



INFORME

v. 42, n. 314, 2021

ISSN 0100-3364

EPAMIG AGROPECUARIO

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Governo de Minas Gerais

Tecnologias pós-colheita: inovações e desafios



Um brinde com

ESPUMANTE MINEIRO

tem um sabor diferente

Desenvolvido a partir de uvas Chardonnay, que são as que melhor se adaptaram às características de clima e solo da Região da Serra da Mantiqueira, o Espumante Nature da EPAMIG é obtido por meio de uma metodologia semelhante à francesa champenoise.

Entre em contato e experimente um espumante verdadeiramente mineiro.

Empório EPAMIG Sede

☎ (31) 99564-0855 | (31) 3489-5000
asagro@epamig.br



Campo Experimental da EPAMIG em Caldas



AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.



Informe Agropecuário

Uma publicação da EPAMIG

v. 42, n. 314, 2021

Belo Horizonte, MG

Sumário

Apresentação

O Brasil é importante produtor e exportador de produtos de origem vegetal e derivados. A dimensão continental e a diversificação climática permitem a produção em condições tropicais, subtropicais e temperadas.

Durante toda a cadeia produtiva vegetal são adotadas técnicas que visam obter produtos com qualidade física, química e nutricional e que sejam rentáveis ao produtor. A manutenção da qualidade na pós-colheita é determinante até o momento da comercialização e engloba não apenas a aparência, como tamanho, cor, integridade física, mas também aspectos ligados a qualidade sensorial, resíduo de defensivos agrícolas e respo socioambiental.

O conhecimento científico na área de fisiologia pós-colheita está em contínuo desenvolvimento, na tentativa de solucionar desafios relacionados com a manutenção da qualidade, comercialização, conservação, e minimização das perdas pós-colheita.

As informações sobre fisiologia pós-colheita, armazenamento e conservação, manejo pré e pós-colheita, técnicas biotecnológicas ligadas à manutenção da qualidade de produtos vegetais, bem como avaliação da qualidade, certificação, rastreabilidade e marketing, são estratégicas, para garantir a redução das perdas pós-colheita, a comercialização e o consumo seguro dos vegetais, e estão reunidas neste número do Informe Agropecuário, sobre Tecnologias pós-colheita: inovações e desafios.

*Ariane Castricini
Renata Vieira da Mota
Emerson Dias Gonçalves*

EDITORIAL	3
ENTREVISTA	4
Perdas pós-colheita na cadeia produtiva de hortaliças <i>Milza Moreira Lana e Carlos Antonio Banci</i>	7
Biotecnologia aplicada à pós-colheita <i>Ricardo Antonio Ayub, Michelle Orane Schemberger, Flávia Maria Gustani, Marília Aparecida Stroka e Calistene Aparecida Pinto</i>	18
Avaliações não destrutivas em pós-colheita <i>Débora Leitzke Betemps e Rodrigo Ferraz Ramos</i>	28
Pós-colheita de frutas <i>Ariane Castricini, Renata Vieira da Mota, Emerson Dias Gonçalves e Maristella Martineli</i>	35
Colheita e pós-colheita de hortaliças fruto e folhosas <i>Marinalva Woods Pedrosa, Túlio de Almeida Machado, Ana Maria Mapeli e Clarice Aparecida Megguer</i>	45
Pós-colheita de plantas medicinais <i>Maira Christina Marques Fonseca, Sérgio Maurício Lopes Donzeles, Mariane Borges Rodrigues de Ávila, Naiara Cristina Zotti-Sperotto, Evandro de Castro Melo e Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto</i>	57
Pós-colheita de flores <i>Simone Novaes Reis, Marília Andrade Lessa e Gláucia Moraes Dias</i>	66
Pós-colheita de raízes tuberosas, tubérculos, rizomas e bulbos <i>Fernanda Ferreira de Araújo, Nicolas de Oliveira Araújo, Mirelle Nayana de Sousa Santos, Paula Cristina Carvalho Lima, Sanzio Mollica Vidigal e Fernando Luiz Finger</i>	77
Pós-colheita de grãos e sementes <i>Madelon Rodrigues Sá Braz, Higino Marcos Lopes, Juliana Lobo Paes e José Francisco Lopes Filho</i>	90
Certificação, rastreabilidade e agregação de valor <i>Gabriel Vicente Bitencourt de Almeida, Sabrina Leite de Oliveira, Thiago de Oliveira e Fabiane Mendes da Camara</i>	98

ISSN 0100-3364

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v. 42	n. 314	p. 1-104	2021
----------------------	----------------	-------	--------	----------	------

© 1977 Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)

ISSN 0100-3364

INPI: 006505007

CONSELHO DE PUBLICAÇÕES E INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

Nilda de Fátima Ferreira Soares

Trazilbo José de Paula Júnior

Marcelo Ribeiro Malta

Vânia Lúcia Alves Lacerda

COMISSÃO EDITORIAL DE PUBLICAÇÕES E INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

Trazilbo José de Paula Júnior

Vânia Lúcia Alves Lacerda

Marcelo Ribeiro Malta

EDITORES-TÉCNICOS

Ariane Castricini (EPAMIG Norte), Renata Vieira da Mota e

Emerson Dias Gonçalves (EPAMIG Sul)

CONSULTORES-TÉCNICOS

Maria Geralda Vilela Rodrigues (EPAMIG Norte) e

Marcelo Abreu Lanza (EPAMIG Centro-Oeste)

PRODUÇÃO

DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

EDITORA-CHEFE

Vânia Lúcia Alves Lacerda

DIVISÃO DE PRODUÇÃO EDITORIAL

Fabriciano Chaves Amaral

REVISÃO LINGUÍSTICA E GRÁFICA

Rosely A. R. Battista Pereira

NORMALIZAÇÃO

Fátima Rocha Gomes

PRODUÇÃO E ARTE

Diagramação/formatação: *Ângela Batista P. Carvalho e*

Fabriciano Chaves Amaral

Coordenação de Produção Gráfica

Ângela Batista P. Carvalho

Capa: *Fabriciano Chaves Amaral*

Foto: *Ariane Castricini*

Loja de Frutas em Tóquio (Japão)

Contato - Produção da revista

(31) 3489-5075 - dpit@epamig.br

Impressão: *Tavares & Tavares Empreendimentos Comerciais Ltda.*

Circulação: *julho 2021*

Informe Agropecuário é uma publicação trimestral da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização escrita do editor. Todos os direitos são reservados à EPAMIG.

Os artigos assinados por pesquisadores não pertencentes ao quadro da EPAMIG são de inteira responsabilidade de seus autores.

Os nomes comerciais apresentados nesta revista são citados apenas para conveniência do leitor, não havendo preferências, por parte da EPAMIG, por este ou aquele produto comercial. A citação de termos técnicos seguiu a nomenclatura proposta pelos autores de cada artigo.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

AQUISIÇÃO DE EXEMPLARES

Livraria EPAMIG

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - União

CEP 31170-495 Belo Horizonte - MG

www.informeagropecuario.com.br; www.epamig.br

(31) 3489-5002 - publicacao@epamig.br

CNPJ (MF) 17.138.140/0001-23 - Insc. Est.: 062.150146.0047

DIFUSÃO INTERINSTITUCIONAL

Dorotéia Resende de Moraes e Maria Lúcia de Melo Silveira

Biblioteca Professor Octávio de Almeida Drumond

(31) 3489-5073 - biblioteca@epamig.br

EPAMIG Sede

Informe Agropecuário. - v.3, n.25 - (jan. 1977) - . - Belo Horizonte: EPAMIG, 1977 - .
v.: il.

Bimestral - até 2017, Trimestral - a partir de 2018
Cont.de Informe Agropecuário: conjuntura e estatística. - v.1, n.1 - (abr.1975).

ISSN 0100-3364

1. Agropecuária - Periódico. 2. Agropecuária - Aspecto Econômico. I. EPAMIG.

CDD 630.5

O Informe Agropecuário é indexado na AGROBASE, CAB INTERNATIONAL e AGRIS

**Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**

Governo do Estado de Minas Gerais
Romeu Zema Neto
Governador

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Ana Maria Soares Valentini
Secretária



Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Conselho de Administração

Nairam Félix de Barros (Presidente)
Otávio Martins Maia
Gladyston Rodrigues Carvalho
Antônio Álvaro Corsetti Purcino
Silvana Maria Novais Ferreira Ribeiro

Conselho Fiscal

Conselho Fiscal em processo de escolha nos termos do Decreto Estadual nº 48.191, de 14 de maio de 2021.

Presidência

Nilda de Fátima Ferreira Soares

Diretoria de Operações Técnicas

Trazilbo José de Paula Júnior

Diretoria de Administração e Finanças

Leonardo Brumano Kalil

Gabinete da Presidência

Thales Santos Terra

Assessoria de Comunicação

Fernanda Nívea Marques Fabrino

Assessoria de Governança e Estratégia

Luciana Pereira Junqueira Simão

Assessoria de Informática

Andrezza Pacheco Pereira

Assessoria Jurídica

Thiago José Teixeira de Assis Coelho

Assessoria de Negócios Agropecuários

Clenderson Corradi de Mattos Gonçalves

Auditoria Interna

Adriana Valadares Caiafa

Departamento de Administração

Mauro Lúcio de Rezende

Departamento de Gestão de Pessoas

Marcelo Ribeiro Gonçalves

Departamento de Gestão e Finanças

Polliette Alcileia Leite

Departamento de Informação Tecnológica

Vânia Lúcia Alves Lacerda

Departamento de Pesquisa

Marcelo Ribeiro Malta

Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Sebastião Tavares de Rezende

Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo

Luci Maria Lopes Lobato e Francisco Olavo Coutinho da Costa

EPAMIG Centro-Oeste

Juliana Carvalho Simões e Felipe Lopes Pena

EPAMIG Norte

Leidy Darmony de Almeida Rufino e Josimar dos Santos Araújo

EPAMIG Oeste

Fernando Oliveira Franco e Irenilda de Almeida

EPAMIG Sudeste

Francisco Carlos de Oliveira e Luciano Luis Jacob

EPAMIG Sul

César Elias Botelho e Marcelo Pimenta Freire

Tecnologias garantem qualidade na pós-colheita

O desafio de alimentar uma população mundial crescente, considerando aspectos como sustentabilidade, lucratividade e segurança alimentar, esbarra no paradoxo do desperdício. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), perdem-se cerca de 14% dos alimentos apenas nas etapas pós-colheita, sem incluir a comercialização. E aponta que não somente os aspectos técnicos próprios do setor agropecuário e da comercialização, mas também aspectos como costumes culturais, falta de informação e valorização do alimento pelo setor comercial e pelo consumidor são responsáveis pelo desperdício.

Dentre as etapas de produção agropecuária, a manutenção da qualidade pós-colheita dos produtos merece especial atenção, já que a qualidade define o retorno da produção. O uso de tecnologias adequadas desde o plantio até a pós-colheita dos produtos agrícolas é estratégico e visa o melhor aproveitamento dos recursos empregados na produção, bem como a redução de perdas nessas etapas. Assim, é importante mencionar que as perdas podem ser quantitativas (redução de peso), qualitativas (alterações de aroma, sabor, textura e aparência) ou nutricionais (redução de teores de nutrientes). Estima-se que no Brasil as perdas acumuladas pós-colheita, no caso específico das hortaliças, oscilam entre 30% e 45%.

A redução de perdas e desperdício de alimentos é uma das ações necessárias para aumentar a sustentabilidade das cadeias produtivas de alimentos. O uso de Boas Práticas Agrícolas (BPA) e de tecnologias para proteção e conservação dos produtos, como controle de temperatura, uso de embalagens adequadas e revestimentos comestíveis, irradiação e inibidores de etileno, são algumas das alternativas viáveis na pós-colheita.

Nesta questão, a pesquisa agropecuária tem papel fundamental, ao apresentar soluções que se iniciam antes do plantio, com o melhoramento genético até o uso de embalagens inteligentes na oferta do produto ao consumidor. Vale ressaltar que o fornecimento de produtos de qualidade, com boas características sensoriais, valor nutricional e com longa vida de prateleira é determinante na lucratividade do produtor e, especialmente, em relação à segurança alimentar.

Esta edição do Informe Agropecuário apresenta informações sobre perdas pós-colheita de hortaliças, biotecnologia, avaliações não destrutíveis, certificação, rastreabilidade e agregação de valor, assim como aspectos fisiológicos, de manuseio e conservação que contribuem para a qualidade pós-colheita de hortaliças, raízes, tubérculos, bulbos, frutas, plantas medicinais, flores, grãos e sementes, essenciais para o sucesso da cadeia produtiva.

Nilda de Fátima Ferreira Soares
Presidência da EPAMIG

Qualidade e informação elevam padrão da produção de frutas no Brasil



O diretor Comercial da Itaueira Rei Alimentos, Caito Prado, é bacharel em Administração de Empresas pela Universidade de Fortaleza (Unifor) e possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Com experiência na fundação de diversas empresas de base tecnológica e de consultoria, apoiou o desenvolvimento do setor de Tecnologia da Informação no estado do Ceará. Desde 2016 na Itaueira, Caito Prado agrega seu conhecimento em planejamento estratégico, negociações, liderança e consultoria de negócios ao bem-sucedido modelo de gestão da Itaueira, empresa familiar, fundada em 1983, cuja especialidade é a produção de frutas frescas, saborosas e de qualidade superior. A Itaueira desenvolve seu próprio sistema de tratamentos culturais, incluindo o que há de mais moderno em termos de técnicas de preparo de solo, plantio, fertirrigação, colheita, pós-colheita, adotando sempre que possível o uso da mecanização agrícola. Todas estas ações apoiadas na sustentabilidade e na preservação do meio ambiente conquistaram certificações como GLOBAL GAP, Grasp, Kosher, ISO 22000 e IBD. Com sede em Fortaleza, no Ceará, a Itaueira possui fazendas estrategicamente localizadas nos estados do Piauí, do Ceará e da Bahia. As frutas com a marca Rei Alimentos são também exportadas para Estados Unidos, Canadá, Chile, Dubai, Rússia, Holanda, Espanha e Itália. Para isso, a marca Rei, uma grife de frutas de qualidade, investe constantemente em tecnologia 4.0, que cobre seus produtos com uso de um moderno e completo sistema de rastreabilidade, capaz de acompanhar, meticolosamente, cada produto desde o campo até a mesa do consumidor.

IA - *A Itaueira foi pioneira na busca pela padronização da qualidade e rastreabilidade da fruta in natura. Como foi esta experiência e o que possibilitou o êxito neste processo?*

Caito Prado - Em 2011, quando ninguém ainda falava em rastreabilidade, recebemos o Prêmio Automação da GS1 Brasil na categoria Rastreabilidade. Na Itaueira, como nosso foco é o Sabor e Qualidade dos nossos produtos, desde o início, sempre registramos todos os detalhes do processo produtivo para obtermos os melhores frutos. Com a rastreabilidade estamos sempre pesquisando novas variedades e manejos agrícolas que possam nos ajudar a melhorar ainda mais o sabor e o tempo de prateleira (*shelf life*) dos produtos. A rastreabilidade também nos ajuda a identificar a origem de problemas rela-

tados por alguns clientes que entram em contato conosco pelo nosso Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC).

IA - *Os consumidores, de maneira geral, identificam e valorizam a fruta produzida de forma sustentável?*

Caito Prado - Sim. As pesquisas mostram o crescimento contínuo da conscientização dos consumidores e a preocupação com a sustentabilidade. A valorização vem crescendo, à medida que a população consegue identificar os produtos no ponto de venda. Este é um processo lento e demorado. Para melhorar, necessitamos que as redes de varejo valorizem e destaquem, em seus pontos de vendas, os produtos, marcas e empresas produtoras que produzem de forma diferenciada. Isso vem melhorando!

IA - *Como é a experiência com a rastreabilidade por parte do consumidor?*

Caito Prado - Saber os detalhes dos produtos que consumimos nos dá tranquilidade e segurança. É uma evolução natural do processo de segurança do alimento. Hoje, com a tecnologia disponível nos telefones celulares, conectados à internet, basta escanear um QRcode de um de nossos produtos da marca Rei e terá acesso a todos os detalhes de sua produção/origem.

IA - *Qual a importância da embalagem na pós-colheita de frutas in natura?*

Caito Prado - A importância da embalagem é fundamental por vários motivos. Vou citar alguns: proteção e redução do desperdício - dependendo do alimento e do tipo de embalagem, ajuda na conservação, prolonga a vida do produto e reduz o seu desperdício; segurança do alimento - a rastreabilidade permite a identificação do produtor e a origem

do produto, com todos os dados e detalhes do processo produtivo. Assim, caso ocorra uma contaminação (*outbreak*), é possível a identificação de todos os produtos que devem ser recolhidos (*recall*), ajudando a evitar grandes problemas e valorização da marca - a embalagem ajuda o consumidor a identificar as marcas e produtores que confia e valoriza, pelos cuidados que adotam para produzir produtos diferenciados. Só assim é possível “separar o joio do trigo”.

IA - *Quais são os gargalos da pós-colheita no Brasil?*

Caito Prado - Os gargalos são muitos. Diria que um dos mais importantes é a distribuição e a cadeia de frio. Nosso país é continental. Para que as frutas estejam sempre frescas e saborosas, nos pontos de vendas, o processo “do campo à mesa do consumidor”, com toda a cadeia de frio envolvida, tem que ser o mais perfeito possível. Os produtores precisam de parceiros: distribuidores e varejistas que ajudem a valorizar seus produtos! Só assim teremos cada vez mais consumidores satisfeitos e consumindo mais e mais frutas. Segundo a Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados (Abrafrutas), o consumo per capita de melão no Brasil gira em torno de 55 quilos, enquanto em países da Europa chega a 120 quilos. O setor tem muito o que crescer!

IA - *Na sua opinião, por que ainda nos deparamos com frutas expostas amontoadas nas gôndolas de supermercados? A Itaueira já teve problemas com seus produtos por causa deste tipo de exposição?*

Caito Prado - Sim. Tivemos e temos ainda problemas com isso. Considero um processo lento, demorado, que requer muito investimento, mas que é natural: de conquista de confiança. É preciso paciência e trabalho! Muito trabalho! O que ocorre é que os supermercados têm um grande problema que é a ruptura - falta de produto na gôndola. Por sua vez, o produtor tem também um grande problema que é conseguir que seu produto seja valorizado, quando produz de

forma diferenciada, buscando o melhor sabor e qualidade. É importante o produtor, com seu produto “diferenciado”, conquistar a confiança do consumidor que, aos poucos, voltará ao supermercado pedindo pelo produto que apreciou. Depois, é importante conquistar a confiança do supermercado. Este precisa ter certeza que o produtor não irá falhar na entrega do produto, não pode haver ruptura, para que assim comece a dar destaque ao produto e não deixar amontoadado na gôndola.

IA - *Quais investimentos precisam ser feitos na pós-colheita brasileira?*

Caito Prado - Diria que o grande investimento é na infraestrutura para atender via diversos modais em todo o País: rodoviário, ferroviário, marítimo e aéreo. Os custos hoje são proibitivos! Da mesma forma, as embalagens estão com preços absurdos! Precisamos tornar os custos de toda a cadeia de pós-colheita mais barata! Isso irá ajudar a levar mais frutas de qualidade para nossas casas.

IA - *Qual o principal desafio para a manutenção da qualidade de frutas no setor de comercialização desse produto no Brasil e no mundo?*

Caito Prado - O maior desafio é o climático. Produzir com qualidade, em boa parte, depende do clima. Frutas adoram sol e água na medida exata! Tirando a questão do clima, o desafio passa a ser o manejo adequado, buscando o melhor sabor, para colheita no momento ideal. Nem sempre o produtor consegue fazer isso, por causa do preço que o mercado está pagando pelo produto. A logística da cadeia de frio é outro fator fundamental para a manutenção da qualidade. Uma boa parceria com distribuidores e varejistas é fundamental – o respeito mútuo ajuda a construir valor: sempre buscando o melhor para o consumidor!

IA - *Entre as tecnologias geradas para a manutenção da qualidade pós-colheita de frutas, qual no seu ponto de vista mostra que o Brasil está caminhando junto com os demais países produtores de frutas e hortaliças?*

Caito Prado - As tecnologias de sanitização e conservação têm avançado significativamente. Seja por meio de processos e/ou embalagens, o prolongamento da “vida” pós-colheita está cada dia melhor. Hoje não existe diferença em relação ao que é feito lá fora e aqui no Brasil. Todos os produtores têm acesso ao que há de mais moderno. O grande obstáculo ainda é o custo, seja de produtos inibidores de produção de etileno seja de embalagens especiais.

IA - *Em sua avaliação qual deveria ser o principal foco da pesquisa em pós-colheita de frutas, no qual as instituições públicas deveriam concentrar suas pesquisas para colaborar mais com o setor produtivo de frutas?*

Caito Prado - Sem dúvida, a melhoria de processos e tecnologias de conservação e tempo de prateleira (*shelf life*) das frutas. Isso reduzirá o desperdício e as perdas em toda a cadeia de fornecimento. Só para termos uma ideia, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) alerta que um terço dos alimentos produzidos para o consumo humano é perdido, chegando a 40% nos países ricos.

