



## Tecnologias de armazenamento de frutas de clima temperado

Daniel Alexandre Neuwald<sup>1</sup> Dominikus Kitemann<sup>2</sup> Fabio Rodrigo Thewes<sup>3</sup>

10 maio 2018

**Resumo** – As formas de armazenamento visam prolongar a vida pós-colheita dos frutos bem como a conservabilidade dos mesmos, assim mantendo a qualidade dos frutos por um longo período. A manutenção da qualidade do fruto e conservabilidade dependem de vários fatores pré- e pós-colheita, que geralmente estão relacionados um com o outro em uma complexa interação.

### 1. INTRODUÇÃO

As formas de armazenamento visam prolongar a vida pós-colheita dos frutos bem como a conservabilidade dos mesmos, assim mantendo a qualidade dos frutos por um longo período. A manutenção da qualidade do fruto e conservabilidade dependem de vários fatores pré- e pós-colheita, que geralmente estão relacionados um com o outro em uma complexa interação. Os fatores pré colheita como espécie, variedade, condições climáticas, manejo do pomar (poda, adubação, manejo fitossanitário) são importantes fatores para a conservabilidade dos frutos, logicamente junto com a escolha do ponto ideal de colheita e das condições de armazenamento.

Os dois principais fatores pós-colheita para prolongar o armazenamento são a temperatura e a umidade relativa, essas técnicas já são usadas a séculos de forma empírica para prolongar o período de pós-colheita de frutas. Um avanço considerável no armazenamento de frutas ocorreu por volta do ano de 1965, quando se desenvolveu a atmosfera controlada

(AC), que primeiramente se baseou na AC 21 (em que a soma da concentração gasosa deveria resultar em 21), posteriormente, com o desenvolvimento de absorvedores de CO<sub>2</sub>, surgiu a possibilidade de redução concentração de O<sub>2</sub> (2 a 3%), com o desenvolvimento de separadores de N<sub>2</sub> e controladores automaticos de câmaras de armazenamento, a concentração de O<sub>2</sub> pode baixar ainda mais entre 0,8 a 1,5% e mais recentemente à atmosfera controlada dinâmica (ACD), na qual a pressão parcial de O<sub>2</sub> varia de acordo com o metabolismo do fruto, proporcionaram um avanço considerável na área de pós-colheita e uma melhor manutenção da qualidade dos produtos vegetais armazenados, proporcionando o consumo dos produtos na entressafra.

Desde 1990 com o surgimento de formas mais aprimoradas de armazenamento, como a AC-ULO 'ultra low oxygen', a ACD e a descoberta do 1-Metilciclopropeno (1-MCP), proporcionam frutos de qualidade similar à colheita após praticamente um ano de armazenamento, para frutas como maçãs e peras e muitos outros frutos climatéricos. Em contra

<sup>1</sup> neuwald@kob-bavendorf.de, Pesquisador, Universidade de Hohenheim, instituto de fisiologia de espécies especiais & coordenador do grupo de pesquisa em fisiologia pós colheita e armazenamento do Centro de Competência em Fruticultura - Lago de Constança, Ravensburg, Alemanha

<sup>2</sup> Professor, Universidade de Ciências Aplicada Weihenstephan-Triesdorf, Freising, Germany

<sup>3</sup> Doutorando pelo programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.

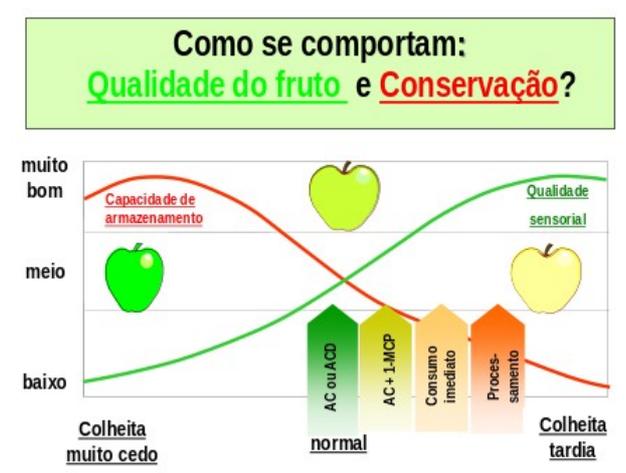


partida, frutos não climatéricos, como pequenos frutos, a vida pós colheita é extremamente curta. O período de armazenamento de framboesa não passa de alguns dias, sendo que a do morango pode chegar a algumas semanas, o que é relativamente curto quando comparando com maçãs e peras que se pode armazenar economicamente por 8 a 10 meses utilizando as tecnologias modernas.

