

## Tecnologia

# Uso da atmosfera controlada é recente no Brasil

Auri Brackmann\*



Galpão refrigerado com controle de atmosfera; Ceagesp, SP, 2005

Atmosfera controlada (AC) é uma técnica que complementa o armazenamento refrigerado de frutas, permitindo que, além da temperatura e da umidade relativa, controle-se a concentração dos gases no ambiente da câmara. Por meio dela, o nível de oxigênio é reduzido a uma média entre 1% e 3% e o gás carbônico é elevado para níveis entre 2% e 20%, sendo que o etileno pode ser eliminado da atmosfera. A concentração adequada de cada gás varia em função da espécie e cultivar e de fruta armazenada. O efeito da atmosfera controlada foi descoberto no século XIX,

na Europa; em 1922, os pesquisadores ingleses Kidd e West desenvolveram a técnica para o armazenamento comercial de maçãs e pêras.

No Brasil, a tecnologia é relativamente recente, tendo sido iniciada em 1982, com a instalação da primeira câmara de AC em Fraiburgo, SC. Atualmente, o país já dispõe de capacidade para armazenamento em AC em torno de 500 mil toneladas, utilizada principalmente para maçãs. Mas essa capacidade é incipiente, se comparada à dos países desenvolvidos. A atmosfera controlada é utilizada em nível mundial

em diversas frutas, mas, principalmente para a conservação de maçãs, pêras, kiwi, caqui, pêssegos e bananas, sendo usada muitas vezes em *contêineres* para transporte marítimo, nos casos dos pêssegos, bananas e morangos, além de flores e hortaliças. Também é empregada na conservação de grãos, com a denominação de "armazenamento com inertização da atmosfera".

## AÇÃO E BENEFÍCIOS

Após a colheita, as frutas continuam seu processo respiratório, consumindo

FIGURA 1 | VISTA DO SISTEMA DE TUBULAÇÕES PARA GASES DA CÂMARA DE AC



oxigênio e liberando gás carbônico. Em frutos climatéricos, a taxa respiratória é incrementada significativamente no período pós-colheita, a partir do início da síntese autocatalítica de etileno, o que leva o fruto à maturação e, posteriormente, à senescência. As condições ambientais que regulam a intensidade respiratória, e, por consequência, a conservação dos frutos, são: a temperatura, a umidade relativa, a concentração de oxigênio, o gás carbônico e o etileno. No armazenamento em AC, o efeito das baixas concentrações de oxigênio e das altas concentrações de gás carbônico ocorre em diferentes pontos do metabolismo celular dos frutos, mais especificamente: a) na síntese do etileno; b) na ação do etileno; c) na respiração, em nível do ciclo dos ácidos tricarbônicos e na cadeia transportadora de elétrons; e d) na síntese e atividade de enzimas.

Níveis baixos de oxigênio reduzem drasticamente a atividade da enzima citocromo-oxidase, que usa o oxigênio molecular na cadeia transportadora de elétrons. Além disso, o oxigênio molecular é necessário para a síntese do etileno. Os efeitos da baixa concentração de oxigênio na redução do amadurecimento têm início quando atinge cerca de 5%, alcançando resultados mais significativos em concentrações abaixo de 3% e abaixo de 1%; nesse último caso, é usada para períodos prolongados, podendo entretanto resul-

tar em acúmulos de etanol, ácido acético e acetato de etila, devido à respiração anaeróbica, o que confere ao fruto sabor fermentado e pode causar o escurecimento do tecido da polpa.

O gás carbônico pode também gerar danos aos tecidos dos frutos, quando seu acúmulo for excessivo. A tolerância varia com a cultivar. Por exemplo, a maçã Gala tolera 3% de concentração, enquanto que a cultivar Fuji pode sofrer danos, em determinados anos, a partir de 0,8% de  $\text{CO}_2$ . A tolerância ao  $\text{CO}_2$  também varia de acordo com a espécie. Pequenos frutos geralmente toleram altas concentrações, como o morango, que se conserva bem entre 15% e 20% de  $\text{CO}_2$ . Deve-se considerar que baixos teores de oxigênio e altos de  $\text{CO}_2$  têm efeitos sinérgicos. Isso significa que, em concentrações baixas de  $\text{O}_2$ , os efeitos de alto  $\text{CO}_2$  são maiores do que em concentrações normais de  $\text{O}_2$ .

