	
ALIMENTAR	16	DO EVAPORADOR	33
PRINCÍPIOS DO BOM MANUSEAMENTO		HUMIDIFICAÇÃO DIRECTA	34
PÓS-COLHEITA	16	ARREFECIMENTO COM	
CAPÍTULO 2		EVAPORADORES MOLHADOS	34
DANOS MECÂNICOS	17	CÂMARA ENCAMISADA	34
TIPOS DE DANOS MECÂNICOS	18	CAPÍTULO 4	
IMPACTO	18	ACTIVIDADE METABÓLICA	35
COMPRESSÃO	18	RESPIRAÇÃO	36
VIBRAÇÃO	19	TAXA RESPIRATÓRIA E	
SUSCEPTIBILIDADE A DANOS		PERECIBILIDADE	36
MECÂNICOS	19	METABOLISMO RESPIRATÓRIO	37
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE		QUOCIENTE RESPIRATÓRIO PARA	
OCORRÊNCIA DE DANOS MECÂNICOS	20	DIFERENTES SUBSTRATOS	38
RECOMENDAÇÕES PARA A PREVENÇÃO		FACTORES QUE AFECTAM A TAXA	
DOS DANOS MECÂNICOS	20	DE RESPIRAÇÃO	39
		Factores internos	39
		Factores ambientais	40

PADRÃO RESPIRATÓRIO	41	SELECCÃO	65
OUTROS ASPECTOS DO		Factores a considerar na escolha	
METABOLISMO OXIDATIVO	43	de uma linha de selecção	65
ETILENO	44	TECNOLOGIAS DE ARMAZENAMENTO ..	66
O que é o etileno	44	CONSIDERAÇÕES SOBRE O	
EFEITOS DO ETILENO	45	ARMAZENAMENTO	66
Efeitos indesejáveis do etileno	45	Temperatura	66
Efeitos benéficos e utilização comercial		Humidade relativa do ar	68
do etileno	46	Composição da atmosfera	69
A PRODUÇÃO DE ETILENO PELOS		SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO	69
PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS	46	Armazenamento frigorífico (frio normal	
BIOSSÍNTESE DE ETILENO	47	ou frio convencional)	70
ACÇÃO DO ETILENO	48	Atmosfera controlada	71
ESTRATÉGIAS DE CONTROLO DA		Atmosfera modificada	73
SÍNTESE E DA ACÇÃO DO ETILENO	48	Armazenamento hipobárico	74
Remoção do etileno	48	SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO	
Silenciamento químico	49	DE BAIXA TECNOLOGIA	74
Silenciamento genético	50	POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES	
CAPÍTULO 5		DA ALTERAÇÃO DA COMPOSIÇÃO	
OPERAÇÕES E TECNOLOGIAS		DA ATMOSFERA	75
PÓS-COLHEITA	51	Benefícios potenciais da atmosfera	
TECNOLOGIAS PÓS-COLHEITA	52	controlada e modificada	77
O PAPEL CENTRAL DA GESTÃO		Potenciais efeitos negativos da atmosfera	
DA TEMPERATURA	53	controlada e modificada	77
ARREFECIMENTO	54	GESTÃO DOS PRODUTOS	
CURVA DE ARREFECIMENTO	55	EM ARMAZENAMENTO	78
DURAÇÃO COMERCIAL DO		ARMAZENAMENTO DOMÉSTICO	79
ARREFECIMENTO	56	EMBALAGEM	80
MÉTODOS DE ARREFECIMENTO		REQUISITOS TÉCNICOS DAS	
RÁPIDO	57	EMBALAGENS PARA PRODUTOS	
Arrefecimento em câmara	57	HORTOFRUTÍCOLAS	81
Arrefecimento por ar forçado	57	COMPATIBILIDADE DA	
Arrefecimento por água	58	EMBALAGEM COM OS SISTEMAS	
Arrefecimento por vácuo	58	DE MANUSEAMENTO E DE	
Arrefecimento por gelo	59	ARMAZENAMENTO	84
FACTORES A CONSIDERAR NA		RESISTÊNCIA MECÂNICA DAS	
ESCOLHA DE UM MÉTODO DE		EMBALAGENS	85
ARREFECIMENTO	60	O PROCESSO DE	
OPERAÇÕES DE SELECCÃO E DE		ACONDICIONAMENTO	85
PREPARAÇÃO PARA O MERCADO	63	EMBALAMENTO NA EMBALAGEM	
TRANSFERÊNCIA PARA LINHA		LOGÍSTICA	86
DE SELECCÃO	64	EMBALAGEM DE CONSUMO	87
		TRANSPORTE	87
		MODOS DE TRANSPORTE	88

CONSIDERAÇÕES SOBRE O TRANSPORTE RODOVIÁRIO	88	PROCEDIMENTOS PARA A GARANTIA DA QUALIDADE DE PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS	97
CONSIDERAÇÕES SOBRE O TRANSPORTE MARÍTIMO	90	Colheita	97
CONSIDERAÇÕES SOBRE O TRANSPORTE AÉREO	90	Operações na central hortofrutícola	97
GRUPOS DE COMPATIBILIDADE PARA ARMAZENAMENTO MISTO	91	Transporte	97
CAPÍTULO 6		Manuseamento no destino	98
GESTÃO DA QUALIDADE		SEGURANÇA ALIMENTAR	98
E DA SEGURANÇA ALIMENTAR	93	RASTREABILIDADE	98
QUALIDADE DE FRUTAS E HORTALIÇAS ..	94	PERIGOS E RISCOS ALIMENTARES	99
ATRIBUTOS DE QUALIDADE	94	Riscos biológicos	99
NORMAS	95	Riscos químicos	102
DEPRECIAÇÃO DA QUALIDADE NOS PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS	96	Riscos físicos	104
		GARANTIA DA SEGURANÇA ALIMENTAR	105
		Referências	107