### PONTO IDEAL DE COLHEITA

O ponto ideal de colheita é um fator crucial, que influencia a conservabilidade e a manutenção da qualidade dos frutos, bem como as condições de armazenamento que devem ser empregadas. Em determinados pontos de maturação, os frutos ficam mais sensíveis as condições de armazenamento utilizadas, geralmente frutos com maturação mais avançada são mais sensíveis, e, conseqüentemente, perdem rapidamente a qualidade durante o armazenamento. O ponto ideal de colheita geralmente é um compromisso entre duas linhas antagônicas (Figura 1).

Figura 1 – Determinação do ponto de colheita levando em consideração as curvas de capacidade de armazenamento e qualidade dos frutos bem como o destino pós colheita que se dará para as frutas.



A qualidade do fruto aumenta com o avanço da maturação, enquanto a conservabilidade reduz, assim, o ponto de colheita deve ser definido de acordo com o destino pós-colheita da fruta. Os frutos climatéricos apresentam uma vantagem em relação aos não

climatéricos, pois tem a capacidade de amadurecer fora da planta mãe, ou seja, há uma maturação fisiológica, em que os frutos podem ser colhidos, e uma maturação de consumo, que pode ocorrer fora da planta mãe. O ponto de colheita ideal ocorre quando os frutos apresentam uma boa qualidade interna e externa, bem como um bom potencial de armazenamento. Os parâmetros que geralmente são utilizados para determinar o ponto ideal de colheita dependem da espécie, mas no geral são firmeza de polpa, sólidos solúveis totais, cor da epiderme, conteúdo de amido.

### TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DURANTE O ARMAZENAMENTO

A temperatura é o fator mais importante para estender e manter a qualidade pós-colheita de produtos vegetais armazenados. A redução da temperatura (armazenamento refrigerado, AR) reduz os processos metabólicos e catabólicos, assim reduzindo o processo de amadurecimento e, conseqüentemente, a senescência dos frutos.

Um efeito indireto da temperatura sobre a qualidade do fruto, é a sua relação com perda de água (transpiração). A perda de água no fruto depende, principalmente, da diferença de pressão de vapor entre a fruta e o ar do ambiente, que por sua vez está relacionado à temperatura e umidade relativa (UR). A UR é fortemente influenciada pelo delta ( $\Delta$ ) T (temperatura) utilizado nos evaporadores da câmaras frias, quanto menor o  $\Delta T$  menor será a diferença de pressão de vapor, e desta forma menor será a perda de água induzida pelo ambiente nos frutos (evaporadores).

Como o ar mais frio no estado saturado pode conter menos vapor de água, o aquecimento do ar pela retirada do calor dos frutos tem maior capacidade de conter água, a qual é retirada dos frutos, e depositada nos evaporadores, podendo obstruir o fluxo de ar pelo evaporador, caso não seja feito o degelo na frequência adequada. Portanto, a transpiração (perda de massa da fruta), é menor em baixas temperaturas, desde que



o gradiente de temperatura dos frutos, e ou, ar com o evaporador seja pequeno ( $\Delta T$  pequeno). Se a UR durante o armazenamento for muito alta, pode induzir o surgimento de desordens fisiológicas e doenças, por outro lado, a perda excessiva de água causa frutos murchos o que também resulta na perda de qualidade. Em geral se almeja uma perda de massa de 2 a 3,5% durante 8 meses de armazenamento dependendo da variedade de maçã. Essa perda de massa ocorre principalmente durante o resfriamento dos frutos.

Outro fator importante que deve ser levado em consideração quando da determinação da temperatura de armazenamento, além da manutenção da qualidade dos frutos, é o consumo de energia elétrica, pois os compressores de refrigeração e os ventiladores são os componentes técnicos com maior consumo de energia durante o período de armazenamento. O simples aumento de 1 a 3 °C na temperatura pode proporcionar uma economia de energia de mais de 30%, sem causar prejuízos na manutenção da qualidade dos frutos, se as técnicas de armazenamentos forem as ideais para as frutas.

### **CONDIÇÕES DE ATMOSFERA CONTROLADA (AC)**

Para o armazenamento prolongado das frutas, além da utilização do AR, pode-se lançar mão da AC, ou mesmo suas variações como por exemplo ULO. Essas levam a uma inibição ainda maior dos processos metabólicos e catabólicos dos frutos, como a taxa respiratória, produção de etileno, redução da atividade das enzimas responsáveis pela degradação da parede celular, pela redução da disponibilidade de O<sub>2</sub> no ambiente de armazenamento. Assim, a AC apresenta uma redução da perda de firmeza de polpa, bem como da acidez, por outro lado apresenta uma redução de compostos aromáticos, compostos que são desejáveis pelo consumidor.