Da mesma forma, existe interação entre os efeitos desses gases e da temperatura; ou seja, em baixas temperaturas, os frutos reduzem suas atividades metabólicas e, em caso de uso de concentrações extremamente baixas de  $\text{O}_2$  e/ou concentrações extremamente altas de  $\text{CO}_2$ , pode haver danos nos tecidos, que manifestarão sintomas de fermentação e escurecimento. Portanto, a escolha de determinada condição de AC deve levar em consideração a temperatura da câmara. Para

determinadas espécies de frutas, a eliminação do etileno durante o período de armazenamento em câmaras de AC pode constituir grande benefício ao controle da maturação, casos do kiwi e do caqui.

A AC complementa o armazenamento refrigerado, aumentando consideravelmente o período de conservação e garantindo qualidade superior aos frutos, por meio dos seguintes fatores: a) retardo do amadurecimento; b) redução na ocorrência de podridão e distúrbios fisiológicos; c) diminuição da perda de peso e murchamento dos frutos; d) aumento da vida na prateleira dos frutos; e) colheita em um estado mais avançado da maturação fisiológica, permitindo maior acúmulo de açúcares e desenvolvimento de cor da epiderme. O retardamento do amadurecimento das maçãs, pelo uso de AC, manifesta-se com a retenção da firmeza da polpa, da cor verde da epiderme e da acidez titulável.

## EQUIPAMENTOS

As câmaras frigoríficas destinadas ao armazenamento em AC geralmente são de médio e grande porte, com capacidades variando entre 200 e 1.000 toneladas de frutas. Devem ser herméticas, para evitar a entrada de ar (que aumenta os níveis de oxigênio da atmosfera) e a saída do gás carbônico. Esse "estancamento" existente nas câmaras é obtido por meio de painéis metálicos dotados de isolamento térmico (com poliestireno ou poliuretano), perfeitamente encaixados e com as juntas seladas com silicone ou outros adesivos. As portas possuem vedação de borracha e, muitas vezes, usa-se vaselina em pasta para melhor vedação. Devido à variação da temperatura interna, em função do funcionamento intermitente da refrigeração, ocorre variação na pressão interna, havendo momentos de pressão e depressão. Essa pressão deve ser compensada por válvulas que permitem a entrada ou saída dos gases da câmara, evitando sua implosão ou explosão, com a ruptura dos painéis metálicos das paredes e teto (Figura 1).

Anualmente, antes de se iniciar o enchimento de uma câmara com frutas, ela deve ser submetida ao teste de “estanqueidade”. Para isso, a câmara é fechada e submetida a uma depressão de no máximo 30 mm de coluna de água. Em caso de vazamento, o vácuo parcial não se manterá por muito tempo. Após o enchimento e fechamento hermético da câmara, instala-se a atmosfera, com a eliminação do oxigênio, por meio de uma “lavagem” com um fluxo de gás nitrogênio. Esse gás pode ser produzido na própria empresa, com geradores do tipo membrana separadora de ar ou PSA (*pressure swing adsorption*), equipamentos ainda pouco usados no Brasil, ou adquiridos de empresas comerciais. Nesse caso, o nitrogênio é transportado em forma líquida até à empresa armazenadora de frutas, onde passa por uma serpentina para seu aquecimento e evaporação. Então, é utilizado para a “varredura” da câmara e eliminação de parte do oxigênio do ar. Quando a concentração de oxigênio atinge 5%, suspende-se a injeção de nitrogênio; o excesso de oxigênio, até um nível próximo a 1%, é eliminado, nos dias seguintes, pela respiração das frutas, que também acarreta a formação do gás carbônico a ser acumulado até determinado nível, dependendo da espécie e da cultivar. Por exemplo, para maçãs Gala, o nível recomendado é de 2,5%, que, quando superado, torna necessária a eliminação do excesso desse gás, feita com adsorvedor de carvão ativado, acoplado a um sistema de controle automático da concentração dos gases (O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>).