IA - *Em sua análise, como a pandemia do coronavírus afetará a comercialização de frutas de qualidade a partir de agora ou isso não terá reflexo no setor?*

Caito Prado - Nos últimos meses vários tipos de produtos alimentícios, não só frutas de qualidade, sofreram redução de consumo em decorrência da queda do poder de compra da população, afetada pelos diversos “fechamentos” de cidades. Muitas pessoas perderam seus empregos e/ou reduziram suas rendas. Achemos que haverá redução da importação de frutas, por causa do elevado valor do dólar. Também já existem alguns sinais de melhoria da economia. Nós, agricultores, somos por natureza otimistas. Assim, nossa expectativa é que o consumo deste ano deverá, no mínimo, se manter em relação ao ano passado.

■ Por Vânia Lacerda

INFORME AGROPECUARIO

Tecnologias para o Agronegócio



Assinatura e vendas avulsas
www.livrariaepamig.com.br
(31) 3489-5002



AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



MINAS
GERAIS

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

Perdas pós-colheita na cadeia produtiva de hortaliças

Milza Moreira Lana¹, Carlos Antonio Banci²

Resumo - A redução das perdas pós-colheita na cadeia produtiva de hortaliças é importante para a garantia da segurança alimentar, da sustentabilidade econômica da atividade agrícola e da inserção do produtor rural no mercado. Quando se planeja um programa de redução de perdas pós-colheita, a capacitação do produtor rural em Boas Práticas Agrícolas e de manipulação é uma ação fundamental, porém ineficaz, se adotada isoladamente. Estas práticas devem estar integradas à gestão do estabelecimento agropecuário, à comercialização, à forma de organização dos produtores e ao atendimento à legislação. Essa combinação de várias áreas do conhecimento é necessária, porque as perdas são resultados da ação concomitante de vários fatores de natureza tecnológica, econômica, comportamental e legislativa, em níveis diferentes de complexidade e em etapas distintas da cadeia produtiva.

Palavras-chave: Comercialização. Legislação. Política pública. Segurança alimentar. Desenvolvimento rural. Produtor rural.

Postharvest losses in the vegetable productive chain

Abstract - The reduction of postharvest losses in the vegetable productive chain is important to attain food security, the economic sustainability of vegetable production and the insertion of the farmer into market. When planning a program to reduce postharvest losses the adoption of good practices by the farmer must be a major concern, although it has limited effect when it is not integrated with farm management, marketing, farmers organization and legislation. It is necessary to integrate these areas of knowledge because food loss is the result of a number of interrelated causes ranging from technological, economic, behavioral and legislative factors with diverse levels of complexity found all along the food chain.

Keywords: Marketing. Rural management. Legislation. Public policy. Food security. Farmers organization.

INTRODUÇÃO

A questão da perda de alimentos pode ser abordada sob várias perspectivas, ou seja: segurança alimentar, sustentabilidade das cadeias produtivas e impacto ambiental. Sem desconsiderar a importância de cada uma dessas abordagens, este artigo é circunscrito à área de atuação dos autores, discutindo a questão da perda pós-colheita de hortaliças sob os pontos de vista da segurança alimentar, qual seja, de que a população tenha acesso garantido à oferta diversificada de hortaliças de alto valor sensorial e nutricional a preços acessíveis, da sustentabilidade econômica da atividade agrícola e da inserção do produtor rural no mercado.

A redução de perdas e desperdício de alimentos (PDA) é uma das ações necessárias para aumentar a sustentabilidade das cadeias produtivas de alimentos. No Brasil, a despeito da inexistência de dados quantitativos de abrangência nacional sobre o volume de perdas pós-colheita de hortaliças, acredita-se que seja elevado. Diversos fatores contribuem para tal crença, dentre os quais se destacam: manuseio inadequado do produto entre a colheita e o consumo, baixo uso da cadeia de frio e logística de distribuição ineficiente. Importante destacar também que, além das perdas quantitativas, representadas pelo alimento que vai para o lixo, ocorrem

perdas qualitativas que afetam a qualidade sensorial e nutricional do alimento, sua aceitabilidade e preço.

Para atuar em redução de PDA, é preciso compreender que as perdas na cadeia produtiva são causadas por diversos fatores inter-relacionados, situados a jusante ou a montante da etapa em que a perda é observada e com diferentes níveis de complexidade.

Na presente publicação, os autores discutem a importância de cinco grandes temas relacionados com o tema PDA, quais sejam: manuseio na colheita e beneficiamento, gestão da propriedade rural, comercialização, organização dos produtores e

¹ Eng. Agrônoma, Ph.D., Pesq. EMBRAPA Hortaliças, Brasília, DF, milza.lana@embrapa.br.

² Eng. Agrônomo, M.Sc., Extensionista Rural EMATER-DF, Brasília, DF, carlosbanci@gmail.com.

normas, legislação e políticas públicas. O tema é de interesse de todos os agentes da cadeia produtiva, mas foi construído com foco na atuação dos agentes de Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater). Esses profissionais desempenham um valioso papel no desenvolvimento do setor agropecuário, atuando em vários eixos que conectam o produtor rural com os demais agentes da cadeia até o consumidor final de seus produtos.

Este artigo é um extrato do livro “Reflexões Sobre Perdas Pós-colheita na Cadeia Produtiva de Hortaliças”, de Lana e Banci (2020).

CONCEITOS

O debate sobre PDA permeia vários estratos da sociedade, com destaque para gestores públicos, agentes da cadeia diretamente envolvidos com produção e comercialização de alimentos, pesquisadores e setores especializados da imprensa. Apesar da relevância e interesse pelo tema, não há consenso sobre o que se entende por PDA. Na área da pesquisa, diferentes abordagens são usadas, a depender da área de interesse, qual seja, segurança alimentar, economia, sustentabilidade, impacto ambiental ou outra. Foi feita uma abordagem sobre essa questão na cadeia produtiva de hortaliças, a partir da perspectiva da segurança alimentar e das ações que podem ser implementadas na cadeia produtiva para reduzir essas perdas.

Perda e desperdício de alimentos

Os termos perda pós-colheita, perda de alimentos e desperdício de alimentos têm sido usados por diferentes autores, com diferentes significados, para expressar a retirada do alimento da cadeia produtiva (CHABOUD; DAVIRON, 2017).

Na atualidade, os termos mais usados são os propostos pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) e pelo Projeto Europeu Uso de Alimento para

Inovações Sociais através de Estratégias de Otimização de Resíduos – Food Use for Social Innovation by Optimising Waste Prevention Strategies (Fusions).

A FAO, agência especializada da Organização das Nações Unidas (ONU) que trabalha no combate à fome e à pobreza pela melhoria da segurança alimentar e do desenvolvimento agrícola, propõe o uso dos termos *food loss* (perda de alimento) e *food waste* (desperdício de alimentos) e aborda a questão do descarte do alimento do ponto de vista da segurança alimentar (GUSTAVSSON *et al.*, 2011). O Projeto Fusions adota somente o termo *food waste* e considera o descarte do alimento do ponto de vista da eficiência do uso de recursos no sistema alimentar (ÖSTERGREN *et al.*, 2014).

Nos dois casos, consideram-se como perda ou desperdício de alimentos o descarte que ocorre na cadeia produtiva, a partir da etapa em que as plantas estão prontas para serem colhidas e usadas como alimento; os animais que atingiram tamanho de abate; o leite que foi ordenhado e os ovos que foram postos pelas aves. O ponto final da cadeia é definido por onde ocorre o consumo do alimento ou quando o alimento é removido da cadeia produtiva. Perdas ocorridas durante a condução da lavoura ou durante o crescimento do animal, por fatores ambientais e/ou sanitários, antes que a planta ou o animal estejam prontos para o consumo, não são consideradas como perdas de alimento.

Macro, meso e microcausas

As perdas de alimentos são frequentemente associadas a diversas causas inter-relacionadas, em diferentes níveis de complexidade, na cadeia produtiva. Em High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition (2014), as causas de perdas foram categorizadas em três diferentes níveis de complexidade, quais sejam: microcausas, mesocausas e macrocausas (Fig.1).

As microcausas referem-se às causas em cada etapa particular da cadeia onde

a perda ocorre, seja por ação ou não de atores individuais. Essas causas incluem embalagem inadequada, manuseio descuidado que provoca danos mecânicos, exposição do alimento a condições ambientais impróprias e aquisição de alimentos em quantidade acima da capacidade de consumo. Grande parte dessas causas pode ser eliminada, ou mitigada, por ações na etapa da cadeia onde a perda ocorre, tais como a adoção de Boas Práticas Agrícolas (BPA) na colheita e pós-colheita e pela mudança de comportamento dos comerciantes e consumidores por meio de conscientização e capacitação para o manuseio adequado dos produtos.

As mesocausas são causas secundárias ou estruturais. Podem estar situadas na etapa onde a perda ocorre ou em uma etapa diferente. Ou seja, as ações em uma etapa da cadeia influenciam etapas anteriores e podem produzir consequências danosas nas etapas subsequentes. Também podem resultar de como estão organizados e como se relacionam os diferentes atores na cadeia e do estado da infraestrutura. Nestas incluem: falta de incentivo e de investimento para a adoção de BPA – por exemplo, quando o mercado não remunera o produtor que adota BPA; falta de investimento público e privado em infraestrutura que possibilite a redução do tempo entre colheita e consumo; e falta de integração e gerenciamento na cadeia. As mesocausas podem contribuir para a existência das microcausas ou determinar a sua extensão.

As macrocausas são as que favorecem a ocorrência de microcausas e mesocausas e estão relacionadas com o impacto das políticas públicas, leis e regulamentos sobre a perda de alimentos. Incluem fatores sistêmicos, tais como o funcionamento do sistema alimentar, a falta de políticas públicas e institucionais para coordenar as ações dos diferentes atores, a indisponibilidade de investimentos para infraestrutura, a falta de capacitação para a adoção de BPA, as regras de mercado que regulam os contratos entre produtor rural e mercado e as assimetrias de poder na cadeia.

Figura 1 - Exemplos de micro, meso e macrocausas em três etapas da cadeia produtiva de hortaliças

Nível/Elo da cadeia	Produção	Comercialização	Consumo
Micro (residência ou empreendimento)	 A	 B	 C
Meso (cadeia produtiva)	 D	 E	 F
Macro (sistema alimentar-sociedade)	 G	 H	 I

Nota: A - Danos físicos na colheita; B - Danos físicos na exposição no varejo; C - Descarte do alimento não consumido; D - Danos por sol e por falta de infraestrutura apropriada no estabelecimento agropecuário; E - Danos físicos provocados no descarregamento e carregamento de caixas, que se repetem nas gôndolas de mercados e em tabuleiros de feiras livres; F - Descarte de hortaliças próprias para consumo em razão de vencimento do prazo de validade; G - Descarte de cenouras pequenas na lavoura por não aceitação nos mercados; H - Danos físicos e aumento do tempo de transporte por causa das más condições das estradas rurais; I - Desperdício de alimentos próprios para consumo nos serviços de alimentação (alimentos raramente doados, por exposição do comerciante ou doador a riscos jurídicos em caso de danos à saúde dos beneficiados pela doação).

Perda quantitativa versus qualitativa

As perdas quantitativas são representadas pelo alimento descartado, que, portanto, não é utilizado como tal. As perdas qualitativas são representadas por reduções na qualidade sensorial e nutricional do alimento, sua aceitabilidade e preço.

PERDAS PÓS-COLHEITA NO CONTEXTO DESTA PUBLICAÇÃO

As hortaliças podem ser removidas da cadeia produtiva quando perdem qualidade sensorial, quando se deterioram, tornando-se impróprias para consumo, ou

por outra razão que não seu valor alimentar intrínseco.

A deterioração e a perda de qualidade sensorial podem ocorrer por um ou mais dos seguintes processos: perda de água, alterações indesejáveis de cor e textura, degradação de compostos químicos responsáveis pelo sabor e aroma (açúcares e compostos voláteis, por exemplo), deterioração microbiana, alterações indesejáveis da aparência e danos físicos.

A velocidade desses processos depende do produto em questão (sua maior ou menor precibilidade), das condições ambientais (em especial da temperatura, da umidade e da composição da

atmosfera envolvendo a hortaliça), da ocorrência de danos físicos e da contaminação microbiana. Nesse caso, o descarte da hortaliça pode ser total ou parcial. Descarte parcial ocorre quando é possível remover somente a porção danificada da hortaliça, sendo o restante comercializado e consumido.

As hortaliças também podem ser removidas da cadeia produtiva antes da comercialização, mesmo quando estão apropriadas para consumo, por uma das seguintes razões:

- a) o produto colhido não atende às exigências do mercado em termos de tamanho e/ou aparência;

- b) o produtor não encontra comprador para seu produto;
- c) o preço de mercado não cobre os custos de colheita, beneficiamento e transporte e, assim, o produtor opta por não colher;
- d) o cliente (comerciante) descarta ou devolve o produto ao estabelecimento agropecuário.

A remoção de produto apropriado para consumo também pode ocorrer durante a comercialização, quando não são atendidas a legislação em vigor e/ou as exigências do mercado quanto ao padrão e à aparência. Por exemplo, hortaliças inteiras embaladas são descartadas quando fora do prazo de validade, mesmo que o produto embalado esteja próprio para o consumo. Em residências e serviços de alimentação, o descarte de produto próprio para consumo ocorre quando há sobras de alimentos preparados.

Duas outras causas de perdas podem estar presentes durante a comercialização de hortaliças (DIXIE, 2005). A primeira é a transpiração e o consumo de reservas pela respiração, que levam à perda de massa. Como resultado, um agente da cadeia que comprou 1.000 kg de um determinado produto pode ter somente 975 kg desse mesmo produto quando for realizar a sua venda. A segunda causa é a perda do valor comercial ao longo do tempo. Quanto mais fresca a hortaliça, maior seu preço de mercado. De modo inverso, à medida que a qualidade visual do produto é reduzida, também é reduzido seu valor comercial.

PERDAS PÓS-COLHEITA DE HORTALIÇAS – CUSTOS PARA O SISTEMA AGROALIMENTAR E PARA O PRODUTOR RURAL

As perdas pós-colheita causam prejuízos para toda a cadeia produtiva e para a sociedade. O descarte de alimentos resulta em desperdício de todos os fatores utilizados para a produção e distribuição do alimento, entre os quais: terra agricultável, água, fertilizantes, defensivos agrícolas, combustível, embalagem, energia e mão de obra. Esse desperdício é tanto maior

quanto mais distante da produção ocorre o descarte do alimento, pois este traz embutido o custo associado às etapas anteriores. Adicionalmente, gera impactos no meio ambiente, não só pelo uso de recursos naturais escassos como pela geração de resíduos sólidos que devem ser tratados adequadamente pelo município (HIGH LEVEL PANEL OF EXPERTS ON FOOD SECURITY AND NUTRITION, 2014).

Os resíduos orgânicos representam metade dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil. Quando em ambientes naturais equilibrados, esses resíduos degradam-se naturalmente, permitindo a reciclagem dos nutrientes no meio ambiente. Mas quando derivados de atividades humanas, especialmente em ambientes urbanos, podem resultar em sério problema ambiental, não só pelo grande volume gerado, mas também porque grande parte do descarte é feita em locais inadequados. A disposição inadequada de resíduos orgânicos gera chorume, emissão de metano na atmosfera e favorece a proliferação de vetores de doenças (BRASIL, 2017).

A perda de alimentos impacta a segurança alimentar, pois reduz a quantidade de alimento disponível para consumo humano e pode resultar em aumento dos preços do alimento para o consumidor final. A perda qualitativa reduz a qualidade nutricional e a preferência do consumidor pelo alimento e, conseqüentemente, impacta a densidade nutricional da dieta da população. A rápida perda de qualidade após a colheita também impacta o valor econômico do produto e, conseqüentemente, o preço recebido pelo produtor.

As perdas também geram prejuízos diretos e indiretos para o produtor rural. Os prejuízos diretos ocorrem quando o produtor não consegue recuperar os custos de produção nem obter sua margem de lucro, porque a hortaliça não foi comercializada, foi devolvida pelo cliente, ou o cliente descontou as perdas ocorridas durante a comercialização do valor devido ao produtor. Os prejuízos indiretos ocorrem quando o produtor perde credibilidade no mercado, porque seu produto é reconhecido como

de curta durabilidade pós-colheita e/ou é preterido pelo consumidor final.

Para o varejo, as perdas de hortaliças representam redução da margem que seria auferida com a venda. Mesmo quando parte do prejuízo financeiro é transferida ao fornecedor, os constantes descartes causados pela baixa durabilidade das hortaliças podem levar à perda de clientes. A empresa varejista que conta com boa oferta desses alimentos, com variedade e qualidade, tem maior potencial de fidelização do cliente.

Para o consumidor final, as perdas de alimentos representam perda econômica direta, pois o recurso usado para aquisição do alimento convertido em lixo não pode ser usado para aquisição de outros bens.

Por essas razões, práticas e processos para reduzir as perdas pós-colheita devem ser partes integrantes dos Sistemas Alimentares Sustentáveis, de modo que o alimento seja produzido e consumido de maneira mais eficiente e com menor pressão sobre os recursos naturais.

EIXOS DE ATUAÇÃO PARA REDUÇÃO DE PERDAS PÓS-COLHEITA DE HORTALIÇAS

Quando se planeja um programa de redução de perdas pós-colheita, a primeira ideia que vem à mente da maioria dos técnicos é a capacitação do produtor rural em BPA e Boas Práticas de Manipulação. A adoção de boas práticas é fundamental para reduzir as perdas na cadeia produtiva, porém não é suficiente isoladamente. Esta deve estar integrada à gestão do estabelecimento agropecuário, à comercialização, à forma de organização dos produtores e ao atendimento à legislação (Fig. 2).

Essa combinação de várias áreas do conhecimento é necessária porque as perdas são resultados da ação concomitante de vários fatores de natureza tecnológica, econômica, comportamental e legislativa. A seguir, cada um dos eixos de atuação propostos na Figura 2 é discutido brevemente, com ênfase em sua relação com a ocorrência de perdas e com a atuação dos técnicos de Ater.

Eixo 1 – manuseio na colheita e no beneficiamento nos estabelecimentos agropecuários

O manuseio descuidado durante a colheita e o beneficiamento das hortaliças e a sua manutenção em condições ambientais inadequadas estão entre as principais causas de perdas pós-colheita (Fig. 3). A adoção de Boas Práticas de Manuseio é fundamental para garantir a manutenção da qualidade pelo tempo necessário para a comercialização das hortaliças (Fig. 4).

Independentemente da escala de produção e da disponibilidade de recursos financeiros, mão de obra e infraestrutura, a colheita e o beneficiamento devem seguir alguns princípios básicos que permitem estender a durabilidade desse grupo de alimentos por tempo suficiente para que ocorra a comercialização e o consumo, sem perdas significativas de massa e de qualidade. Para atingir esse objetivo é preciso entender os fatores que levam à deterioração das hortaliças e como esse processo pode ser controlado por fatores ambientais e da própria planta.

O técnico de Ater tem papel fundamental para melhoria dos processos de trabalho de colheita e beneficiamento. No estabelecimento agropecuário, este deve orientar sobre as práticas, processos e infraestrutura adequados, levando em consideração as características das hortaliças, a disponibilidade de recursos financeiros e as exigências do mercado atendido. Nesse trabalho, é fundamental consolidar o conceito de manuseio mínimo, para que o fluxo de trabalho seja simplificado, eliminando operações desnecessárias e prejudiciais à qualidade do produto. Além dos benefícios diretos sobre a integridade das hortaliças, o fluxo de trabalho mais eficiente reduz o tempo necessário para prepará-las para o mercado e reduz os custos de colheita e pós-colheita.

A recomendação de equipamentos e técnicas deve levar em conta que nem sempre a opção mais cara e sofisticada é

Figura 2 - Eixos propostos para atuação na prevenção e redução de perdas pós-colheita de hortaliças



Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 3 - Exemplos de más práticas durante o beneficiamento de tomate



Nota: Os frutos são manuseados em excesso, em operações sucessivas, causando danos mecânicos, e são aquecidos com a exposição direta ao sol. Há risco de contaminação quando o produto fica em contato com água suja, com o solo e com superfícies sujas. Todos esses fatores contribuem para redução da durabilidade da hortaliça.

Fotos: Milza Moreira Lana

Figura 4 - Exemplos de boas práticas durante o beneficiamento de tomate



Fotos: Milza Moreira Lana

Nota: O beneficiamento é feito à sombra, em uma mesa limpa e com superfície lisa. O manuseio do fruto e a ocorrência de danos físicos são grandemente reduzidos, não ocorre aquecimento do fruto e os riscos de contaminação também são reduzidos. Todos esses fatores contribuem para a manutenção da qualidade por maior período. Adicionalmente, melhores condições de trabalho contribuem para a redução de doenças laborais.

a melhor, mesmo que o produtor tenha recursos financeiros para aquisição. Em uma situação de proximidade geográfica entre a produção e o consumo, em um mercado sem cadeia de frio, a melhoria da logística de distribuição, que reduza o tempo entre a colheita e o consumo, pode gerar ganhos maiores do que a implantação de refrigeração no estabelecimento agropecuário, por exemplo.