Outro efeito considerável da AC na manutenção da qualidade dos frutos, é o retardo na degradação da clorofila, mantendo os frutos por mais tempo em uma

coloração mais verde, deixando o fruto aparentemente mais fresco por um longo período.

### **ATMOSFERA CONTROLADA DINÂMICA (ACD)**

Nas últimas décadas o desenvolvimento da atmosfera controlada dinâmica (etanol "Eth", fluorescência de clorofila "CF" ou quociente respiratório "RQ") tem levado a entender melhor os metabolismo dos frutos, mas ao mesmo tempo, ainda há espaço para avanços nas formas de armazenamento, monitorando o metabolismo dos frutos direta ou indiretamente. Talvez essa seja a grande diferença entre a AC e a ACD. Na AC, o controle da atmosfera é feito por resultados obtidos ao longo dos anos "experiência", já na ACD se busca o acompanhamento da situação de "estresse" do fruto em um dado momento e uma determinada condição de atmosfera, sendo que a pressão parcial de O<sub>2</sub> pode variar, dependendo da capacidade de adaptação dos frutos durante o armazenamento e das condições estipuladas.

As condições de armazenamento, principalmente o O<sub>2</sub> é estipulado levando em consideração o limite mínimo de oxigênio (LMO), que pode ser um pouco acima ou abaixo do ponto de compensação anaeróbico (PCA) que pode ser visualizado na (figura 2). A redução do O<sub>2</sub> reduz a produção de CO<sub>2</sub> até um limite mínimo, a partir do qual a produção de CO<sub>2</sub> começa a aumentar devido a respiração anaeróbica. Já a conservabilidade do fruto aumenta com a redução dos níveis de O<sub>2</sub>, geralmente até o nível próximo que apresentou a maior redução da produção de CO<sub>2</sub>.

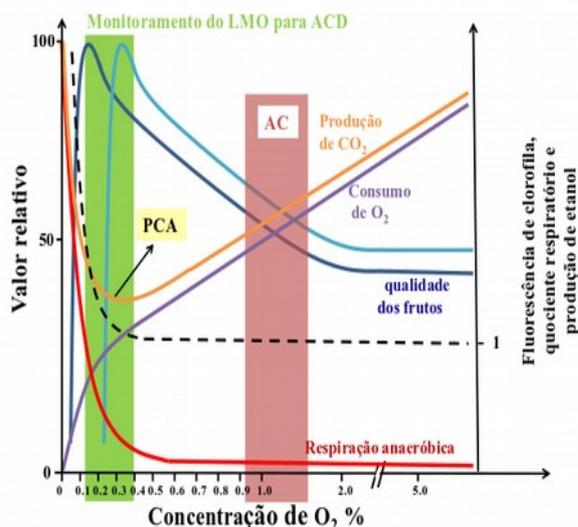
A partir desse nível há uma redução na conservabilidade do fruto, pois começam a ocorrer danos fisiológicos nos frutos causados por um estresse excessivo. Dessa forma, pode-se detectar uma produção de etanol, maior reflectância da clorofila, bem como, um aumento no quociente respiratório dos frutos (linha tracejada preta). Se por um lado esses métodos proporcionam uma melhor manutenção da qualidade dos frutos, tanto físico-químicas, como fisiológicas e parasitaria. Essas técnicas são utilizadas com uma margem de risco muito menor que a AC,



assim sendo os responsáveis pelas câmaras de armazenamento de frutas tem uma margem menor de segurança e uma decisão falsa pode proporcionar grandes perdas.

Se esses métodos por um lado reduzem as desordens fisiológicas relacionadas ao amadurecimento, por outro lado, podem aumentar o risco do surgimento de desordens fisiológicas causadas por estresses nos frutos (metabolismo anaeróbico). Para que essas técnicas tenham sucesso, é necessário que nas câmaras de ACD sejam colocados apenas lotes homogêneos (variedade e ponto de maturação) de frutos, hermeticidade das câmaras, uso de separadores de nitrogênio eficientes, adequados absorvedores de CO<sub>2</sub> e controle rígido das condições de armazenamento.