Esse controlador compõe-se de analisadores de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e de um processador eletrônico programado para manter determinada concentração de gás, em cada câmara de AC. Recebendo a informação dos analisadores de gases, o processador compara o nível da câmara com o pré-estabelecido e, em caso de excesso de CO<sub>2</sub>, liga o adsorvedor; em caso de baixo O<sub>2</sub>, ele liga um reforçador, que injeta ar na câmara, até regular a concentração. O controlador automático pode operar um grande

número de câmaras simultaneamente, que em geral varia entre 10 e 50.

Também a eliminação do etileno é necessária, em algumas espécies de frutas e hortaliças, como por exemplo o kiwi e o caqui. Na câmara, a eliminação se dá por meio de dois tipos de equipamentos. Nas maiores e nos casos de frutas que produzem muito etileno, utiliza-se o conversor catalítico de etileno; nas câmaras menores e *contêineres* para transporte marítimo, o uso de filtros contendo *pellets* com permanganato de potássio é mais aconselhado, em função dos seus custos menores. Como a atmosfera das câmaras de AC apresenta baixos níveis de O<sub>2</sub> e altos de CO<sub>2</sub>, é impossível a entrada de pessoas sem equipamento para suprimento de ar comprimido ou oxigênio.

A entrada em uma câmara sempre deve ser acompanhada por mais pessoas, para evitar riscos de acidentes, que podem acarretar até a morte. Devem ser periódicas e são necessárias para as coletas de amostras que determinam a evolução da maturação e as perdas de qualidade dos produtos, definindo os momentos apropriados à abertura e comercialização dos produtos. Após a abertura de uma câmara, é recomendado que as frutas sejam comercializadas nas três semanas seguintes, já que a exposição prolongada às condições atmosféricas acelera a maturação e pode minimizar os efeitos do acondicionamento em AC. No Brasil, a fabricação de equipamentos e a instalação de câmaras frigoríficas de AC vinha sendo feita, até recentemente, por empresas com tecnologia estrangeira. Porém, há alguns anos, o Brasil iniciou sua produção de equipamentos qualificados para AC.

Os efeitos das condições de AC variam em função da espécie de fruta e hortaliça. Normalmente, o uso de concentrações adequadas de gases não traz prejuízo ao fruto, mas, em determinadas espécies, seu efeito para a conservação é insignificante e não justificável. É o caso dos frutos não-climáticos que, por não apresentarem amadurecimento na pós-colheita, geral-

TABELA 1| USO DA ATMOSFERA CONTROLADA (AC) EM FRUTAS E HORTALIÇAS, EM NÍVEL MUNDIAL

PRODUTO	TEMPO DE CONSERVAÇÃO	BENEFÍCIO
Abacate	10 semanas	médio
Banana	5 semanas	alto
Caqui	10 semanas	alto
Figo	2 semanas	médio
Kiwi	8 meses	alto
Limão	3 meses	médio
Maçã	10 meses	alto
Melão		
Cantaloupe	2 a 3 semanas	médio
Morango	2 a 3 semanas	alto
Pêra	8 meses	alto
Pêssego/ nectarina	6 semanas	médio
Aspargo	-	médio
Brócolis	-	médio
Cebola/alho	6 meses	médio
Milho doce	6 semanas	médio
Repolho	4 meses	médio
Tomate	3 semanas	médio

mente não usufruem dos efeitos da AC, embora haja, em alguns casos, redução da ocorrência de podridão. As possibilidades de utilização comercial da AC podem ser vistas na Tabela 1. <sup>10</sup>

\*Auri Brackmann é professor do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (brackman@ccr.ufsm.br).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOHRING, S. Over sea and over land putting CA research and technology to work for international shipments for fresh produce. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 7th. *Proceedings...* Edited by J. F. Thompson; E. J. Mitcham. Davis: University of California, 1997. v. 1, p. 11-15.

LIDSTER, P. D.; BLANPIED, G. D.; PRANGE, R. K. (Eds.). *Controlled-atmosphere disorders of commercial fruits and vegetables*. 2nd ed. Kentville: Agriculture and Agri-Food Canada Publication, 1999. 59 p.

OSTERLOH, A. et al. *Lagerung von Obst und Südfrüchten*. Stuttgart: Eugen Ulmer, 1996. 253 p.