No trabalho com desenvolvimento rural, é importante identificar as razões para a persistência de práticas que danificam as hortaliças e as dificuldades para a adoção de práticas que estendam a sua durabilidade. Muitas vezes há razões econômicas por trás das decisões do produtor rural que precisam ser consideradas. Por exemplo, as caixas de plástico não são lavadas, em razão do alto custo da operação e da ausência de fiscalização para cumprimento da legislação sanitária.

Eixo 2 – gestão da propriedade

Uma das maiores dificuldades encontradas para reduzir as perdas pós-colheita na cadeia produtiva de hortaliças é a falta de conhecimentos básicos na área gerencial pelos diferentes atores dessa cadeia. Essa dificuldade é particularmente importante nas pequenas e médias propriedades rurais. A gestão da propriedade, ou o planejamento e o controle das atividades agrícolas são importantes para garantir a oferta de hortaliças na quantidade e na qualidade demandadas pelo cliente do produtor rural (KAHAN, 2013).

A maneira como o produtor encara a fase de colheita e pós-colheita é um dos fatores que sinalizam seu grau de empreendedorismo e que determinam a qualidade do produto que este oferece ao seu cliente. A qualidade do produto hortícola é um dos fatores que determinam o volume de perdas na cadeia produtiva. A boa gestão

da propriedade permite que o produtor tome decisões mais acertadas, com base no conhecimento que tem de sua atividade e no histórico de sucessos e fracassos de decisões de cultivos anteriores, contribuindo para seu desenvolvimento, maior inserção no mercado e maior renda.

Com a nova Instrução Normativa nº-2, de 7/2/2018 (ANVISA, 2018) de rastreabilidade, o produtor rural é responsável pela segurança de seu produto e, para garantir a rastreabilidade, precisa manter o registro das operações e insumos usados na produção, em caderneta de campo. Ou seja, não há formalização e rastreabilidade sem o registro de informações. Para isso, a propriedade precisa ter o mínimo de organização e gestão.

Fazendo analogia com o que foi proposto para a produção de ovinos por Holanda Junior (2019), o pequeno produtor de hortaliças precisa estar consciente de suas limitações, por exemplo, de quanto pode plantar e quanto pode vender. Precisa entender a cadeia produtiva na qual está inserido, quem são os seus clientes e qual a sua demanda. Precisa avaliar as possibilidades de melhoria do seu negócio, utilizando ferramentas de gestão. Com as informações coletadas com essas ferramentas, é possível aprendizado constante com os acertos e erros das decisões tomadas. Aprender e avançar é necessário para sua sobrevivência na atividade.

O técnico de Ater tem o papel de sensibilizar o produtor rural sobre a importância da boa gestão para a sustentabilidade econômica de seu negócio a médio e longo prazo e capacitá-lo para usar as ferramentas disponíveis. O produtor e o técnico de Ater alinhados com a realidade presente e o futuro tendem a usar sistemas de gestão informatizados. A caderneta de campo impressa é um bom instrumento para coleta de dados, mas não permite boa gestão por causa da limitação para tratamento dos dados coletados. Com sistemas informatizados, esse processo é feito de forma mais sistêmica ou sistematizada, obtendo informações mais precisas e abrangentes,

fundamentais para a boa gestão, desde que bem manuseados.

Conhecedor das dificuldades enfrentadas pelo produtor rural no uso das ferramentas de gestão, o técnico tem importante papel como fonte de informação para empresas que desenvolvem aplicativos (softwares). A produção de hortaliças é feita em grande parte por pessoas com baixa escolaridade. Para aumentar o acesso dessas pessoas aos sistemas informatizados, tornam-se necessários sistemas modulares, mais simples, com interface mais amigável, que privilegie o uso de aplicativos em telefone celular em vez de computador pessoal.

Junto ao poder público, é preciso garantir o fornecimento de eletricidade e internet na área rural. Outro papel importante é sensibilizar os diferentes órgãos públicos para integrar sistemas ligados a obrigações do agricultor junto ao Estado, quando este produz e comercializa, facilitando a formalização do seu negócio. Nesse campo, estão incluídas a emissão de nota fiscal e a respectiva prestação de contas, a emissão de códigos de rastreabilidade, a emissão de Guia de Trânsito Animal (GTA) e demais questões fiscais e tributárias vinculadas. Na formalidade, o produtor exerce sua cidadania sendo contribuinte e beneficiário das políticas públicas, sobretudo para questões de previdência.

Ainda como parte da gestão da propriedade, o produtor rural deve ser motivado a considerar como prioritária a capacitação e a motivação da mão de obra. Além da capacitação técnica, é importante promover ações de cunho social e motivação com valorização dos funcionários, seus familiares e parceiros.

Eixo 3 – comercialização

As perdas pós-colheita na produção primária, ou seja, no estabelecimento agropecuário, ocorrem quando o produtor não consegue comercializar sua produção. Isto pode ocorrer por diversas razões, entre as quais se destacam:

- a) o preço de mercado não é compensatório ou não cobre os custos de produção e/ou comercialização;
- b) falta mercado para seu produto quando há oferta maior que a demanda;
- c) não há comprador no mercado local e não há condições de atender mercados mais distantes;
- d) o produto para venda não atende à necessidade do cliente em frequência, quantidade, variedade, padrão de qualidade ou forma de apresentação.

Muitas vezes uma intervenção na fase de pós-colheita, a introdução de uma nova tecnologia ou de um novo processo de trabalho é malsucedida porque a sua inserção na cadeia não levou em conta as necessidades do mercado e a sua predisposição a pagar pela mudança. Para evitar que isso ocorra é preciso considerar que as tecnologias devem estar inseridas em um contexto de mercado e ser economicamente viáveis. Neste sentido, as tecnologias de pós-colheita devem ser ajustadas aos sistemas de comercialização vigentes, ou o sistema de comercialização deve ser modificado para atender às exigências para manutenção da qualidade das hortaliças.

Orientar a produção de hortaliças para atender à demanda do mercado e evitar tanto o excesso de oferta (que reduz preços) quanto oferecer produtos para os quais existe demanda, são medidas igualmente importantes para reduzir perdas. A demanda por determinada hortaliça não se resume à escolha da espécie, mas também à sua forma de apresentação e variedade. Um determinado mercado pode não ter demanda por maços grandes de rúcula e agrião, mas tê-la quando essas duas hortaliças são vendidas em menor quantidade ou em maço misto com alface.

As perdas que ocorrem no varejo, por sua vez, podem ser resultantes de manuseio inadequado das hortaliças nas etapas anteriores da cadeia (produção primária, transporte, venda no atacado) ou de práticas adotadas no próprio estabelecimento varejista. Também estão relacionadas

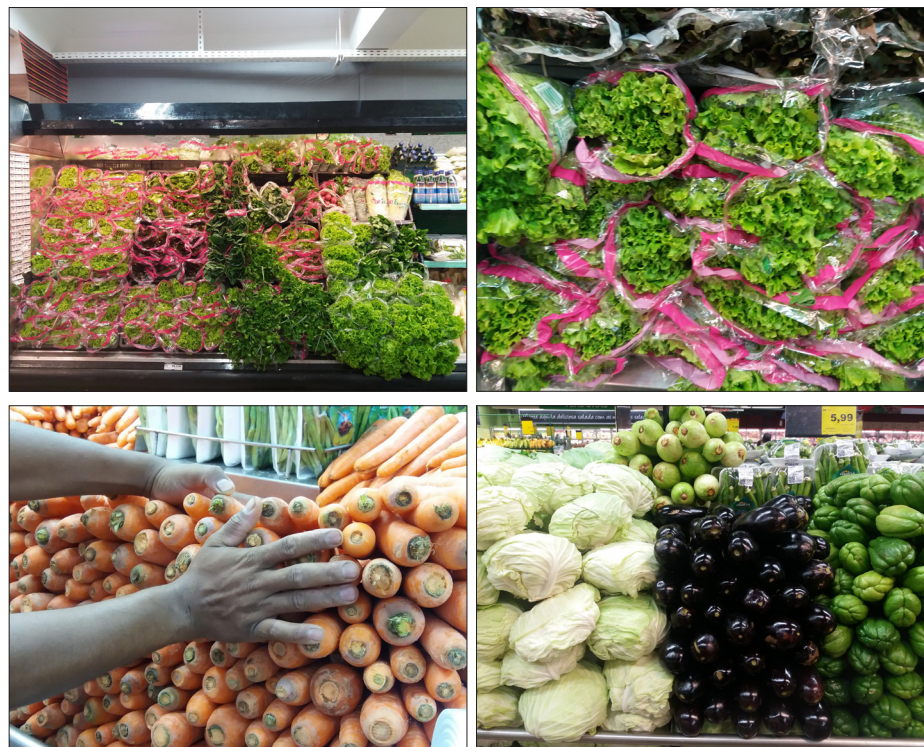
com a infraestrutura dos mercados, a capacitação da mão de obra e as práticas de manuseio e exposição (Fig. 5 e 6).

O mercado atacadista é provavelmente onde ocorre o menor volume de perdas pós-colheita de hortaliças, em função da rapidez como é feita a comercialização nessa etapa. Entretanto, a precariedade desses espaços contribui para a ocorrência de perdas nesse e nas etapas seguintes da cadeia produtiva. Em uma longa lista de deficiências destacam-se:

- a) comercialização a céu aberto, sob condições impróprias de temperatura, umidade e ventilação. Isso é mais comum nas feiras de atacado, também ocorre nos estabelecimentos das Centrais de Abastecimento (Ceasas);
- b) carga e descarga manuais, demandando maior tempo para comercialização;
- c) manuseio descuidado durante a carga e a descarga e troca de embalagens, resultando em danos físicos aos produtos;
- d) transferência da carga do vendedor para seu cliente envolvendo roubos, danos físicos, abuso de temperatura, troca de veículos e mistura de produtos;
- e) espaço pequeno destinado aos boxes, no caso do atacado tradicional, limitando ou impedindo a separação dos fluxos de entrada e saída e a separação das áreas limpa e suja, com impacto direto na ocorrência de danos físicos e de contaminação microbológica;
- f) falta de higiene dos espaços e das embalagens.

As perdas também podem ser resultantes de outras causas ligadas ao funcionamento da cadeia produtiva, em especial a logística, o tempo necessário para a distribuição do alimento, as práticas comerciais, as demandas de qualidade e a apresentação por parte do mercado e a legislação vigente. Independentemente das

Figura 5 - Exemplos de exposição que sugere abundância e frescor, mas causa danos físicos às hortaliças pela compressão e quedas dos produtos, além de dificultar o acesso e escolhas do cliente



Fotos: Milza Moreira Lana

Nota: O rearranjo constante das pilhas resulta em manuseio excessivo da hortaliça, contribuindo também para a ocorrência de perdas.

causas, os custos financeiros dessas perdas podem recair total ou parcialmente sobre o produtor rural na forma de pagamento de bônus, desconto na nota ou reposição de mercadoria, a depender do tipo de contrato estabelecido entre o mercado e seu fornecedor.

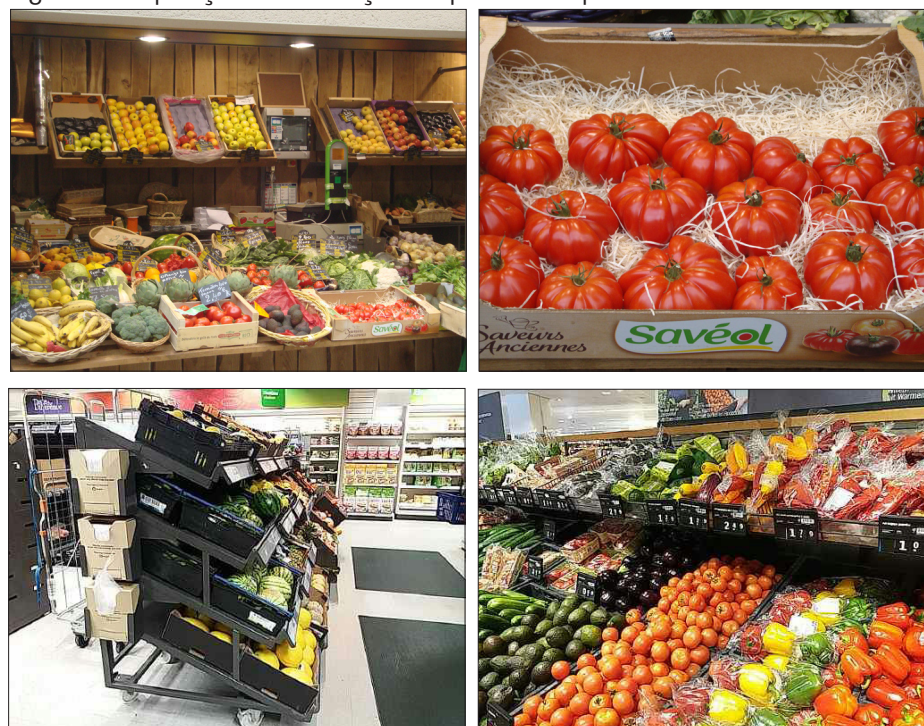
A atuação dos técnicos de Ater em comercialização envolve ajudar a identificar a demanda do mercado consumidor e a estabelecer o ambiente de produção e de comercialização que supra essa demanda ao mesmo tempo que incrementa a renda do produtor rural. O principal papel do técnico é construir uma visão geral do setor e coordenar as ações dos vários atores da cadeia produtiva (DIXIE, 2005).

Para exercer esse papel, o técnico de Ater deve conhecer os potenciais e as limitações da produção local. Esse conhecimento envolve aspectos da produção agrícola (volume, espécies, época de produção e qualidade) e dos potenciais humanos, fundiários, socioeconômicos e técnicos existentes na região.

Exemplos de atuação dos técnicos de Ater incluem:

- articular-se com órgãos públicos e privados para resolver problemas localizados fora do estabelecimento agropecuário, como exigências sanitárias, tributárias e normativas legais;
- promover a articulação entre produtores, comerciantes e governo local para a modernização da infraestrutura das feiras de atacado, a fim de obter melhores condições de trabalho para o comerciante, valorização do produto regional e locais de comércio e produtos mais atraentes para os clientes;
- avaliar e orientar sobre a capacidade da comunidade, organização ou produtor de suprir o mercado em termos de quantidade, qualidade e frequência;
- intermediar e articular contatos entre produtores e mercados para ajuste de preço, volume, diversidade, padrão

Figura 6 - Exposição de hortaliças em países europeus



Fotos: Milza Moreira Lana

Nota: Destacam-se a manutenção das hortaliças nas embalagens recebidas do fornecedor, a pequena quantidade de produto exposto na gôndola e a ausência de pilhas altas.

de qualidade, contratos de entrega e devolução, de modo que diminua os conflitos entre vendedor e comprador. Neste caso, não cabe apenas levar informações do mercado para a área rural, mas também o papel inverso de atuar no fluxo invertido. Ou seja, informar o mercado sobre as características da produção agrícola em relação à sazonalidade e à natural variação da qualidade ao longo do ano e da safra;

- e) promover encontros onde produtores rurais e comerciantes possam discutir dificuldades e oportunidades de negócio.

Eixo 4 – organização dos produtores rurais

Na comercialização de hortaliças, há condições difíceis de ser alcançadas pelo produtor rural individualmente e que podem ser superadas com o agrupamento dos produtores em organizações sociais, com impactos positivos na redução de perdas pós-colheita.

A organização viabiliza a reunião da produção de vários produtores que não produzem quantidade e/ou variedade necessárias para atender o mercado varejista ou que isoladamente não conseguem negociar melhores condições de venda e preço para seus produtos. Com a organização, é possível obter uma cartela de produtos (diferentes hortaliças e/ou diferentes classificações e formas de apresentação de uma mesma hortaliça) para atender mercados com diferentes demandas. A organização também facilita a construção de infraestrutura de casa de embalagem e aquisição de equipamentos e veículos, que agilizam e facilitam o trabalho de beneficiamento e a comercialização. A reivindicação de

melhorias de infraestrutura local (estrada, internet, eletricidade etc.) é fortalecida quando feita por um grupo organizado.

Ganhos financeiros podem ser auferidos pelos produtores organizados, como maior acesso a crédito bancário e a programas de desenvolvimento, em função da redução do risco de inadimplência. O poder de barganha junto ao cliente para obter melhores preços, condições de pagamento e bonificação é igualmente fortalecido. Custos operacionais como rastreabilidade, geração de código de barras e rotulagem são diluídos entre os membros da organização.

Esta é, sem dúvida, uma das principais estratégias para o produtor rural se fortalecer no mercado. Imaginando um contexto ideal, a organização assume as tarefas de comercializar a produção dos associados, programando e organizando o recolhimento e a entrega das hortaliças e preparando a produção para o mercado de forma mais adequada e uniforme. O produtor rural pode então dedicar-se às atividades de produção e colheita de forma mais presente e cuidadosa. Paralelamente, a organização pode orientar sobre aspectos de qualidade dos produtos, boas práticas na produção e colheita e oferta de insumos adequados e a tempo, contribuindo para a melhoria gradativa da qualidade.

O trabalho dos técnicos de Ater na organização dos produtores rurais inclui as seguintes atividades:

- a) atuar como motivador no convencimento sobre a pertinência, viabilidade e oportunidade de organização dos produtores. Para isso, é preciso conhecer e compreender as condições da comunidade em relação ao seu capital social (pessoas), ao capital produtivo (agricultura local) e ao capital comercial (infraestrutura e mercado existentes);

- b) apoiar a criação e estruturação da organização, auxiliando a identificar qual tipo de organização é o mais adequado para o contexto existente, orientando sobre a formalização, funcionamento e prestação de contas e elaborando projetos técnicos de desenvolvimento;

- c) identificar e articular apoio público, privado e financeiro, visando à criação, estruturação e sustentabilidade da organização. Esse apoio pode incluir organizações diversas, como universidades, Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar) e outras instituições do Sistema S¹, instituições de pesquisa, bancos, estruturas de governo como vigilância sanitária e Secretaria de Agricultura, Ceasas e outros;

- d) atuar na melhoria da gestão como uma espécie de conselheiro, valendo-se da condição ou do fato de se relacionar com todos os atores envolvidos com a organização direta e indiretamente, em especial com os produtores rurais;

- e) atuar como conselheiro na administração de conflitos, ouvindo reclamações, sugestões e demandas de todos os atores, sem envolver-se diretamente na gestão da organização.

A proposição da organização dos produtores rurais como instrumento para aumentar a competitividade da produção de hortaliças, com reflexos na redução das perdas na produção primária, não desconsidera as dificuldades para sua implementação e consolidação. Vários são os desafios encontrados para consolidar as organizações, e esses desafios serão tanto maiores quanto mais heterogênea e complexa for a organização.

¹ Refere-se a nove instituições prestadoras de serviços administradas de forma independente por federações e confederações empresariais dos principais setores da economia: voltadas à educação profissional (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) e Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (Senac)); voltadas para a prestação de serviços ligados ao bem-estar social (Serviço Social do Comércio (Sesc) e Serviço Social da Indústria (Sesi) e completam a lista (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar), Serviço Nacional de Aprendizagem do Cooperativismo (Sescoop), Serviço Social de Aprendizagem do Transporte (Senat), Serviço Social de Transporte (Sest) e Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae)).

Eixo 5 – normas, legislação e políticas públicas

A capacidade dos diferentes atores da cadeia produtiva de reduzir as perdas pós-colheita depende do ambiente institucional e legal no qual esses atores estão inseridos (HIGH LEVEL PANEL OF EXPERTS ON FOOD SECURITY AND NUTRITION, 2014). Nesse campo estão incluídas políticas específicas para reduzir a perda de alimentos, assim como políticas com outros fins, mas que favorecem ou prejudicam a implementação de soluções para as microcausas e mesocausas de perdas.

As políticas de segurança alimentar devem contemplar medidas para aumentar a produção agrícola e para garantir que o alimento produzido chegue à população. Caso contrário, há o risco de o alimento ser descartado antes do consumo, por falhas no seu manuseio, na infraestrutura de transporte e armazenagem e no sistema de comercialização (HIGH LEVEL PANEL OF EXPERTS ON FOOD SECURITY AND NUTRITION, 2014).

Legislações muito restritivas quanto à data de validade, reaproveitamento de alimentos e padrões de qualidade podem contribuir para o aumento da perda de alimentos. Legislações que favorecem a reutilização e a doação dos alimentos têm efeito contrário (VITTUARI *et al.*, 2015).

Em todas as etapas da cadeia produtiva pode ocorrer descarte de alimentos próprios para consumo que perderam seu valor comercial. Esses alimentos poderiam ser doados para pessoas em estado de insegurança alimentar, o que nem sempre acontece. Alterações na legislação referente a incentivos fiscais foram propostas pela Rede Brasileira de Bancos de Alimentos (RBBA) e pela Secretaria-Executiva da Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional (Caisan), no âmbito do Comitê Técnico de Perdas e Desperdício de Alimentos (CAISAN, 2018). Essas propostas incluem mudanças na legislação do Imposto de Renda (IR) e Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL) e do

Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS).