Figura 2 – Representação esquemática do princípio do monitoramento da AC e ACD pelos três métodos (etanol, fluorescência de clorofila e quociente respiratório). Adaptado de Brackmann & Thewes, 2015



## ETILENO

Em frutos climatéricos o etileno desempenha um papel importantíssimo na inibição ou indução do amadurecimento e/ou senescência, já que a maioria dos processos relacionados ao amadurecimento, como o amolecimento, redução da acidez, são regulados pelo etileno. A maioria dos parâmetros de armazenamento como a baixa temperatura, redução de O<sub>2</sub>, elevação do CO<sub>2</sub> reduzem a biossíntese e ação

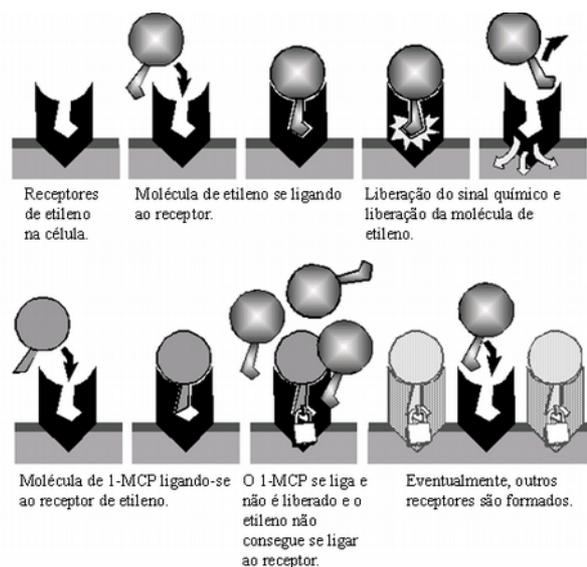
do etileno e assim retardam a maturação e a senescência de frutas.

## APLICAÇÃO DE 1-MCP

O 1-MCP é um bloqueador dos receptores de etileno, o 1-MCP se liga de forma irreversível aos receptores do etileno na membrana do retículo endoplasmático rugoso e assim inibe ou bloqueia o efeito do etileno (Figura 3). O 1-MCP tem mostrado um forte efeito na inibição do amadurecimento, bem como na redução da perda de qualidade dos frutos principalmente durante a comercialização ('shelf-life' ou vida de prateleira).

Apesar do 1-MCP reduzir a perda de qualidade, por outro lado assim como a AC, esse reduz a produção de compostos voláteis pelos frutos. Por essas razões tanto a menor produção de aromas, como o forte efeito na redução da perda de qualidade se recomenda que frutos que passaram pela aplicação do 1-MCP sejam colhidos em torno de uma semana mais tarde para permitir maior desenvolvimento de qualidades sensoriais.

Figura 3 – Modo de ação do etileno e 1-MCP nos receptores de etileno na membrana do retículo endoplasmático rugoso.



Fonte: adaptado de Bower, citado por Blankenship, 2001.

No entanto, o atraso na colheita não deve ser demasiadamente grande, pois o efeito da aplicação do



1-MCP vai reduzindo com o avanço da maturação dos frutos, na mesma linha de raciocínio, a aplicação do 1-MCP deve acontecer preferencialmente após no máximo de uma semana após a colheita, evitando que o processo de amadurecimento já tenha sido desencadeado. O 1-MCP reduz as desordens fisiológicas relacionadas com o amadurecimento e senescência de frutos, mas por outro lado pode induzir o surgimento de desordens causadas por estresse, que tem como etileno um silizador que avisa do estresse que o fruto terá que passar.

### **ECONOMIA DE ENERGIA USANDO MODERNAS TECNOLOGIAS DE ARMAZENAMENTO**

O resfriamento rápido das frutas no início do armazenamento é um fator essencial para um armazenamento bem sucedido. Este processo precisa de alta demanda de energia. A eficácia da remoção de calor da fruta é altamente dependente do volume de fluxo de ar dos ventiladores dos evaporadores, da geometria das câmaras e da unidade de refrigeração. No entanto, durante o período de armazenamento, a demanda de energia diminui para aproximadamente 10% em relação às necessidades de refrigeração inicial de armazenamento.

A investigação do plano de empilhamento em uma câmara de armazenamento de maçã mostrou economia de energia de 10 a 15% com distância de 10 cm entre os bins em comparação com o empilhamento em blocos (sem espaçamento) durante o período de resfriamento inicial, onde o calor do campo é removido. Após o resfriamento inicial, o efeito do plano de empilhamento no consumo de energia não é mais significativo.