A adoção de padrões de qualidade com base na aparência é apontada como causa importante de perdas na produção primária de hortaliças em países da Europa (OOSTERKAMP *et al.*, 2019) e em países que exportam para a Europa (OKELLO; SWINTON, 2005). Nesses países, a exigência do mercado varejista e as limitações impostas pela legislação resultam em um volume considerável de hortaliças deixadas no campo, mesmo que essas, de aparência fora do padrão, estejam próprias para consumo do ponto de vista nutricional e sensorial.

No Brasil, não há estudos de abrangência nacional que permitam estimar a importância relativa da adoção de padrões de qualidade sobre a ocorrência de perdas na produção primária. O mercado brasileiro é bastante heterogêneo e produtos rejeitados em mercados mais exigentes são encontrados em outros menos exigentes na mesma cidade ou em outras regiões do País. Mesmo assim, esse assunto ganhou espaço na mídia brasileira e alguns mercados de grandes cidades brasileiras já oferecem hortaliças identificadas como produtos fora do padrão. Em outros mercados menos exigentes, produtos que seriam considerados “hortaliças feias” são vendidos normalmente, juntamente com as hortaliças que seriam consideradas “perfeitas”. A viabilidade econômica da venda das “hortaliças feias” deve levar em conta que seu custo de comercialização é praticamente o mesmo da venda de hortaliças padronizadas. Se o preço das primeiras for muito inferior ao preço de mercado, sua venda pode não ser viável economicamente.

A atuação dos técnicos de Ater em relação ao atendimento à legislação, normas e políticas públicas inclui os seguintes papéis:

- a) identificar e divulgar junto aos produtores rurais as políticas públicas dirigidas a esse segmento;
- b) apoiar a criação e estruturação de organizações sociais, visto que as

compras públicas são feitas principalmente de organizações e não de produtores individuais;

- c) intermediar e articular contatos entre os diversos agentes da cadeia e o poder legislativo, contribuindo para que a legislação tenha aderência à realidade da cadeia produtiva;
- d) intermediar e articular contatos entre os produtores rurais e suas organizações e seus clientes, contribuindo para que os padrões de qualidade exigidos pelo mercado levem em consideração a variação biológica intrínseca ao produto hortícola e a natural variação que ocorre em sua qualidade e aparência ao longo da safra e nas diferentes estações do ano;
- e) capacitar os produtores rurais e suas organizações para que sejam capazes de atender às normas de padrão de qualidade e apresentação das hortaliças exigidas pelo mercado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As perdas de hortaliças após a colheita trazem prejuízos para toda a cadeia produtiva. Encontrar soluções para sua redução requer levar em conta a complexidade e a interação entre causas localizadas em diferentes etapas da cadeia. Por isso, as soluções não podem ser circunscritas ao estabelecimento agropecuário nem se restringir às questões técnicas ligadas à produção primária. Estas devem incluir a articulação com os demais agentes da cadeia.

Nessa atuação, os seguintes temas devem ser trabalhados em conjunto: adoção de BPA na colheita e pós-colheita, gestão do estabelecimento rural, sistemas e práticas de comercialização, formas de organização dos produtores e atendimento à legislação e às normas e políticas públicas.

Essa combinação de várias áreas do conhecimento é necessária porque as perdas são resultados de ação concomitante de vários fatores de natureza tecnológica, econômica, comportamental e legislativa. Raramente a perda de alimento é explicada por um fator

isolado; o mais comum é a combinação de dois ou mais fatores, que podem estar no mesmo nível ou em níveis diferentes de complexidade e na mesma etapa ou em etapas diferentes da cadeia produtiva.

REFERÊNCIAS

- ANVISA. Instrução Normativa Conjunta nº 2, de 7 de fevereiro de 2018. Definem os procedimentos para a aplicação da rastreabilidade ao longo da cadeia produtiva de produtos vegetais frescos destinados à alimentação humana, para fins de monitoramento e controle de resíduos de agrotóxicos, em todo o território nacional, na forma desta Instrução Normativa Conjunta e dos seus Anexos I a III. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n.28, p.26-149, 8 fev. 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/2915263/do1-2018-02-08-ins-trucao-normativa-conjunta-inc-n-2-de-7-de-fevereiro-de-2018-2915259. Acesso em: 17 abr. 2020.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Gestão de resíduos orgânicos**. Brasília, DF: MMA, 2017. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gestao-de-residuos-orgânicos.html>. Acesso em: 4 set. 2019.
- CAISAN. **Estratégia intersetorial para a redução de perdas e desperdício de alimentos no Brasil**. Brasília, DF: Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional, 2018. 39p. Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/seguranca_alimentar/caisan/Publicacao/Caisan_Nacional/PDA.pdf. Acesso em: 4 set. 2019.
- CHABOUD, G.; DAVIRON, B. Food losses and waste: navigating the inconsistencies. **Global Food Security**, v.12, p.1-7, Mar. 2017.
- DIXIE, G. **Horticultural marketing**. Rome: FAO, 2005. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a0185e/a0185e00.htm>. Acesso em: 1 set. 2019.
- GUSTAVSSON, J. *et al.* **Global food losses and food waste: extent, causes and prevention**. Rome: FAO, 2011. 29p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf>. Acesso em: 10 set. 2017.
- HIGH LEVEL PANEL OF EXPERTS ON FOOD SECURITY AND NUTRITION. **Food losses and waste in the context of sustainable food systems**. Rome: HLPE, 2014. 116p. (HLPE. Report, 8). Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3901e/i3901e.pdf>. Acesso em: 4 set. 2019.
- HOLANDA JUNIOR, E.V. Gestão da unidade produtiva. In: TRINDADE, J.P.P. *et al.* **Árvore do conhecimento: ovinos de corte**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, [2019]. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/ovinos_de_corte/arvore/CONT000fwf8r72302wyiv807fiq9a5u4l0t.html. Acesso em: 10 out. 2019.
- KAHAN, D. **Market-oriented farming: an overview**. Rome: FAO, 2013. 97p. (FAO. Farm Management Extension Guide, 1). Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i3227e.pdf>. Acesso em: 30 out. 2019.
- LANA, M.M.; BANCI, C.A. **Reflexões sobre perdas pós-colheita na cadeia produtiva de hortaliças**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2020. 132p.
- OKELLO, J.J.; SWINTON, S.M. **Compliance with international food safety standards in Kenya's green bean industry: a paired case study of small and large family farms**. East Lansing, MI: Michigan State University, 2005. 36p. Disponível em: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/19241/1/sp05ok01.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.
- OOSTERKAMP, E. *et al.* **Cosmetic aspects in specific marketing standards for fruit and vegetables**. Wageningen: Wageningen University & Research, 2019. 27p. Disponível em: <https://edepot.wur.nl/503631>. Acesso em: 20 nov. 2019.
- ÖSTERGREN, K. *et al.* **Fusions definition-al framework for food waste: full report**. Goteborg: The Swedish Institute for Food and Biotechnology, 2014. 133p. FUSIONS Reducing Food Waste Through Social Innovation. Disponível em: <http://www.eu-fusions.org/phocadownload/Publications/FUSIONS%20Definitional%20Framework%20for%20Food%20Waste%202014.pdf>. Acesso em: 4 set. 2019.
- VITTUARI, M. *et al.* **Review of EU legislation and policies with implications on food waste: final report**. Bologna: University of Bologna, 2015. 53p. FUSIONS Reducing Food Waste Through Social Innovation. Disponível em: <http://www.eu-fusions.org/index.php/download?download=221:d31-review-of-eu-legislation>. Acesso em: 14 nov. 2019.

Boletim sobre cedro-rosado

O cedro-rosado é uma espécie florestal tropical de rápido crescimento, produz madeira com boas propriedades físicas e mecânicas para a produção de móveis e outros usos, podendo ser empregado na produção de pasto apícola, forragem animal e no estabelecimento de sistemas agrossilvipastoris.



Livraria EPAMIG
www.livrariaepamig.com.br



Biotecnologia aplicada à pós-colheita

*Ricardo Antonio Ayub¹, Michelle Orane Schemberger², Flávia Maria Gustani³,
Marília Aparecida Stroka⁴, Calistene Aparecida Pinto⁵*

Resumo - A fisiologia de pós-colheita tem sido enormemente beneficiada pelos avanços na biologia molecular elucidando os processos fisiológicos, esclarecendo os mecanismos complexos relacionados com a maturação e a conservação dos alimentos. Com o uso da biotecnologia, desvendou-se a regulação das enzimas da parede celular relacionadas com a firmeza dos frutos; a regulação hormonal envolvida na maturação de frutos climatéricos e não climatéricos e, com isto, várias exceções como, por exemplo, ameixa, melão e peras climatéricas e não climatéricas; o papel do etileno em vias dependentes e independentes nos frutos climatéricos; a inter-relação hormonal na maturação dos frutos não climatéricos, entre outros exemplos. A biotecnologia contribui com informações importantes que auxiliam no manejo da fruta, controle de podridões pós-colheita, aumento da vida de prateleira e de qualidade.

Palavras-chave: Engenharia genética. Expressão gênica. Maturação. Ômica. CRISPR.

Biotechnology applied to post-harvest

Abstract - Post-harvest physiology has been greatly benefited by advances in molecular biology, elucidating physiological processes, clarifying complex mechanisms related to maturation and food conservation. With the use of biotechnology, the regulation of cell wall enzymes related to fruit firmness has been revealed; such as hormonal regulation involved in the maturation of climacteric and non-climacteric fruits and with this several exceptions (plum, melon and climacteric and non-climacteric pears); the role of ethylene in dependent and independent pathways in climacteric fruits; the hormonal interrelationship in the maturation of non-climacteric fruits, among other examples. Biotechnology contributes with important information that helps in the management of fruit production, controlling post-harvest rot, increasing shelf life and quality.

Keywords: Genetic engineering. Gene expression. Ripening. Omic. CRISPR.

INTRODUÇÃO

Dentre os principais desafios para a produção de frutas está o fornecimento de produtos de qualidade, com boas características sensoriais, valor nutricional e com longa vida de prateleira, principalmente quando se trata de frutos altamente perecíveis e frágeis. Assim, durante muitos anos, pesquisadores de todo o mundo vêm buscando por soluções para estes aspectos por meio de estudos de melhoramento e modificação genética.

O melhoramento genético de plantas surgiu junto com a domesticação de espécies selvagens, há 10 mil anos, quando as sociedades especializadas em caçar e coletar começaram a praticar agricultura e selecionar características desejáveis em plantas. No século 20, foram redescobertos os estudos de Mendel sobre hereditariedade, seleção e cruzamentos, e assim, o melhoramento entrou em foco nas pesquisas. Posteriormente em 1953, Watson e Crick publicaram sobre a estrutura do ácido

desoxirribonucleico – deoxyribonucleic acid (DNA) com base em estudos de Rosalind Franklin.

O DNA é uma molécula em formato espiral com duas fitas, unidas por ligações entre bases nitrogenadas (adenina, timina, citosina e guanina), presentes no núcleo das células, e carrega toda a informação genética do indivíduo (genoma). Com essa descoberta, nasceu a biotecnologia e a engenharia genética, e o homem foi então capaz de realizar alterações do material

¹ Eng. Agrônomo, D.Sc. Biologia Celular e Molecular, Prof. Tit. UEPG - Depto. Fitotecnia e Fitossanidade/Bolsista CNPq, Ponta Grossa, PR, rayub@uepg.br.

² Biológa, D.Sc. Ciências Biológicas/Genética, Pesq. UEPG - Laboratório de Biotecnologia Aplicada à Fruticultura, Ponta Grossa, PR, miorane@hotmail.com.

³ Eng. Agrônoma, Doutoranda Agronomia UEPG - Laboratório de Biotecnologia Aplicada à Fruticultura, Guarapuava, PR, flaviagustani@hotmail.com.

⁴ Eng. Agrônoma, Mestranda Agronomia UEPG - Laboratório de Biotecnologia Aplicada à Fruticultura, mariliastroka.agro@hotmail.com.

⁵ Eng. Agrônoma, Mestranda Agronomia UEPG - Laboratório de Biotecnologia Aplicada à Fruticultura, Ponta Grossa, PR, calistenep@hotmail.com.

genético e aprofundar o conhecimento de vias metabólicas, funções proteicas e expressão de genes, a fim de incrementar fatores produtivos e de qualidade para diversos setores, como a saúde, a agricultura, a indústria, entre outros. Estudos moleculares em plantas auxiliam na compreensão mais ampla do processo de maturação, de ação de hormônios e da expressão de genes, que podem ser manipulados para obter avanços no setor da pós-colheita e, conseqüentemente, oferecer produtos de melhor qualidade aos consumidores.

Este artigo aborda os procedimentos biotecnológicos, desde os mais clássicos até os mais avançados, e exemplos de sua aplicação na pós-colheita de frutos e hortaliças, no avanço da busca por produtos de melhor qualidade, com maior vida de prateleira e melhores características nutricionais e organolépticas.

HISTÓRICO

A biotecnologia avançou no século passado após a descoberta da estrutura do DNA nos anos de 1950. No ano de 1970, descobriu-se a agrobactéria (*Agrobacterium tumefaciens*) e, em seguida, que esta bactéria apresentava um plasmídeo de virulência que continha genes de hormônios causadores de tumor em planta. Ao excluir do plasmídeo estes genes, tinha-se então uma cepa desarmada e nesta poderiam ser colocados genes de interesse agrônômico. Em 1973, descobriu-se como o ácido ribonucleico – ribonucleic acid (RNA) era transcrito relacionado com a maturação do fruto. E, também, foi a primeira vez que se transferiu um gene de um organismo para outro. Já em 1983, as primeiras plantas transgênicas foram desenvolvidas. Em 1984, obteve-se a expressão do gene da celulase, uma enzima da parede celular, no amadurecimento do fruto de abacate. Infelizmente o abacate é uma espécie difícil de ser transformada geneticamente. Foi quando em 1988 realizou-se a primeira intervenção genética com impacto na pós-colheita, que foi a obtenção de um tomate transgênico com inibição da expressão do

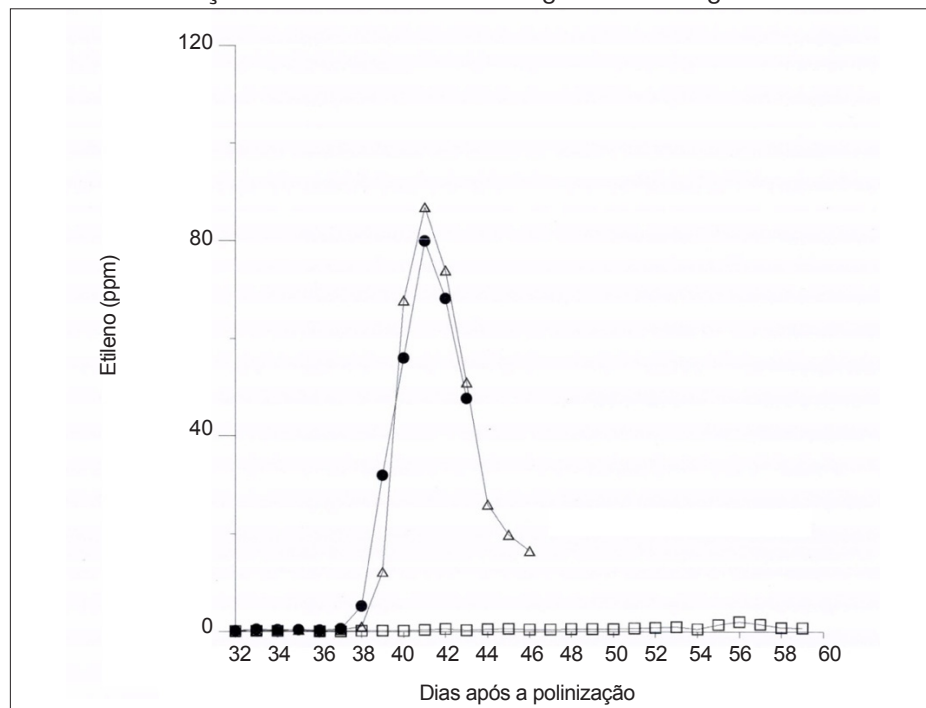
gene da enzima poligalacturonase, outra enzima da parede celular, conferindo maior firmeza aos frutos, e, conseqüentemente, expansão da vida de prateleira. Mas o grande feito foi em 1990, quando se clonou e sequenciou um DNA complementar (cDNA) chamado *pTOM13*, e que ao ser inibido mantinha os frutos preservados por mais tempo. Isso só foi explicado em 1991, quando da expressão deste gene em levedura, que passou a produzir etileno, um hormônio vegetal que atua no amadurecimento de frutas climatéricas. Desvendou-se então a sua função, sendo a enzima formadora de etileno, atualmente chamada ACC oxidase, última enzima da biossíntese do hormônio etileno. Este foi um grande feito na época. Em 1992, o grupo do Prof. Dr. Jean Claude Pech, na França, superexpressou esta enzima em células de uva ‘Gamay’, aumentando a sua produção de etileno.

Em 1994, foi lançado no mercado o primeiro produto transgênico, um tomate

longa vida da empresa Calgene, chamado ‘Flav Savr’, o qual possuía inibição da síntese da enzima poligalacturonase. Em 1995, Ayub *et al.* (1996) obtiveram um melão transgênico com inibição da síntese de etileno, usando a estratégia dos RNAs anti-sentido (Gráfico 1), o que prolongou a vida do fruto tanto na planta (Fig. 1), como em pós-colheita (Fig. 2).

Estes estudos abriram várias oportunidades, quando se começou a falar em vias dependentes e independentes de etileno nos frutos. Este trabalho demonstrou que a zona de abscisão dos frutos climatéricos é dependente do etileno, assim permite-se acumular mais açúcar nos frutos, pelo retardo da abscisão deste. Isto aumenta não só a qualidade dos frutos, mas também permite uma armazenagem mais longa pela maior reserva de carboidrato. Outra descoberta foi que a formação de aromas no fruto é parcialmente controlada pelo etileno, principalmente em relação aos ésteres de cadeia longa. A cor da casca do fruto

Gráfico 1 - Produção de etileno em fruto transgênico e selvagem



Fonte: Elaboração do autor Ricardo Antonio Ayub.

Nota: ● produção de etileno interna no fruto de melão na planta; Δ fruto controle não transformado; □ fruto transgênico ACO antisense.

ACO - Ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano oxidase.

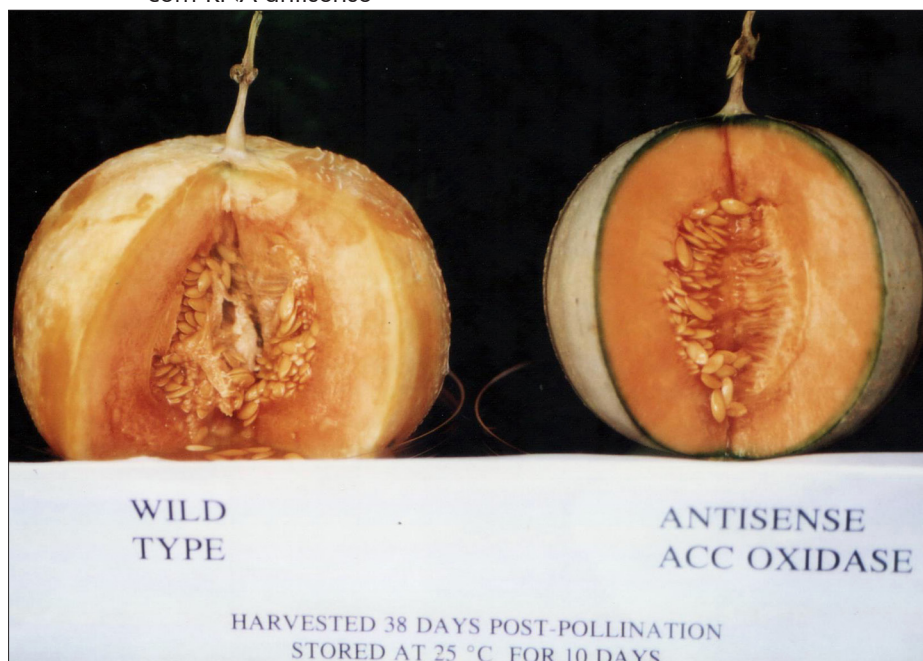
Figura 1 - Melão transgênico com uso da estratégia dos RNAs anti-sentido



Nota: Retardo da abscisão do fruto de melão. Controle (fruto selvagem – wild type) à direita com 42 dias após a polinização, e transgênico ACO anti-sense à esquerda, aos 56 dias após a polinização.

RNA - Ribonucleic acid (ácido ribonucleico); ACO - Ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano oxidase.

Figura 2 - Pós-colheita de frutos de melão 'Charentais' transformado ou não com RNA antisense



Nota: Observa-se que o fruto controle (selvagem – wild type) encontra-se deteriorado (esquerda) quando colhido aos 38 dias após a polinização, seguido de armazenamento a 25 °C por 10 dias, enquanto que o fruto transgênico ACO antisense mantém-se íntegro (direita).

RNA - Ribonucleic acid (ácido ribonucleico); ACO - Ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano oxidase.

de melão também permanece verde, pois as clorofilases são ativadas pelo etileno. Também se descobriu que a sensibilidade dos tecidos ao frio é mediada pelo etileno, além disso, estes efeitos mostraram-se reversíveis com a aplicação exógena do hormônio. Tais estudos ofertam inúmeras possibilidades, uma vez que permite tratamentos como a colheita mecânica, para melhor firmeza dos frutos e novos tipos de embalagem; armazenamento prolongado, pois é feito em menores temperaturas; transporte a longas distâncias, a classificação por qualidade, já que se podem ter frutos mais doces e o amadurecimento controlado com etileno.

TRANSFORMAÇÃO DE PLANTAS

O termo transgênico indica organismos geneticamente modificados (OGM). A transformação de plantas (transgenia) é uma tecnologia relativamente nova, próxima de completar 30 anos. Trata-se de uma ferramenta do melhoramento genético que permite incrementar os atributos como produtividade, aumento de biomassa, tolerância ao estresse abiótico, biótico, adaptação às mudanças climáticas, oferecendo segurança alimentar por meio das transferências de genes de interesse agrônomo.

O genoma é composto por genes responsáveis pela expressão das características hereditárias. Conhecendo a estrutura do DNA, iniciaram-se estudos que descobriram enzimas capazes de cortar o DNA e permitindo que este se ligasse com outras sequências, tornando possível a recombinação entre genes vindos de doadores da mesma espécie ou de espécies diferentes, originando a transformação genética em organismos (FALEIRO; ANDRADE; REIS JUNIOR, 2011).

A tecnologia do DNA recombinante permite a incorporação de fragmentos do DNA (recortado da espécie de interesse) em uma célula hospedeira, geralmente uma bactéria, que se reproduz por bipartição e transmite as características às células filhas. A transformação genética que ori-

gina organismos transgênicos é composta por cinco etapas (FALEIRO; ANDRADE; REIS JUNIOR, 2011), isto é:

- a) seleção do gene de interesse na planta e obtenção de sua sequência;
- b) inserção do gene no vetor plasmidial (ex. plasmídeo tumor inducing (Ti) de *Agrobacterium tumefaciens*); introdução da molécula recombinante por transformação química ou física na bactéria;
- c) replicação dos vetores com o gene de interesse por meio de bipartição bacteriana;
- d) introdução do vetor em células vegetais, também denominado processo de transformação, onde ocorre a inserção do fragmento de interesse em uma região do genoma da planta de interesse;
- e) análises moleculares ou fisiológicas para verificar se o gene foi introduzido de forma exata e está desempenhando sua atividade corretamente.

Dentre as culturas transgênicas com efeitos positivos para pós-colheita e que estão no mercado consumidor, está o tomate (*Solanum lycopersicum*). Em um estudo com tomates transgênicos tolerantes à seca, foram feitas avaliações de qualidade nutricional, características físico-químicas e compostos bioativos, e este mostrou que os tomates transformados possuíam maior ação antioxidante, indicando assim, boa qualidade para consumo (SHAH; SINGH; RAI, 2015).

Os desafios da agricultura são enormes, uma vez que se faz necessário aumentar a produtividade, produzindo mais alimentos sem aumentar áreas, diminuir os impactos que o uso de fertilizantes e agroquímicos tem nos ecossistemas, mediante estresses bióticos e abióticos, cada vez mais recorrentes em função das mudanças climáticas. Com o crescimento da população, é necessário garantir a segurança dos alimentos ofertados aos consumidores. Todos esses desafios têm impulsionado a comunidade científica e a pesquisa para melhorar a qualidade dos alimentos.

Os alimentos transgênicos passam por testes rigorosos em suas etapas de desenvolvimento tanto em laboratório quanto no campo, até chegar ao estádio comercial, envolvendo anos de pesquisas. Em seguida, passam pelas etapas dos órgãos de fiscalização e registro. No caso do Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) estabelece protocolos rigorosos para registro de cultivares transgênicas e somente são aprovadas as que correspondem às condições climáticas tropicais do País.

Para garantir que a agricultura ultrapasse todos esses desafios e ofereça alimentos de qualidade para toda a população é essencial o emprego da tecnologia do melhoramento genético, e, consequentemente, da transgenia. Dentre os métodos utilizados na transgenia, encontra-se a técnica de RNA anti-sentido.

Na transgenia é possível adicionar genes, como também bloquear os efeitos de genes que são responsáveis pela expressão de características indesejáveis na agricultura. O RNA é o responsável pela expressão gênica, ativando ou reprimindo atividades proteicas. O DNA possui duas fitas, assim, durante a transcrição, a fita anti-sentido serve de molde para sintetizar uma fita de RNA mensageiro com sentido. Na técnica do RNA anti-sentido, o pesquisador adiciona uma sequência de RNA complementar ao RNA mensageiro de interesse, bloqueando a tradução de sinal, evitando a síntese de proteína, bloqueando, assim, o efeito de determinado gene (CRAVADOR, 1998).

Paniagua *et al.* (2016) investigaram os genes responsáveis pelo amolecimento de morango. A solubilização de pectinas é causada por enzimas como a β -galactosidase (β -Gal). O gene responsável por essa enzima é identificado como *Fa β Gal4*, tendo resposta positiva ao ácido abscísico (ABA) e negativa às auxinas. Esses autores inseriram uma sequência anti-sentido complementar ao gene *Fa β Gal4* e observaram que a expressão deste gene foi reduzida em 70% nos frutos transgênicos, mostrando que o silenciamento gênico proporcionou menor solubilização de

pectinas e, consequentemente, manteve a firmeza do fruto.

O tomate é um fruto modelo na condição de maturação climatérica para ensaios na biotecnologia. Yang *et al.* (2019) estudaram a sequência *IR* do vírus-do-enrolamento-da-folha-amarela (TYLCV), sequência não codante, que é responsável pela replicação do vírus quando ligado ao gene *SILNRI* em plantas suscetíveis. Esses autores observaram que plantas resistentes a TYLCV possuíam uma deleção de bases na sequência *SILNRI*, não interagindo com a sequência *IR*. Promoveram então a mutação *IR-nt25* na planta, diminuindo o substrato de *SILNRI* disponível para ligação complementar a *IR*, e consequentemente a infecção do vírus.

Esses estudos corroboram para mostrar que a técnica da transgenia é eficiente em melhorar as qualidades sensoriais dos frutos na pós-colheita e em promover resistência de plantas a estresses bióticos e abióticos. A transgenia é uma ciência praticada há aproximadamente 30 anos e até então nenhum efeito nocivo a humanos foi reportado, mostrando ser uma ferramenta importante do melhoramento genético mediante crescentes desafios da agricultura mundial.

TECNOLOGIA DO RNA INTERFERENTE

O RNA de interferência (RNAi) é um fenômeno que atua no silenciamento gênico pós-transcricional (PTGS, *post transcriptional gene silencing*) do RNA mensageiro (RNAm). Basicamente esse processo é mediado por uma molécula de dupla fita (*dsRNA - double stranded RNA*), a qual é sintetizada no núcleo e exportada para o citoplasma. Então, esta molécula se liga a uma sequência de nucleotídeos complementar do RNAm-alvo, estabelecendo assim a interrupção ou redução da tradução em proteínas.

O mecanismo de RNAi foi elucidado pelos professores Andrew Zachary Fire e Craig Cameron Mello em 1998, da Universidade de Stanford e da Escola de Medicina

da Universidade de Massachusetts, respectivamente. Esses pesquisadores estadunidenses, que anteriormente trabalhavam juntos no Instituto Carnegie, identificaram o RNAi a partir da espécie *Caenorhabditis elegans*. Ao agregarem o RNA de dupla fita sentido e anti-sentido, observaram que os nematoides apresentavam espasmos visíveis em toda a progênie, concluindo então que esses efeitos estruturais musculares que prejudicam a motilidade decorreram da inibição de uma proteína muscular causada pela interferência de RNA (FIRE et al., 1998).

Entretanto, evidências prévias aos estudos de Andrew Zachary Fire e Craig Cameron Mello foram exploradas em plantas transgênicas de *Petunia juss* (*petúnias*), com a descoberta da inibição da transcrição por RNA anti-sentido em experimentos realizados na década de 1990. O objetivo da pesquisa até aquele momento era desenvolver flores com um tom de roxo mais intenso, manipulando a introdução de cópias adicionais de uma codificação do transgene de uma enzima que promove a pigmentação das flores, denominada chalcona sintase. Em contrapartida, ao invés de uma flor mais escura, as petúnias apresentaram colorações que variaram de tons claros ao branco. Na época, os pesquisadores Richard Jorgensen e Carolyn Napoli denominaram esse fenômeno de co-supressão de expressão gênica, uma vez que, tanto a expressão do gene existente (a cor roxa inicial) quanto o gene introduzido de chalcona sintase foram suprimidos. Em 2008, foi esclarecido que a supressão da atividade do gene poderia ocorrer no nível transcricional (silenciamento do gene transcricional, TGS) ou no nível pós-transcricional (silenciamento de gene pós-transcricional, PTGS) (MITTAL et al., 2012).

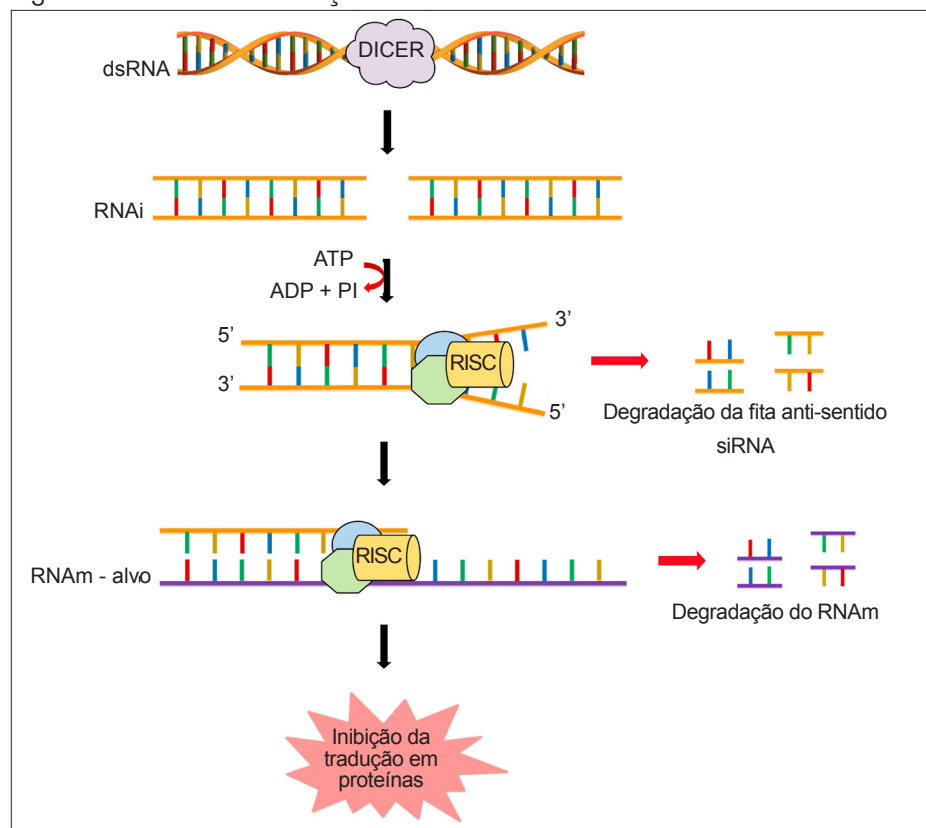
A técnica é desencadeada por uma enzima endonuclease chamada DICER, a qual é responsável por iniciar o corte da dupla

fitas de RNA, formando pequenos RNAs interferentes (siRNA) ou microRNAs (miRNA), de aproximadamente 21-23 pb¹. Posteriormente, estes RNAs associam-se a um complexo multinuclease de silenciamento induzido por RNA (RISC), sendo que proteínas endonucleases nomeadas de argonautas, que são ativas nesse complexo, permitem a clivagem da fita do RNAm-alvo que é complementar ao RNAi. Nesse

processo apenas uma fita é integrada às proteínas argonautas, e a outra fita é degradada com a ativação do RISC. Por fim, tem-se então o silenciamento pós-transcricional do gene (PTGS), conforme pode ser observado na Figura 3 (MITTAL et al., 2012).

A ferramenta de RNAi tem sido amplamente utilizada em diversas linhas de pesquisas vegetais, como no ramo ornamental, em árvores florestais, na safra de

Figura 3 - Mecanismo de ação do RNA de interferência



Fonte: A imagem referida ao dsRNA foi obtida a partir da biblioteca do aplicativo de modelagem Microsoft Paint 3D. Os demais elementos que compõem a Figura 3 foram elaborados pelos autores, com o auxílio da plataforma LucidChart.

Nota: A endonuclease DICER sintetiza pequenos RNAs interferentes, os quais por meio de um gasto de energia aliam-se ao complexo RISC. Esse complexo promove o corte da dupla fita e juntamente com a participação de proteínas argonautas efetua a clivagem do RNAi ao RNAm.

RNA - Ribonucleic acid (ácido ribonucleico); dsRNA - Double stranded RNA (dupla fita); DICER - Enzima endonuclease; RNAi - RNA de interferência; ATP - Adenosina trifosfato; ADT - Adenosina difosfato; PI - Fosfato inorgânico; siRNA - RNAs interferentes; RNAm - RNA mensageiro; RISC - Complexo multinuclease de silenciamento induzido por RNA.

¹ pb - pares de bases.

grãos, assim como na produção de flores e de frutos. No pós-colheita esse mecanismo pode ser empregado na inativação do desenvolvimento de agentes fúngicos, bacterianos e virais que têm alto potencial de deterioração de frutas. É também uma alternativa no silenciamento de alguns genes participantes na maturação e no amolecimento das frutas, aumentando assim a vida de prateleira.

Trabalhos com citros foram desenvolvidos a fim de explorar a função de genes DICER em relação à patogenicidade de *Penicillium italicum*, fungo causador de uma doença pós-colheita chamada mofo-azul-cítrico. Empregando o uso da tecnologia de RNAi mediada em feridas cítricas exogenamente por protoplastos, foram identificados dois genes semelhantes a DICER – *DCL1* e *DCL2* – no genoma de *P. italicum*. Estes foram convertidos em siRNA (*DCL1RNAi* e *DCL2RNAi*), além de um selvagem identificado que serviu como parâmetro para a caracterização da infecção. Como resultado, os vetores atuaram no silenciamento que expressam dsRNA em gancho dos fragmentos de genes semelhantes a *DCL1* e *DCL2*, sendo que *DCL2RNAi* mostrou uma limitação na infecção da epiderme dos citros. Desse modo, essa metodologia mostra-se eficaz na aplicação de dsRNA na superfície de frutas cítricas em pós-colheita (YIN *et al.*, 2020).

O uso de RNAi é requerido também a fim de atrasar a maturação e reprimir o amolecimento de frutas. Para tanto, alguns autores abordaram os genes *MADSbox*, *MaMADS1* e *MaMADS2*, que são responsáveis por promover o amadurecimento da banana. Utilizando o silenciamento dos genes *MaMADS1* e *MaMADS2* por RNA interferente, é possível retardar a síntese de etileno. O balanço da taxa respiratória em frutas de banana também foi reduzido, mesmo depois de um período pós-colheita de 20 a 26 dias (ELITZUR *et al.*, 2016).

Em relação ao amolecimento de frutas, outro experimento foi realizado com pêssegos por meio de enzimas β -galactosidase (β -Gal), visto que estas desempenham

funções de aumentar a porosidade da parede celular e acelerar o amolecimento da fruta numa via dependente de etileno. Os pesquisadores na ocasião utilizaram a técnica de silenciamento induzido por vírus para suspender a expressão dos genes *PpBGAL10* e *PpBGAL16*, codificadores de β -Gal. Assim, a vida de prateleira do fruto com o RNAi aumentou de dois para quatro dias, como consequência advinda da diminuição da expressão dos genes estudados que proporcionam o amadurecimento e amolecimento dos frutos (LIU *et al.*, 2018).

Portanto, a tecnologia do RNAi no pós-colheita de frutas mostra-se promissora para a manipulação de características genéticas, morfológicas e fisiológicas de interesse agrônomo, bem como para mediar as variáveis de produção em relação a condições ambientais e patogênicas que poderiam implicar na redução da vida de prateleira.

EDIÇÃO GÊNICA EM FRUTOS

Há algum tempo, modificações genéticas só podiam ser introduzidas em organismos por meio do melhoramento genético clássico, até a descoberta do DNA como material genético de herança, com a qual desenvolveu-se a engenharia genética, capaz de introduzir modificações racionais em sequências e organismos de interesse. A engenharia genética e a genética molecular caminham a passos largos na busca de novas tecnologias revolucionárias, como por exemplo, o sequenciamento de nova geração, a reação em cadeia da polimerase – polymerase chain reaction (PCR) (1983), a tecnologia do RNAi (1998) e, mais recentemente, técnicas tão precisas e eficientes de manipulação de sequências, que foram denominadas edição gênica, em referência à edição de documentos de textos em softwares, em meados de 2013.

Dentre as técnicas de edição gênica criadas nos últimos anos estão as nucleases “dedo de zinco” (ZFNs - *Zinc-finger nucleases*), as nucleases com efetores do tipo ativador transcricional (TALENs - *Transcription activator-like effector*

nucleases) e a técnica de Repetições Palindrômicas Curtas Agrupadas e Regularmente Interespaçadas (CRISPR - *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*). Todas estas tecnologias baseiam-se no uso de nucleases (enzimas capazes de realizar quebras nas ligações de nucleotídeos do material genético) com alvo em uma sequência específica, gerando assim pontas duplas clivadas, desencadeando um sistema de reparo de DNA, e não exigindo, necessariamente, a inclusão de sequência exógena, portanto, não são consideradas técnicas de transgenia. ZFNs e TALENs requerem um complexo processo de ligação e reconhecimento específico da nuclease à sequência-alvo, enquanto que na técnica de CRISPR, faz-se necessário apenas o design de uma sequência de RNA guia específica para o alvo, tornando-a simples, rápida e barata. A popularidade da técnica, que imita o sistema de defesa antiviral procaríoto, é tanta que desde o seu desenvolvimento espalhou-se por laboratórios do mundo todo, iniciando a Revolução de CRISPR.

O pioneirismo da técnica como uma opção na engenharia genética deu-se pelas pesquisadoras Jennifer Doudna e Emmanuelle Charpentier, em uma publicação de 2012 (JINEK *et al.*, 2012) na revista *Science* e por Feng Zhang do Massachusetts Institute of Technology, que teve patente aceita em 2014 (RAN *et al.*, 2013). Após disputa judicial, a corte americana deu parecer favorável à propriedade intelectual de Zhang como pioneiro da técnica.

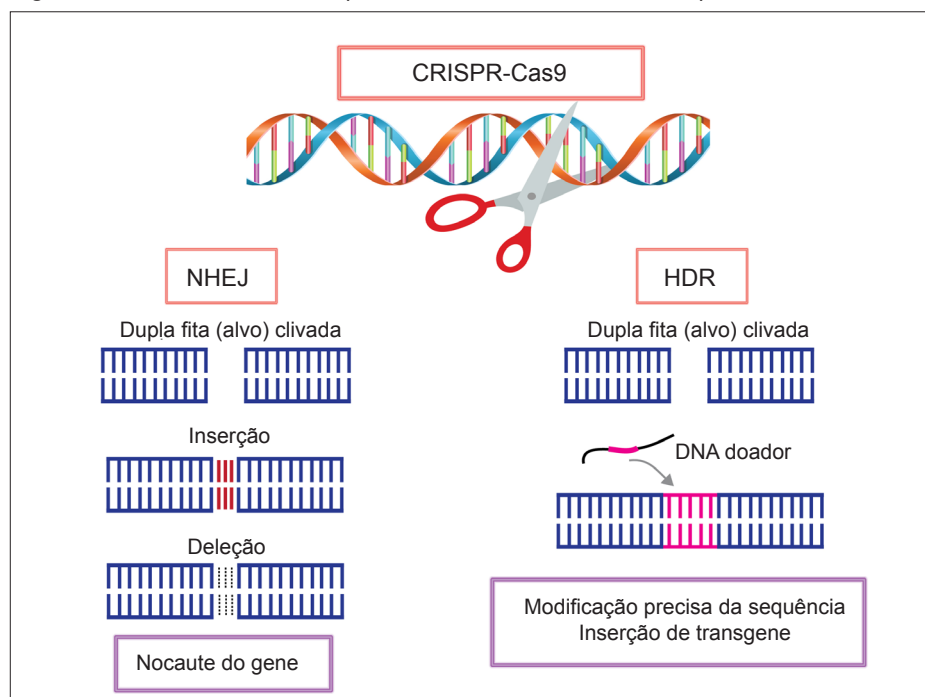
Assim faz-se necessária a separação do mecanismo biológico procaríoto e a técnica de CRISPR-Cas. Muito antes de Doudna-Charpentier relatarem a nova descoberta da edição gênica, Ishino *et al.* (1987) observaram sequências de forma repetida, separadas por sequências espaçadoras, no genoma de *Escherichia coli*, as quais deram o nome de CRISPR. Observaram também um grupo de genes codificadores de enzimas catalisadoras, como nucleases, helicases, polimerases, próximos, que seriam chamados genes Cas (genes associados a CRISPR). Somente

mais tarde é que houve a compreensão de que se tratava de um sistema de memória genética de imunidade e que as sequências espaçadoras eram de origem exógena, a partir de pequenos pedaços do material genético de plasmídeos e bacteriófagos que invadiam as células bacterianas. Assim, quando a bactéria era atacada novamente, o sistema imune identificava a sequência complementar ao organismo intruso e realizava cortes em seu material genético, evitando a colonização.