O desenvolvimento de novas tecnologias de armazenamento, como o ULO, a ACD e o tratamento com 1-MCP em combinação com elevadas temperaturas de armazenamento, permitem economia de energia significativa durante o armazenamento. Essas estratégias garantem a manutenção da qualidade da fruta, mesmo com o aumento da

temperatura de armazenamento (1 a 3 °C). O aumento da temperatura de armazenamento pode permitir uma redução do consumo de energia na ordem de 20 a 40%. Somado a esse efeito da economia de energia, no caso da maçã 'Pinova', o uso de elevadas temperaturas de armazenamento também reduz a ocorrência de podridões pós-colheita de *Gloeosporium* spp.

A otimização do fluxo de ar com defletor de ar e vedação do evaporador não mostram um efeito significativo na redução do consumo de energia durante o armazenamento de frutas, mesmo alterando a distribuição e velocidade do ar em diferentes posições das câmaras frias.

O uso de ventiladores nos evaporadores com motores de corrente alternada (CA) e comutados eletronicamente (CE) apresentou redução de mais de 20% no consumo de energia elétrica, quando comparamos CE com CA em plena potência (100%). Essa diferença aumentou para 27% de economia de energia quando os ventiladores operarem a carga parcial (50%). Isso sem contar a energia gasta pelos equipamentos de regulação da potência dos ventiladores.

Algumas investigações futuras ainda são necessárias quanto as interações de isolamento das câmaras e posição das câmaras dentro do sistema de armazenamento. Esperamos que, devido à aplicação de material de isolamento avançado para paredes e portas de câmaras de armazenamento, bem como utilização de espessuras adequadas, esses aspectos possam apresentar maior economia de energia.

A mudança na legislação de meios refrigerantes nos sistemas de refrigeração das câmaras, considerando os esforços mundiais para proteger o meio ambiente, leva a novos desafios científicos. Assim, torna-se necessário mais pesquisas para encontrar refrigerantes e sistemas de resfriamento adequados, sem que isso comprometa a manutenção da qualidade dos frutos durante o armazenamento.

Finalmente, ainda mais importante, as investigações sobre economia de energia, devem levar em conta à



otimização do sistema de resfriamento em relação ao controle eficiente de energia e regulação das instalações operacionais em instalações de armazenamento comercial, o que planejamos investigar nos próximos anos. Esse pode ser um

sistema complexos, mas que pode ser o mais promissor na economia de energia, bem como uso mais eficiente da energia disponível.

## REFERÊNCIAS

BLANKSHIP, S. M. Ethylene effects and the benefits of 1-MCP. *Perishables Handling Quarterly*, n. 108, 4 p., 2001.

BRACKMANN, A.; THEWES, F. R. Representação esquemática do princípio do monitoramento da AC e ACD. *Informação pessoal*, 2015.



## Storage technologies for temperate fruits

Daniel Alexandre Neuwald<sup>4</sup> Dominikus Kitemann<sup>5</sup> Fabio Rodrigo Thewes<sup>6</sup>

10 maio 2018

**Abstract** – The storage forms aim to prolong the post-harvest life of the fruits as well as the preservability of the fruits, thus maintaining the quality of the fruits for a long period. The maintenance of fruit quality and conservability depends on several pre- and post-harvest factors, which are usually related to one another in a complex interaction.

**Correspondência:**

Daniel Alexandre Neuwald

neuwald@kob-bavendorf.de

Recebido: 23/11/2017

Aprovado: 10/05/2018

**Como citar:** NEUWALD, Daniel Alexandre; KITTEMANN, Dominikus; THEWES, Fabio Rodrigo. (NBR 6023) Tecnologias de armazenamento de frutas de clima temperado. *Syn. scy. UTFPR*, Palestras... Simpósio Paranaense de Fruticultura (3.: 2017 nov. 21-23: Pato Branco, PR). Pato Branco, v. 13, n. 1, p. 21–27. 2018. ISSN 2316-4689 (Eletrônico). Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/synscy>>. Acesso em: DD mmm. AAAA.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença **Creative Commons** Atribuição 4.0 Internacional.

---

<sup>4</sup> neuwald@kob-bavendorf.de, Pesquisador, Universidade de Hohenheim, instituto de fisiologia de espécies especiais & coordenador do grupo de pesquisa em fisiologia pós colheita e armazenamento do Centro de Competência em Fruticultura - Lago de Constança, Ravensburg, Alemanha

<sup>5</sup> Professor, Universidade de Ciências Aplicada Weihenstephan-Triesdorf, Freising, Germany

<sup>6</sup> Doutorando pelo programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.