Com a incrível descoberta de que o sistema biológico poderia ser modificado para uso em eucarioto, nasce a técnica de CRISPR-Cas. Diversas proteínas atuam no sistema biológico, mas na técnica, o uso predominante é da proteína Cas9 isolada de *Streptococcus pyogenes*, necessitando além disto para o seu uso na edição gênica apenas do RNA guia e da sequência-alvo (DNA). Assim, a nucleasa Cas9 direcionada pelo RNA guia realiza a clivagem da dupla fita (alvo) no sítio específico de interesse, desencadeando um processo de reparo de DNA pela célula. Existem, então, dois sistemas de reparo da dupla fita clivada: junção de pontas não homólogas (NHEJ - *non homologous end joining*) e reparo direcionado por homologia (HDR - *homology directed repair*) (Fig. 4). Quando o DNA é reparado por NHEJ, as duplas fitas quebradas serão unidas por meio de inserção ou deleção de bases (mutações do tipo InDel), gerando erros na sequência e, conseqüentemente, o silenciamento do gene (nocauteamento). Já no reparo por HDR, as duplas fitas podem ser unidas pela recombinação homóloga das pontas geradas pelo corte da Cas9 (mais raro) ou pela inserção de um DNA doador exógeno (um quarto elemento necessário na reação), homólogo às pontas, que pode ser uma sequência de interesse (*knock-in*), permitindo a edição pontual do genoma.

Ainda existem poucos trabalhos com a aplicação da técnica de CRISPR em melhorias da pós-colheita de frutos, onde os existentes possuem como enfoque principal frutos modelo, como o tomate (clima-

Figura 4 - Mecanismos de reparo de DNA desencadeados por CRISPR-Cas



Fonte: DNA e tesoura são vetores disponíveis livremente em www.freepik.com, criados por macrovector_official; composição da imagem e desenhos dos mecanismos de reparo são de criação dos autores.

Nota: O mecanismo de junção de pontas não homólogas (NHEJ) realiza a união das pontas das fitas clivadas por meio de mutações do tipo inserção ou deleção de bases (InDel), acarretando no nocauteamento do gene. Já no reparo direcionado por homologia (HDR), o reparo pode ser realizado por homologia das pontas das fitas clivadas ou, mais frequentemente, por introdução de um DNA doador, com uma sequência de interesse, que permite inserir mutações precisas na sequência (como a troca de apenas uma base nitrogenada) ou a inserção de transgenes (genes não pertencentes ao organismo de estudo).

CRISPR - Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (Repetições Palindrômicas Curtas Agrupadas e Regularmente Interespaçadas); DNA - Deoxyribonucleic acid (ácido desoxirribonucleico).

térico) e morango (não climatérico). Ito *et al.* (2015), a fim de modular a maturação de tomate e aumentar a vida de prateleira, realizaram o nocaute do gene *RIN*, um importante regulador da maturação e de outros processos fisiológicos relacionados com os atributos de qualidade dependentes de etileno, através de mutações geradas por três RNAs guias, capazes de serem herdadas hereditariamente. A maturação foi incompleta, aumentando a vida de prateleira, mas com severa perda de aroma, textura e cor do fruto. Uluisik *et al.* (2016) encontraram que o silenciamento da ex-

pressão de genes codificadores da pectato liase (PL), uma enzima participante da degradação de pectina, em tomate, através de CRISPR, é capaz de gerar frutos com alteração na textura, aumentando a vida de prateleira, sem qualquer interferência em outros aspectos da maturação, mantendo as características organolépticas desejadas. Tal resultado foi confirmado por Wang *et al.* (2019), que silenciaram, através de CRISPR, genes da PL, poligalacturonase e β -galactanase em tomate e observaram alteração na textura significativa em plantas mutantes de PL. Tais resultados indicam a

incrível oportunidade oferecida pela técnica de CRISPR-Cas9 para obter frutos com melhor qualidade, sem transgenia, e com maior aceitação dos consumidores.

Embora extremamente precisa, ainda há chances de interferência da técnica em regiões do genoma que não sejam o alvo (*off-targets*), com impacto desconhecido para o ciclo das plantas e para segurança alimentar, exigindo forte regulação dos métodos de segurança para liberação de produtos com edição gênica. Contudo, a técnica de CRISPR-Cas9 abre perspectivas surpreendentes para o futuro das espécies cultivadas e para a pós-colheita, principalmente para culturas altamente perecíveis, como o morango.

TÉCNICAS AVANÇADAS APLICADAS NA FRUTICULTURA

A ciência Ômica refere-se a estudos em grande escala a partir de dados experimentais e tem sido uma ferramenta valiosa para a visão global de processos biológicos complexos que tangem o entendimento da fisiologia vegetal na área da fruticultura.

Com os avanços de tecnologias aplicadas a estas análises, há uma grande tendência de que em um futuro próximo sejam imprescindíveis rotineiramente para um bom planejamento em práticas agrícolas, resultando em uma maior relação de custo-benefício.

Sob essa temática é importante ressaltar que os organismos são constituídos basicamente por ácidos nucleicos, proteínas, carboidratos e lipídeos, sendo que há diferentes formas e interações destas biomoléculas, o que possibilita a variabilidade vegetal existente. Assim, a ciência das Ômicas foi originada a partir do conhecimento do denominado dogma central da biologia molecular postulado por Francis Crick em 1970 que afirma que:

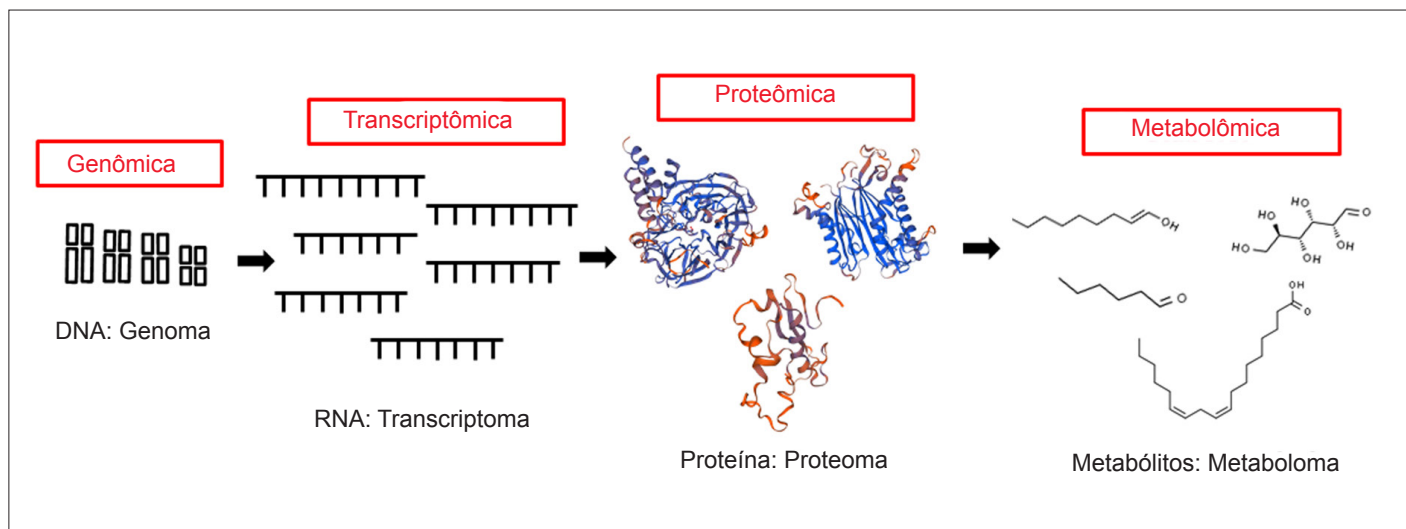
o DNA sofre replicação dando origem a novas moléculas de DNA, depois é transcrito em RNA, e este, por sua vez, traduz o código genético em proteínas. (MOREIRA; VARANI, 2015).

As proteínas têm papel estrutural compondo células ou tecidos, ou enzimático,

quando participam de vias metabólicas, provocando alterações em compostos químicos que na fruticultura são determinantes das propriedades sensoriais (cor, odor e sabor). Há várias subdivisões das Ômicas, sendo as de principais destaques a genômica, transcriptômica, proteômica e metabolômica (Fig. 5).

A genômica é o ramo da ciência Ômica que visa o entendimento da arquitetura do DNA nos cromossomos, abrangendo a identificação e caracterização de genes e suas sequências promotoras, assim como também de sequências repetitivas como os DNA satélite e elementos genéticos móveis (MOREIRA; VARANI, 2015). A um nível mais complexo com esta análise é possível comparar e fazer intercorrelações entre genomas de diferentes organismos incluindo análises de polimorfismos para estudos de melhoramento genético vegetal. O primeiro genoma de planta sequenciado foi o de *Arabidopsis thaliana* em 2000, o qual apresenta 120 Mb² de tamanho. A partir deste, vários outros foram sequenciados, sendo que na área da fruticultura há disponível em

Figura 5 - Subdivisões da ciência Ômica



Fonte: As figuras das proteínas foram obtidas por modelagem de sequências de RNAm de genes de melão (<http://cucurbitgenomics.org/database>) pelo software swiss-model e as figuras dos metabólitos foram obtidas do banco de dados do ChemSpider.

Nota: DNA - Deoxyribonucleic acid (ácido desoxirribonucleico); RNA - Ribonucleic acid (ácido ribonucleico).

² Mb - megabases.

banco de dados, como o National Center for Biotechnology Information (NCBI), o genoma de morango (*Fragaria x ananassa*) com 697 Mb, de melão (*Cucumis melo*) com 374 Mb, mamão (*Carica papaya*) com 370 Mb, pêssego (*Prunus persica*) com 227 Mb, além de outros como várias espécies de *Citrus*. No campo do melhoramento genético destaca-se o estudo de associação genômica – Genome-Wide Association (GWA) que consiste no mapeamento genético por associações entre os lócus e a característica fenotípica na população com foco em estudos de polimorfismos de nucleotídeo (SNPs) que são variações no DNA envolvendo uma das bases (adenina - A, timina - T, citosina - C ou guanina - G) entre indivíduos de uma mesma espécie ou entre pares de cromossomos. Um exemplo de aplicação de GWA para fruticultura foi conduzido por Cao *et al.* (2016) na análise em larga escala de genes que controlam importantes características agrônomicas em pêssego.

Outra análise de grande importância é a transcriptômica, esta engloba o estudo de todo o RNA transcrito em um determinado tecido de um organismo. Os dados obtidos por esta metodologia permitem identificar genes diferencialmente expressos (RNAs codificantes e não codificantes) em tratamentos e fenótipos distintos, ou seja, em uma dada condição fisiológica pode-se constatar a funcionalidade de determinados grupos de genes por meio de sua expressão. Além disso, é possível identificar isoformas de um gene geradas por recomposição alternativa (splicing alternativo), descobrir novos genes que atuam em uma determinada via metabólica e/ou aperfeiçoar a metodologia de anotação genômica (identificar sequências funcionais ou de DNA repetitivo no genoma) (MOREIRA; VARANI, 2015). Na fruticultura há diversos estudos que visam entender o funcionamento metabólico por análise de RNA transcrito, dentre estes, um trabalho robusto sobre a descrição da via do açúcar foi conduzido em melão climatérico e não

climatérico por diversos pesquisadores para análise do acúmulo deste composto no fruto, que é atributo crucial de qualidade (STROKA; SCHEMBERGER; AYUB, 2021).

Na proteômica é avaliado o conjunto de proteínas derivadas do processo de transcrição e tradução gênica de um determinado tecido em uma condição específica. Assim, é possível definir a composição e expressão diferencial dessas moléculas e averiguar as que estão ativadas ou reprimidas em resposta a um determinado tratamento ou tipo fenotípico. Na área da fruticultura, por exemplo, estudos foram conduzidos utilizando esse método para averiguar a influência da altitude na qualidade da casca de pêssego (KARAGIAN-NIS *et al.*, 2016).

Com relação à metabolômica, esta é uma ferramenta imprescindível para estudos complementares de análises de genômica, transcriptômica e proteômica, uma vez que os produtos metabólicos resultantes de processos moleculares e enzimáticos fornecem uma leitura funcional da bioquímica celular (PATTI; YANES; SIUZDAK, 2012). Contrariamente ao que ocorre com os genes, cujas funções estão sujeitas à regulação epigenética e modificações pós-transcricionais ou traducionais, os metabólitos são considerados assinaturas diretas de atividade bioquímica e, portanto, mais fáceis de correlacionar com o fenótipo (PATTI; YANES; SIUZDAK, 2012). Com o desenvolvimento da espectrometria de massas, foi possível a mensuração de milhares de metabólitos simultaneamente a partir de quantidades mínimas de amostras. Há dois métodos principais nestas análises, um utiliza uma abordagem direcionada e leva em consideração metabólitos-alvo de uma ou mais rotas metabólicas específicas de interesse; e a outra leva em consideração análises globais em que todos os metabólitos possíveis de serem mensurados são analisados nas amostras de interesse (PATTI; YANES; SIUZDAK, 2012). Assim, avaliações integrativas de todas

as análises das Ômicas são robustas para o entendimento da biologia de sistemas de um determinado objeto de estudo. Descrição metabolômica para frutos tem sido principalmente direcionada ao estudo de compostos voláteis (técnica de cromatografia gasosa) que são atributos da característica organoléptica *flavor* e também de grande importância para a fruticultura (EL HADI *et al.*, 2013).

Com relação às tecnologias, há diversas plataformas de sequenciamento de DNA e RNA disponíveis que visam determinar a ordem das bases que perfazem a constituição genômica e transcriptômica de um determinado organismo; sendo as tecnologias denominadas *Next Generation* as de destaque nos dias atuais (ex.: Illumina, Ion Torrent, PacBio e Nanopore). Para análise de dados de proteômica e metabolômica, estes são obtidos principalmente por metodologia de espectrometria de massas, o qual leva em consideração a relação massa/carga (m/z) para identificar o composto em uma amostra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um grande avanço se fez no entendimento da fisiologia de pós-colheita de produtos hortícolas graças às técnicas biotecnológicas. Estas permitiram não só a compreensão da fisiologia da maturação, mas também o desenvolvimento de novas plantas capazes de reduzir as perdas pós-colheita e aumentar a qualidade dos frutos. Isto sem falar dos biofilmes que têm sido cada vez mais aplicados na pós-colheita, com sucessos já publicados em citros, goiaba, coco, dentre outros, garantindo assim melhor valor nutricional e durabilidade dos frutos, contribuindo para o sucesso da alimentação humana. Entretanto, estas práticas ainda são pouco utilizadas habitualmente por produtores agrícolas.

REFERÊNCIAS

AYUB, R. *et al.* Expression of ACC oxidase antisense gene inhibits ripening of cantaloupe melon fruits. *Nature Biotechnology*, v.14, n.7, p.862-866, July 1996.

CAO, K. *et al.* Genome-wide association study of 12 agronomic traits in peach. **Nature Communications**, v.7, n.1, p.1-10, 2016.

CRAVADOR, A. Os DNA sintéticos anti-sentido. **Química Nova**, v.21, n.4, p.441-452, 1998.

EL HADI, M.A.M. *et al.* Advances in fruit aroma volatile Research. **Molecules**, v.18, n.7, p.8200-8229, 2013.

ELITZUR, T. *et al.* Banana MaMADS transcription factors are necessary for fruit ripening and molecular tools to promote shelf-life and food security. **Plant Physiology**, v.171, n.1, p.380-391, May 2016.

FALEIRO, F.G.; ANDRADE, S.R.M. de; REIS JUNIOR, F.B. dos. (ed.). **Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2011. 730p.

FIRE, A. *et al.* Potent and specific genetic interference by double-stranded RNA in *Caenorhabditis elegans*. **Nature**, v.391 p.806-811, 1998.

ISHINO, Y *et al.* Nucleotide sequence of the iap gene, responsible for alkaline phosphatase isozyme conversion in *Escherichia coli*, and identification of the gene product. **Journal Of Bacteriology**, v.169, n.12, p. 5429-5433, Dec. 1987.

ITO, Y. *et al.* CRISPR/Cas9-mediated mutagenesis of the RIN locus that regulates tomato fruit ripening. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v.467, n.1, p.76-82, Nov. 2015.

JINEK, M. *et al.* A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. **Science**, v.337, n.6096, p.816-821, Aug. 2012.

KARAGIANNIS, E. *et al.* Comparative physiological and proteomic analysis reveal distinct regulation of peach skin quality traits by altitude. **Frontiers in Plant Science**, v.7, p.1689-1690, 2016.

LIU, H. *et al.* Down-regulation of *PpBGAL10* and *PpBGAL16* delays fruit softening in peach by reducing polygalacturonase and pectin methylesterase activity. **Frontiers in Plant Science**, v.9, p.1015, 2018.

MITTAL, P. *et al.* Phenomenal RNA interference: from mechanism to application. In: GOYAL, A. (ed.). **Crop plant**. Rijeka, Croatia: InTech, 2012. cap.4, p.61-76.

MOREIRA, L.M; VARANI, A.M. Plasticidade e fluxo genômico. In: MOREIRA L.M. **Ciências genômicas: fundamentos e aplicações**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2015. cap.1, p.101-106.

PANIAGUA, C. *et al.* Antisense down-regulation of the strawberry β -galactosidase gene Fa β Gal4 increases cell wall galactose levels and reduces fruit softening. **Journal of Experimental Botany**, v.67, n.3, p.619-631, Feb. 2016.

PATTI, G.J; YANES, O.; SIUZDAK, G. Metabolomics: the apogee of the omics trilogy. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v.13, n.4, p.263-269, Apr. 2012.

RAN, F.A *et al.* Genome engineering using the CRISPR-Cas9 system. **Nature Protocols**, v.8, n.11, p.2281-2308, Nov. 2013.

SHAH, K.; SINGH, M.; RAI, A.C. Bioactive compounds of tomato fruits from transgenic plants tolerant to drought. **LWT - Food Science and Technology**, v.61, n.2, p 609-614, May 2015.

STROKA, M.A.; SCHEMBERGER, M.O.; AYUB, R.A. Sugar metabolism in climacteric and non-climacteric melon. **Annual Plant Reviews Online**, v.4, n.1, Feb. 2021.

ULUISIK, S. *et al.* Genetic improvement of tomato by targeted control of fruit softening. **Nature Biotechnology**, v.34, n.9, p.950-952, Sept. 2016.

WANG, D. *et al.* Characterisation of CRISPR mutants targeting genes modulating pectin degradation in ripening tomato. **Plant Physiology**, v.179, n.2, p.544-557, Feb. 2019.

YANG, Y. *et al.* Tomato yellow leaf curl virus intergenic siRNAs target a host long noncoding RNA to modulate disease symptoms. **Plos Pathogens**, v.15, n.1, p.e1007534, Jan. 2019.

YIN, C. *et al.* Silencing dicer-like genes reduces virulence and sRNA generation in *Penicillium italicum*, the cause of citrus blue mold. **Cells**, v.9, n.2, p.363, Feb. 2020.

Queijo Minas Artesanal

Manual Técnico de orientação ao produtor

O Manual Queijo Minas Artesanal – principais problemas de fabricação tem como objetivo destacar a importância do acompanhamento do estado sanitário do rebanho e da qualidade dos produtos, sem interferir demasiadamente nos processos, visando a preservação dos valores e tradições. Neste Manual são identificados os principais defeitos apresentados pelos queijos artesanais, suas causas e recomendações de boas práticas para a obtenção de um produto de qualidade.



Livraria EPAMIG

www.livrariaepamig.com.br



Avaliações não destrutivas em pós-colheita

Débora Leitzke Betemps¹, Rodrigo Ferraz Ramos²

Resumo - Definir o ponto de colheita correto em função da logística de distribuição, bem como acompanhar a evolução da maturação durante o armazenamento, são atividades diárias e fundamentais no sistema produtivo da fruticultura. Para isso, utiliza-se o monitoramento dos parâmetros de qualidade das frutas, como coloração, teor de sólidos solúveis, firmeza, acidez, entre outros. Esses parâmetros são normalmente mensurados por meio de análises destrutivas de uma amostra representativa do pomar ou do lote em questão. Contudo, nos últimos anos foram desenvolvidas e estão sendo testadas diversas tecnologias para avaliar a qualidade interna e externa dos frutos de forma não destrutiva, permitindo, assim, a mensuração de parâmetros de qualidade dos frutos desde a fase de campo. Diferentes tecnologias estão presentes nos vários equipamentos e sensores utilizados, sendo os mais relatados e estudados os métodos mecânicos, ópticos, eletromagnéticos e dinâmicos.

Palavras-chave: Espectroscopia. Fluorescência. Análise de imagens. VIS/NIR.

Non-destructive post-harvest assessments

Abstract - Defining the correct harvesting point based on distribution logistics, as well as monitoring the evolution of maturation during storage, are daily and fundamental activities in the fruit production system. Therefore, some fruit quality parameters must be monitored, such as color, soluble solids content, firmness, acidity, among others. These parameters are normally measured by means of destructive analysis of a representative sample of the orchard or lot. However, in recent years several technologies have been developed and are being tested to assess the external and internal quality of the fruit in a non-destructive way, thus allowing the measurement of fruit quality parameters in the field. Different technologies are present in the various equipment and sensors used, the most reported and studied being mechanical, optical, electromagnetic and dynamic methods.

Keywords: Spectroscopy. Fluorescence. Image analysis. VIS/NIR.

INTRODUÇÃO

A qualidade externa dos frutos é apenas um dos requisitos responsáveis pela escolha do produto. Além dos aspectos culturais e sensoriais envolvidos no consumo, o conhecimento do benefício nutricional, a procedência, bem como o sistema de produção estão sendo exigidos pelos consumidores. Simultaneamente, os processos produtivo e varejista precisam alinhar a oferta de produtos de qualidade com a diminuição dos desperdícios presentes na cadeia e, para isso, é fundamental o conhecimento dos parâmetros

envolvidos no processo de maturação das frutas.

Os principais parâmetros utilizados na avaliação da qualidade das frutas são: coloração, firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável, emissão de compostos voláteis aromáticos e etileno, respiração, pectinas solúveis, clorofila, teores de pigmentos como carotenoides e/ou de flavonoides, entre outros. O conhecimento e mensuração desses parâmetros permite indicar os índices de maturação da fruta. A maturação é um processo complexo e sincronizado em que os índices

de maturação são específicos para cada espécie de fruta. Assim, a determinação dos parâmetros de qualidade reflete a evolução da maturação, e estes necessitam ser mensurados desde a fase de pré-colheita (para definir a data/época de colheita) até ao longo da cadeia de armazenamento e comercialização (pós-colheita).

As análises convencionais dos parâmetros de qualidade envolvem instrumentação, reagentes, pessoal treinado, tempo despendido, além disso, todas requerem destruição das frutas. Outro inconveniente é o fato que geralmente as análises destruti-

¹ Eng. Agrônoma, D.Sc., Prof^a Associada UFFS - Campus Cerro Largo, Cerro Largo, RS, debora.betemps@uffrs.edu.br.

² Eng. Agrônomo, Mestrando Ciência do Solo UFSM, Santa Maria, RS, rodrigoferrazramos@gmail.com.

vas são realizadas em um volume pequeno de amostras, o qual pode não representar adequadamente a variabilidade presente nas plantas ou em uma partida comercial. Isso pode dificultar a identificação correta do estágio de maturação das frutas.

Para contornar tais problemas, vários ensaios sugerem a possibilidade de utilizar tecnologias não destrutivas para acompanhar a maturação das frutas em tempo real, seja em campo seja em prateleira. Assim, diferentes tecnologias estão presentes nos vários equipamentos e sensores utilizados nas avaliações não destrutivas das frutas, sendo as mais relatadas na literatura o uso de colorimetria, imagens na faixa do visível, espectroscopia do visível (VIS) e infravermelho próximo – Near infrared (NIR), fluorescência, imagens espectrais, técnicas de impulso e vibração acústica, tomografia computadorizada, uso da ressonância magnética, técnica do nariz eletrônico, entre outras.

Entretanto avaliar a qualidade utilizando um único método de avaliação não destrutível é difícil, pois depende de variáveis como composições estrutural, química e molecular da fruta que mudam durante o processo de maturação, exigindo muitas vezes a utilização de mais de um método simultaneamente para avaliar a qualidade interna e/ou externa das frutas. Além disso, o custo dos equipamentos pode ser um fator limitante, pois essas tecnologias produzem grande quantidade de dados que devem ser correlacionados com os parâmetros obtidos via métodos destrutivos.

Neste artigo estão descritas as principais técnicas não destrutivas para a avaliação da maturação das frutas, com abordagens de suas aplicações, vantagens e limitações.

PRINCIPAIS TECNOLOGIAS APLICADAS À AVALIAÇÃO NÃO DESTRUTIVA

O uso de métodos não destrutivos para avaliar qualidade em frutas não é algo recente, e os primeiros trabalhos foram

publicados há mais de 50 anos abordando técnicas de transmissão de luz na avaliação de ameixas (ERNEST *et al.*, 1958); alterações nas características elétricas (BEAN; RASOR; PORTER, 1960) e uso da refletância do infravermelho (ERICKSON; PORTER, 1966), ambos para estimar a maturação de abacates, entre outros.

As diferentes tecnologias podem ser classificadas em: métodos mecânicos, métodos ópticos, métodos eletromagnéticos e métodos dinâmicos (Quadro 1), e estão inseridas em equipamentos ou sensores que permitem a avaliação dos parâmetros de qualidade desde o campo até em máquinas classificadoras (LAKSHMI *et al.*, 2017).

Além destes, pode-se fazer referência ao uso da colorimetria para avaliar a maturação das frutas sem a sua destruição.

A colorimetria é a técnica que busca, com auxílio de modelos matemáticos, descrever, quantificar e simular a percepção da cor pelo homem. A percepção humana sobre as cores as torna de caráter altamente subjetivo e pessoal, fazendo com que a sensação da cor seja única, após complexas operações de recebimento registrado pela retina e processamento de estímulos recebidos pelo cérebro (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001). Entretanto, equipamentos chamados espectrofotômetros e colorímetros são capazes de fornecer coordenadas colorimétricas ($L^*a^*b^*$) universais, sob iluminantes e observadores padronizados.

A Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) desenvolveu métodos para expressar a cor numericamente, sendo

Quadro 1 - Principais técnicas não destrutivas utilizadas para a avaliação de características de qualidade em frutas

Método	Técnica	Característica de qualidade avaliada
Mecânico	Teste de impacto	Firmeza e dano interno
	Nariz eletrônico	Maturação
Óptico	Análise de imagens	Tamanho, forma, cor, defeitos externos
	Absorbância, reflectância e transmitância da espectroscopia do visível (VIS)/infravermelho próximo – Near infrared (NIR)	Cor, constituintes químicos (açúcares e ácidos), defeitos internos, conteúdo de pigmentos
	Espectroscopia da fluorescência	Maturação, defeitos superficiais, conteúdo de clorofilas
	Vibração	Firmeza, viscoelasticidade, maturação
Eletromagnético	Ressonância magnética nuclear	Distúrbios ocasionados pelo frio, presença de insetos, caroços e podridões
Dinâmico	Raio-X	Maturidade, defeitos internos, danos por congelamento, presença de caroços, partículas estranhas e parasitas
	Ondas ultrassônicas	Densidade, teor de umidade e firmeza
	Impulsos acústicos	Firmeza, detecção de defeitos internos.

Fonte: Adaptado de Lakshmi *et al.* (2017).

os mais conhecidos: o modelo de cor Yxy, criado em 1931, com base nos valores triestímulos XYZ definidos pela CIE, e o modelo de cor $L^*a^*b^*$, criado em 1976 para fornecer relação uniforme entre as diferenças da cor e as diferenças visuais.

A colorimetria aplicada à análise da cor da superfície das frutas pode ser utilizada para indicar as mudanças fisiológicas que ocorrem nas frutas. Durante o crescimento dos frutos, ocorrem mudanças bioquímicas como degradação de clorofilas e síntese de pigmentos que influenciam na cor das frutas. Por meio da descrição dessas mudanças pode-se determinar a melhor época da colheita das frutas, bem como acompanhar a evolução da maturação durante o armazenamento (LYSIK *et al.*, 2014). A utilização da colorimetria como indicador de maturação foi estudada em diversas espécies, como tomate, morango, mangas, mamão, cerejas, entre outros. Muitos estudos demonstram que a colorimetria correlaciona-se com o estágio de maturação do fruto e atributos químicos como SS.

Tecnologias mecânicas

Os métodos mecânicos não destrutivos visam medir características ligadas à textura das frutas, como a firmeza e a elasticidade. Essas propriedades estão relacionadas com a pressão de turgor e perda de água nos métodos mecânicos não destrutivos, enquanto que nos métodos tradicionais a avaliação da firmeza é realizada por meio da resistência mecânica da parede celular e lamela média (SHEEJA; GOKUL, 2016).

Esses métodos usam testes de baixo impacto e são detectados por acelerômetros (instrumento para medir aceleração ou para detectar e medir vibrações), ou por frequência de ressonância (também chamada frequência natural oriunda da vibração livre em um corpo). Um método de identificação consiste em impactar o objeto em análise e, com isso, excitar sua frequência de ressonância. Estas frequências são detectadas por um microfone e, geralmente, sofrem mudanças de acordo

com o amadurecimento, sendo que uma das vantagens desta técnica é a mensuração do parâmetro na fruta inteira (SHEEJA; GOKUL, 2016).

Outro método de tecnologia mecânica são os narizes eletrônicos, que objetivam simular o funcionamento do sistema olfativo. São compostos de uma matriz de sensores químicos (com base em materiais de óxido metálico) e eletrônicos com especificidade parcial e de um sistema de reconhecimento de padrões associado à inteligência artificial, como uma Rede Neural Artificial – Artificial Neural Network (RNA), software com algoritmos e uma base de dados, com bibliotecas de referência, com o propósito de reconhecimento destes padrões (WILSON; BAIETTO, 2009). Vale ressaltar que os dados obtidos pelos sensores devem ser pré-processados e avaliados com ferramentas estatísticas que se baseiam em análises de dados multivariados.

Como limitações, o nariz eletrônico não pode analisar e determinar os diferentes compostos voláteis, como um cromatógrafo de gás, porque sua resposta não é única. É útil para detectar desvios de um padrão, cuja impressão digital está bem conhecida, ou para acompanhar as mudanças que ocorrem em um lote, por exemplo, ao longo do tempo (SHEEJA; GOKUL, 2016).

Tecnologias ópticas

As propriedades ópticas estão relacionadas com a resposta de uma matéria à luz e baseiam-se na refletância, transmitância, absorvância, fluorescência ou dispersão de luz. Este método inclui: análise de imagem (para a análise de tamanho, forma, cor e presença de defeitos externos); VIS/NIR; espectroscopia de laser; espectroscopia de refletância, transmitância e absorção (LAKSHMI *et al.*, 2017).

Análise de imagens

O monitoramento do controle de qualidade das frutas por meio de imagens digitais tem recebido atenção especial pelo aumento na demanda por produtos com

alto grau de qualidade num curto período (COSTA, 2019).

A aquisição de imagens, também chamado sistema de visão de máquina, é usualmente utilizada para mensurar o tamanho, a forma, a coloração, a presença de defeitos externos, entre outros. Geralmente consiste em cinco componentes básicos: iluminação, câmera, placa de captura de imagem (digitalizador), dispositivos computacionais de hardware e programas computacionais. Assim, a visão de máquina é reconhecida como o uso integrado de dispositivos de sensoriamento óptico, sem contato direto com o objeto de estudo, pois realizam procedimentos para receber e interpretar uma imagem de uma cena real automaticamente (SONKA; HLAVAC; BOYLE, 1999). A qualidade das imagens a ser capturadas é função direta de dois elementos do sistema de iluminação: câmera e iluminação. Um bom sistema de iluminação deve fornecer radiação uniforme em todo o lote ou partida a ser avaliada, evitando a presença de brilho ou sombras, e tanto quanto possível deve preconizar um espectral uniforme e estável ao longo do tempo. Se não houver correta iluminação, vão aumentar a incerteza e o erro de classificação, levando à necessidade de um pré-processamento das imagens e, assim, aumentando o tempo necessário para analisar cada imagem (SALDAÑA *et al.*, 2013).

Um dos exemplos da aplicabilidade desta técnica na pós-colheita das frutas: Foi observada detecção automática de defeitos nas cascas de frutas cítricas, com base em uma estratégia de análise de imagem multivariada e uso de Análise de Componentes Principais (LÓPEZ-GARCÍA *et al.*, 2010). Sanches e Lino (2010) utilizaram a técnica de processamento de imagens para seleção e classificação de morangos, obtendo resultados promissores quanto a seleção, tamanho e formato. Em framboesa foi possível identificar a presença de pequenos insetos nos orifícios das frutas, que depreciam a vida pós-colheita (OKAMOTO *et al.*, 2013). A visão

computacional por imagens foi utilizada para selecionar e classificar mangas, da variedade ‘Palmer’, quanto ao calibre (peso/tamanho) e cor, substituindo a tomada de decisão humana, e obteve uma acurácia de 100% para a classificação por cor, e 78% para o calibre (MELO, 2015). O sistema de classificação automatizada não só acelera o tempo do processo, mas também minimiza o erro, por isso existe uma forte necessidade de desenvolvimento de métodos eficientes para classificação automatizada de mangas (COSTA, 2019).

Espectroscopia do visível/ infravermelho próximo

A espectroscopia é um ramo da física que lida com o estudo da radiação absorvida, refletida, emitida ou espalhada por uma substância. Existem tantos tipos de espectroscopia como existem tipos de radiações. Do ponto de vista histórico, o início da espectroscopia data do século 17, quando Isaac Newton observou que a luz do Sol continha todo o espectro visível. O termo “espectro” foi então empregado primeiramente por Newton nesta época (GARCIA SOLÉ; BAUSÁ; JAQUE, 2005).

O espectro eletromagnético cobre uma grande variedade de energias de fótons que poderia ser dividida em diferentes bandas, como ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, infravermelho próximo, visível, ultravioleta (UV), raio X, etc. As principais faixas de espectro que são utilizadas na avaliação da qualidade interna das frutas estão localizadas na banda do espectro da luz VIS (400-700 nm) e do NIR (700-2500 nm), a banda do espectro da luz UV é utilizada para desinfecção de frutas e bebidas de diferentes bactérias, vírus, etc. (SRIVASTAVA; SADISTAP, 2018).

A região do NIR foi a primeira faixa do espectro não visível a ser descoberta, sendo que o grande impulso da sua utilização aconteceu no ano de 1960, quando passou a ser utilizada para análise de produtos agroalimentares (NUNES, 2008). A

vantagem da espectroscopia NIR sobre a espectroscopia na faixa do visível é que esta alcança as camadas mais profundas, podendo assim ser aplicada diretamente à amostra sem qualquer preparação desta. A sua utilização na avaliação pós-colheita das frutas vem ganhando uma importância relevante, visto que nas últimas duas décadas essas técnicas têm fornecido resultados satisfatórios para estimar vários parâmetros de qualidade.

Esta radiação é uma das mais importantes para identificar compostos orgânicos e inorgânicos puros, porque com exceção de algumas moléculas homonucleares como o O₂, N₂ e Cl₂, todas as espécies moleculares absorvem radiação infravermelha (SKOOG; WEST; HOLLER, 1996). A intensidade de radiação, que é refletida da superfície da amostra e analisada em função de um comprimento de onda, é usualmente apresentada como espectro de absorvância. As mudanças no espectro, pelas mudanças na composição química (C-H, O-H, e N-H) que faz parte dos principais compostos (como água, açúcares, clorofilas, carotenoides, etc.), podem ser quantificadas (OSBORNE, 2006).

Quando se aplica uma radiação em uma fruta, a radiação incidente pode ser refletida, absorvida ou transmitida e a contribuição relativa de cada fenômeno depende da constituição química e dos parâmetros físicos da amostra (NICOLAÏ *et al.*, 2007). Como um fóton pode ser absorvido apenas se tiver a energia certa para excitar um dos estados vibracionais da molécula, cada molécula tem seu próprio espectro de absorção específico. Este fenômeno acaba conduzindo a uma complexidade dos espectros que, por apresentarem bandas largas resultantes de sobreposições de picos individuais, tornavam-os difíceis de ser interpretados por métodos estatísticos univariados. Portanto, técnicas quimiométricas avançadas são necessárias para extrair informações sobre as concentrações dos componentes principais destes espectros.

Dentre esses métodos, citam-se a Análise de Componentes Principais –

Principal Component Analysis (PCA) e o método dos Mínimos Quadrados Parciais – Partial Least Squares (PLS). Por meio destes modelos são estabelecidos os coeficientes que irão descrever a propriedade de interesse como função do dado espectral avaliado (PEIRS *et al.*, 2003). O desenvolvimento de novas tecnologias instrumentais, como por exemplo o aprendizado de máquina dentre outros, está tornando a tecnologia NIR uma das técnicas mais promissoras no campo das análises precisas e confiáveis, compatíveis com as técnicas clássicas de referência.

O procedimento típico é obter uma série de amostras de calibração e avaliar os dados espectrais, como também as características qualitativas de interesse, determinada por um (normalmente destrutivo) método referencial. Assim, para cada espécie ou variedade de fruta diferente é necessário realizar a calibração para obter maior acurácia dos dados obtidos. Para tanto, estes modelos devem-se basear em grandes conjuntos de dados para obter a maior representatividade possível. Assim, é necessário incluir frutas de diferentes pomares, épocas de colheita, sistemas de produção, entre outros.

A maior limitação da espectroscopia VIS/NIR, na análise de frutas, é a incapacidade de um modelo desenvolvido em um instrumento ser diretamente utilizado em outro, mesmo entre aparelhos do mesmo tipo (ALAMAR *et al.*, 2007). Outras desvantagens são a relativa complexidade dos métodos de construção e manutenção das calibrações (dependência de métodos quimiométricos) e, por fim, o custo elevado dos equipamentos.

Vários estudos são relatados na literatura utilizando sensores portáteis para avaliação de parâmetros das frutas, como por exemplo a avaliação não destrutiva do teor de açúcar em peras, em que os autores concluíram que a região espectral de 650-950 nm provou ser mais eficiente na determinação deste parâmetro, com um bom coeficiente de determinação para

predição (R^2P) de 0,85-0,92 e raiz quadrada média do erro de predição (RMSEP) de 0,27-0,20 para todos os conjuntos de dados avaliados (LI *et al.*, 2019), observações similares foram relatadas em kiwis (YANG *et al.*, 2019).

Os sensores portáteis geralmente realizam leitura espectral no modo de reflectância difusa, por transmitância ou outros, fato que confere maior versatilidade de aplicação destes equipamentos nos diferentes campos de pesquisa e industriais (BRAGA; MAGALHÃES, 2018), entretanto estes sensores podem utilizar softwares específicos no processamento de dados, limitando o seu uso e aplicação. Em mangas foram testados sensores que correlacionam o pico de absorção da clorofila, fornecendo índices que se correlacionam com o estágio de maturação das frutas de forma satisfatória (GOULART *et al.*, 2013; COSTA *et al.*, 2019).

Um estudo comparativo dos modos de refletância e transmitância da espectroscopia VIS/NIR foi utilizado na determinação de atributos de qualidade interna em frutas de romã. Os resultados indicaram que foi possível utilizar ambos os modos para desenvolver um sistema de determinação dos atributos internos da fruta, no entanto, os espectros do modo de refletância forneceram uma avaliação mais precisa de SS, pH e firmeza (KHODABAKHSHIAN *et al.*, 2019).

Imagens de áreas danificadas e intactas de mangas foram adquiridas na faixa de 650-1100 nm (VIS/NIR) usando um sistema de visão hiperespectral por computador. E técnicas de aprendizagem de máquina (machine learning) foram usadas para selecionar os comprimentos de onda mais discriminantes para distinguir e classificar as duas zonas. Uma taxa de 97,9% de classificação correta de pixels foi alcançada no terceiro dia após o dano ter sido causado usando o algoritmo k-vizinhos mais próximos quando considerada toda a faixa espectral, enquanto o valor caiu para 91,4% quando apenas as bandas mais discriminantes foram usadas (VÉLEZ-RIVERA *et al.*, 2014).

A gama de publicações encontradas em periódicos conceituados demonstra que esta técnica vem sendo muito estudada e difundida no meio científico. No meio industrial, são encontradas máquinas classificadoras que se baseiam em sensores que empregam a espectroscopia na predição da composição química (teor de açúcar, presença de toxinas) e/ou outros parâmetros de medição relacionados com a maturação e qualidade das frutas.

Espectroscopia da fluorescência

Nos organismos fotossintetizantes, o maior composto fluorescente é representado pela clorofila-*a*, sendo que esta absorve a radiação eletromagnética em um grande intervalo espectral que compreende do UV ao infravermelho, e emite a fluorescência em torno de 680 nm e na região do infra-vermelho próximo. A maior parte da luz absorvida pela clorofila é utilizada para os processos fotossintéticos, enquanto uma pequena quantidade (1%-2%) é dissipada como fluorescência, que é reemitida dentro de um tempo muito curto (aproximadamente 9 a 10 segundos) e em um comprimento de onda maior do que o envolvido nos processos de absorção (685-750 nm) (GUIDETTI; MIGNANI; OBERTI, 1998).

Desse modo é possível medir a fluorescência da clorofila também em frutas com a casca muito pigmentada, escolhendo o comprimento de onda de excitação que melhor penetra no extrato superficial (AGATI *et al.*, 2005). As clorofilas são os principais fluoróforos nos tecidos vegetais, cujas atividades fotossintéticas são sensíveis a fatores de estresse, como baixa temperatura e calor excessivo. Consequentemente, fluorescência da clorofila é uma ferramenta potencial para detectar danos por queimaduras solares, como os que ocorrem na superfície de maçãs (DE ELL *et al.*, 1996).

Esta técnica baseia-se na avaliação da atividade fotossintética das frutas em condições de estresse por meio da medição

da cinética de indução da fluorescência, que ocorre durante a transição de escuro para a luz (efeito Kautsky). É medida por fluorímetros de amplitude modulada – pulse amplitude modulated (PAM), e este requer uma adaptação ao escuro das amostras limitando a sua utilidade prática, especialmente para aplicações de campo. A medição da fluorescência no estado escuro (F_0) foi sugerida para avaliar a acumulação não invasiva de açúcar nas bagas de uva durante a maturação (KOLB *et al.*, 2006).

Entretanto, uma evolução desta metodologia baseou-se na seleção de comprimentos de onda de excitação de fluorescência da clorofila, utilizada para avaliar a absorção de luz UV por compostos na epiderme das folhas, sendo aplicada na mensuração não destrutiva de antocianinas em azeitonas e bagas de uvas (AGATI *et al.*, 2005, 2007); flavonoides, antocianinas e clorofilas em maçãs (BETEMPS *et al.*, 2012). Esta metodologia representa um modo de utilização diferente da fluorescência clorofila em relação à técnica PAM, pois não necessita submeter a amostra a um período no escuro para o procedimento da leitura.

Tecnologias eletromagnéticas

Ressonância Magnética Nuclear

A Ressonância Magnética Nuclear (RMN) é uma técnica que explora as propriedades magnéticas dos núcleos atômicos das substâncias para investigar suas características físicas e químicas. É usada na determinação estrutural de compostos orgânicos e inorgânicos; na quantificação e medida de difusividade da água em sistemas heterogêneos, como alimentos e outros sistemas biológicos; na geração de imagens tomográficas de maneira não destrutiva, não invasiva, atuando em diferentes áreas desde a medicina até a alimentar. É conhecida como uma ferramenta para descrever as propriedades físicas da água em materiais biológicos. A ressonância magnética pode fornecer imagens de alta resolução de estruturas internas de frutas intactas, mas

a velocidade de medição é baixa (CLARK *et al.*, 1997).

Em frutas, os dados de RMN em uvas 'Itália' foram analisados com métodos quimiométricos, como análises de componentes principais e regressão por mínimos quadrados parciais, e demonstraram que têm alta correlação com brix e umidade e pouca ou nenhuma correlação com pH e firmeza (RIBEIRO, 2008). Em detecção de caroços em frutas (LAKSHMI *et al.*, 2017), Razavi *et al.* (2018) utilizaram a técnica para classificar peras danificadas pelo impacto mecânico e compressão, ocorridos ao longo do armazenamento.

Tecnologias dinâmicas

Raio X

O raio X situa-se entre os raios gama e raios UVs, em um comprimento de onda no intervalo de 0,01-10 nm. A avaliação da maturação, a presença de danos internos provenientes de congelamento, escurecimento interno, presença de caroços, partículas estranhas e insetos podem ser analisados por esta técnica. Por meio de imagens, a densidade e as alterações no conteúdo de água podem indicar transformações e, assim, prever a qualidade interna das frutas. Radiografia de raios X produz imagens bidimensionais (2D) enquanto a tomografia produz imagens tridimensionais (3D).

Pela profundidade alcançada, a imagem de raios X é adequada para detectar defeitos internos em maçãs, como 'Pingo de mel', escurecimento interno, quaisquer mudanças que envolvem alterações na densidade do tecido decorrentes do acúmulo ou dissipação de água, ou a presença de vazios internos (LU; LU, 2017). Yang *et al.* (2006) examinaram cavidades internas provenientes de presença de insetos (*Bactrocera dorsalis*) em maçã, pera, pêssego, tomate cereja e laranja por meio de imagens de raios X. Jarolmasjed *et al.* (2016) relataram o uso de imagens tridimensionais para detecção de bitter pit em maçãs 'Honeycrisp'.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversas tecnologias estão disponíveis para a utilização na avaliação da maturação das frutas, seja no campo seja na pós-colheita. Adequar a técnica que seja mais eficiente para os diferentes parâmetros avaliados, além de associar várias técnicas em um único equipamento ou sensor é o grande desafio do seu uso de forma comercial. Somado a isto, o uso das técnicas não destrutivas necessita de modelos de calibração e validação específicos e métodos quimiométricos (estatísticos) para a correta predição dos parâmetros avaliados. Sendo assim, várias áreas de conhecimento necessitam atuar juntas para a eficiência de sua utilização. Faz-se menção também que o elevado custo da adoção destas tecnologias ainda é uma grande limitação quanto ao seu uso.

REFERÊNCIAS

AGATI, G. *et al.* Assessment of anthocyanins in grape (*Vitis vinifera* L.) berries using a noninvasive chlorophyll fluorescence method. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.55, n.4, p.1053-1061, Feb. 2007.

AGATI, G. *et al.* Nondestructive evaluation of anthocyanins in olive (*Olea europaea*) fruits by in situ chlorophyll fluorescence Spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.53, n.5, p.1354-1363, Mar. 2005.

ALAMAR, M.C. *et al.* Calibration transfer between NIR diode array and FT-NIR spectrophotometers for measuring the soluble solids contents of apple. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.45, n.1, p.38-45, July 2007.

BEAN, R.C.; RASOR, J.P.; PORTER, G.G. Changes in electrical characteristics of avocados during ripening. **California Avocado Society**. Yearbook, v.44, p.75-78, 1960.

BETEMPS, D.L. *et al.* Non-destructive evaluation of ripening and quality traits in apples using a multiparametric fluorescence sensor. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.92, n.9, p.1855-1864, July 2012.

BRAGA, J.W.B.; MAGALHÃES, L. de O. Equipamentos portáteis de espectrometria no infravermelho próximo. In: TIBOLA, C.S. *et al.* (ed.). **Espectroscopia no infravermelho próximo para avaliar indicadores de qualidade tecnológica e contaminantes em grãos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. cap.9, p.159-176.

CAMARGOS, J.A.A.; GONÇALEZ, J.C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, Brasília, DF, n.71, p.30-41, set. 2001.

CLARK, C.J. *et al.* Application of magnetic resonance imaging to pre- and post-harvest studies of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.11, n.1, p.1-21, May 1997.

COSTA, J.D. de S. **Métodos não destrutivos na avaliação da maturação de mangas 'Palmer' e simulação de danos decorrentes do transporte**. 2019. 106f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, 2019.

COSTA, J.D. de S. *et al.* Maturação de mangas 'Palmer' e 'Tommy Atkins' avaliadas por espectroscopia baseada no índice DA. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v.20, n.1, 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81359562003>. Acesso em: 14 set. 2020.

DE ELL, J.R. *et al.* Applications of chlorophyll fluorescence techniques in postharvest physiology. **Horticultural Reviews**, New York, v.23, p.69-107, Dec. 1999.

ERICKSON, L.C.; PORTER G.G. Correlations between cuticle wax and oil in avocados. **California Avocado Society**, Yearbook, v.50, p.121, 1966.

ERNEST, J.V. *et al.* Evaluation of light transmittance techniques for maturity measurements of the purple plum (*Italian prune*). **Food Technology**, Chicago, v.12, n.42, 1958.

GARCIA SOLÉ, J.; BAUSÁ, L.E.; JAQUE, D. **An introduction to the optical spectroscopy of inorganic solids**. Chichester: John Wiley & Sons, 2005. 304p.

GOULART, C. *et al.* Evolução do índice DA e coloração da epiderme de mangas da cul-

- tivar Tommy Atkins. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v.14, n.1, p.8-13, 2013.
- GUIDETTI, R.; MIGNANI, I.; OBERTI, R. Analisi dell'immagine per la valutazione della qualità dei frutti: misura dell'intensità di fluorescenza come indicatore del grado di maturazione. **Italus Hortus**, Firenze, p.23-26, 1998. Número especial.
- JAROLMASJED, S. *et al.* Postharvest bitter pit detection and progression evaluation in 'Honeycrisp' apples using computed tomography images. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.118, p.35-42, Aug. 2016.
- KHODABAKHSHIAN, R. *et al.* A comparative study of reflectance and transmittance modes of Vis/NIR spectroscopy used in determining internal quality attributes in pomegranate fruits. **Journal of Food Measurement and Characterization**, Columbia, v.13, p.3130-3139, Aug. 2019.
- KOLB, C.A. *et al.* Noninvasive evaluation of the degree of ripeness in grape berries (*Vitis vinifera* L. cv. Bacchus and Silvaner) by chlorophyll fluorescence. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.54, n.2, p.299-305, Jan. 2006.
- LAKSHMI, S. *et al.* Non-destructive quality monitoring of fresh fruits and vegetables. **Defence Life Science Journal**, Delhi, v.2, n.2, p.103-110, Apr. 2017.
- LI, J. *et al.* Comparison and optimization of models for determination of sugar content in pear by portable Vis-NIR spectroscopy coupled with wavelength selection algorithm. **Food Analytical Methods**, New York, v.12, n.1, p.12-22, Jan. 2019.
- LÓPEZ-GARCÍA, F. *et al.* Automatic detection of skin defects in citrus fruits using a multivariate image analysis approach. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.71, n.2, p.189-197, May 2010.
- LU, Y.; LU, R. Non-destructive defect detection of apples by spectroscopic and imaging technologies: a review. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St. Joseph, v.60, n.5, p.1765-1790, 2017.
- LYSIAK, G. *et al.* Apple skin colour changes during harvest as an indicator of maturity. **Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus**, Lublin, v.13, n.3, p.71-83, Jan. 2014.
- MELO, G.R. de. **Automação do processo de classificação de manga (*Mangifera indica* Linn) cv. Palmer por meio dos descritores cor e calibre**. 2015. 81f. Tese (Doutorado em Biometria e Estatística Aplicada) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.
- NICOLAÏ, B.M. *et al.* Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.46, n.2, p.99-118, Nov. 2007.
- NUNES, P.G.A. **Uma nova técnica para seleção de variáveis em calibração multivariada aplica à espectrometrias UV-VIS e NIR**. 2008. 106f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.
- OKAMOTO, H. *et al.* Machine vision for detecting insects in hole of raspberry fruit. **IFAC Proceedings**, v.46, n.4, p.350-354, 2013.
- OSBORNE, B.G. Near-infrared spectroscopy in food analysis. In: **ENCYCLOPEDIA of Analytical Chemistry, Theory and Instrumentation**. North Ryde, Austrália: John Wiley & Sons, 2006.
- PEIRS, A. *et al.* Effect of biological variability on the robustness of NIR models for soluble solids content of apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.28, n.2, p.269-280, May 2003.
- RAZAVI, M.S. *et al.* Analyzing the pear bruised volume after static loading by magnetic resonance imaging (MRI). **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v.229, p.33-39, Feb. 2018.
- RIBEIRO, F.Z. **Avaliação da qualidade de frutas por ressonância magnética nuclear em baixa resolução**. 2008. 86f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- SALDAÑA, E. *et al.* Review: computer vision applied to the inspection and quality control of fruits and vegetables. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v.16, n.4, p.254-272, Oct./Dec. 2013.
- SANCHEZ, J.; LINO, A.C.L. **Uso de imagem digital para seleção e classificação de frutas e hortaliças**. [S.l.]: Infobibos, 2010. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2010_1/imagem/index.htm. Acesso em: 14 set. 2020.
- SHEEJA, P.S.; GOKUL, A.J.A. Nondestructive quality evaluation for fruits and vegetables. **International Journal of Modern Trends in Engineering and Research**, Chhat-tisgarh, v.3, n.8, Aug. 2016.
- SKOOG, D.A.; WEST, D.M.; HOLLER F.J. **Fundamentals of analytical chemistry**. 7th ed. [Stamford]: Thomson Learning Brooks/Cole, 1996. 870p.
- SONKA, M.; HLAVAC, V.; BOYLE, R. **Image processing, analysis and machine vision**. 2nd ed. Pacific Grove: Brooks/Cole Publishing Company, 1999. 770p.
- SRIVASTAVA, S.; SADISTAP, S. Non-destructive sensing methods for quality assessment of on-tree fruits: a review. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v.12, n.1, p.497-526, Mar. 2018.
- VÉLEZ-RIVERA, N. *et al.* Computer vision system applied to classification of "Manila" mangoes during ripening process. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v.7, n.4, p.1183-1194, Apr. 2014.
- WILSON, A.D.; BAIETTO, M. Applications and advances in electronic-nose technologies. **Sensors**, v.9, n.7, p.5099-5148, July 2009.
- YANG, B. *et al.* Portable, visual, and non-destructive detector integrating Vis/NIR spectrometer for sugar content of kiwifruits. **Journal of Food Process Engineering**, v.42, n.2, Apr. 2019.
- YANG, E. *et al.* Non-destructive quarantine technique: potential application of using X-ray images to detect early infestations caused by oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*) (Diptera: Tephritidae) in fruit. **Formosan Entomologist**, Taiwan, v.26, p.171-186, 2006.

Pós-colheita de frutas

Ariane Castricini¹, Renata Vieira da Mota², Emerson Dias Gonçalves³, Maristella Martineli⁴

Resumo - Frutos climatéricos são os que amadurecem após a colheita, apresentando aumento da atividade respiratória e da produção de etileno. Os frutos não climatéricos, por outro lado, precisam estar ligados à planta-mãe para completar a fase de amadurecimento. Nos dois casos, porém, as modificações físicas, químicas e sensoriais que acontecem nessa fase os tornam aptos ao consumo, mas também aumentam a perecibilidade e evolui para a senescência. Condições impróprias de manuseio e armazenamento, assim como injúrias mecânicas e inadequado ponto de colheita favorecem as perdas, sejam qualitativas sejam quantitativas. A intervenção na fisiologia de frutos climatéricos por meio de técnicas adequadas a cada espécie pode desacelerar o metabolismo do amadurecimento, aumentando o período de conservação, enquanto o acompanhamento adequado do amadurecimento dos frutos não climatéricos contribui para a determinação do ponto de colheita, visando qualidade sensorial e conservação. O processamento é uma alternativa de agregação de valor e aumento de vida de prateleira, voltado ao aproveitamento de frutos sadios, porém inaptos para comercialização *in natura*, seja por estarem em estágio mais avançado de maturação, seja por não apresentarem padrão comercial.

Palavras-chave: Padrão respiratório. Etileno. Maturação. Qualidade. Conservação.

Post-harvest of fruits

Abstract - Climacteric fruits are those that ripen after harvesting, with increased respiratory activity and ethylene production. Non-climacteric fruits, on the other hand, need to be linked to the mother plant to complete the ripening phase. In both cases, however, the physical, chemical and sensory changes that take place at this stage make them suitable for consumption, but they also increase perishability and evolve to senescence. Inadequate handling and storage conditions, as well as mechanical injuries and inadequate harvesting point, favor losses, whether qualitative or quantitative. Intervention in the physiology of climacteric fruits through appropriate techniques for each species can slow down the ripening metabolism, increasing the conservation period, while the adequate monitoring of the ripening of non-climacteric fruits contributes to the determination of the harvest point aiming at sensorial quality and conservation. Processing is an alternative to add value and increase shelf life, aimed at the use of healthy fruits, but unfit for commercialization *in natura*, either because they are in a more advanced stage of maturation or because they do not meet commercial standards.

Keywords: Respiratory activity. Ethylene. Ripening. Quality. Conservation.

INTRODUÇÃO

A definição de frutos corresponde ao produto do desenvolvimento das flores ou inflorescências das angiospermas, com a função de proteger as sementes e auxiliar na sua dispersão. Podem ser carnosos ou secos. O termo fruta é uma denominação popular e comercial, sem significado bo-

tânico, às partes comestíveis, geralmente suculentas e adocicadas. Dessa forma, frutos como tomate e jiló, por exemplo, não são considerados frutas; enquanto pseudofrutos, como abacaxi, morango, maçã, são comercializados como frutas. Neste artigo, o termo fruto inclui também os pseudofrutos.

A maturação é a fase de desenvolvimento dos frutos que os torna atrativos e aptos ao consumo. É nesta fase que ocorrem importantes transformações, como desenvolvimento das sementes, alteração na taxa respiratória, formação de ceras na casca e mudanças na cor, textura, sabor e aroma. O amadurecimento corresponde

¹ Eng. Agrônoma, D.Sc. Fitotecnia, Pesq. EPAMIG Norte, Nova Porteirinha, MG, ariane@epamig.br.

² Eng. Agrônoma, D.Sc. Ciência dos Alimentos, Pesq. EPAMIG Sul-CECD, Caldas, MG, rvmota@epamig.br.

³ Eng. Agrônomo, D.Sc. Fitotecnia, Pesq. EPAMIG Sul-CEMF, Maria da Fé, MG, emerson@epamig.br.

⁴ Eng. Agrônoma, D.Sc. Ciência de Alimentos, Prof^a UNIMONTES, Janaúba, MG, maristella.martineli@unimontes.br.

à fase final da maturação que precede a senescência.

Os processos de síntese e degradação de compostos durante o amadurecimento culminam em modificações que tornam os frutos palatáveis, com sabor, textura, aroma e cor característicos de cada espécie. Em geral ocorre aumento da doçura e do aroma característico de um fruto maduro, redução da firmeza, perda da coloração verde da casca e mudanças na cor. Entretanto, essas modificações aumentam a perecibilidade e, a depender da fragilidade do fruto e da condição de armazenamento, pode reduzir o tempo de conservação e a qualidade. A senescência é um processo natural que ocorre após o amadurecimento dos frutos, levando à morte dos tecidos (CHITARRA; CHITARRA, 2006).

O amadurecimento pode ocorrer antes ou após a colheita, dependendo do padrão respiratório dos frutos. Frutos como abacate, banana, manga, mamão, pera, pêssigo, tomate e ameixa apresentam aumento da atividade respiratória e da produção autocatalítica do fitormônio etileno após a colheita. Frutos com este padrão respiratório são classificados como climatéricos e podem ser colhidos ao atingir a maturação fisiológica, pois completam seu amadurecimento separados da planta-mãe. Frutos como uva, limão, laranja, abacaxi, morango e cereja, por outro lado, não apresentam aumento na taxa respiratória e na produção de etileno. A respiração geralmente apresenta decréscimo gradual. São classificados como não climatéricos e devem estar ligados à planta-mãe para completar o amadurecimento (BRON; JACOMINO, 2007).

O conhecimento da classificação do fruto conforme seu padrão respiratório é importante para definir o ponto ideal de colheita e, conseqüentemente, sua qualidade e capacidade de conservação.

Além da própria fisiologia do fruto, fatores como manejo da irrigação, nutrição, sanidade, genótipo podem interferir na dinâmica do amadurecimento de frutos como mamão e banana, típicos climatéricos. Da mesma forma, o manuseio e o armazena-

mento inadequados, injúrias mecânicas e até mesmo o ponto de colheita precoce ou tardio interferem na qualidade final, promovendo consideráveis perdas qualitativas e/ou quantitativas.

Após a colheita, a qualidade pode ser mantida por meio de técnicas que visam desacelerar o metabolismo do amadurecimento pelo tempo necessário ao transporte e à comercialização final. No entanto, é imprescindível a escolha da técnica adequada para cada tipo de fruta. Neste sentido, o uso da refrigeração, atmosfera modificada, atmosfera controlada, absorvedores de etileno, são exemplos de técnicas que podem interferir positivamente na fisiologia pós-colheita, aumentando o período de conservação da fruta in natura.

O processamento, ou seja, a transformação das frutas em doces, geleias, polpas, sucos, etc. apresenta-se como alternativa que agrega valor e contribui com a redução de perdas pela utilização das frutas sadias, mas não apropriadas à comercialização in natura. Dessa forma disponibiliza-se o produto na entressafra, possibilitando maiores períodos de conservação, além de envio a mercados distantes.

Este artigo apresenta informações sobre a fisiologia pós-colheita das frutas, assim como os fatores que interferem no amadurecimento e conservação e técnicas de manutenção da qualidade in natura ou via processamento.

FISIOLOGIA DO AMADURECIMENTO

Frutos climatéricos

O comportamento climatérico, com aumento da atividade respiratória de mamão 'Tainung 1' e banana 'Prata-Anã' clone Gorutuba, durante os dias após a colheita, pode ser observado nos Gráficos 1A e 1B, respectivamente, que evidenciam as fases pré-climatérica, climatérica e pós-climatérica. Na fase pré-climatérica ocorrem os menores valores de atividade respiratória, com posterior aumento brusco durante o climatérico e na fase pós-climatérica. O pico de respiração climatérica ocorreu no

quarto dia após a colheita para o mamão e no sétimo dia para a banana. Embora o aumento da respiração climatérica seja um evento normal após a colheita dos frutos climatéricos, a antecipação ou adiamento do pico e, conseqüentemente, da senescência, pode ocorrer em função da temperatura de armazenamento, injúrias mecânicas, atmosfera modificada ou controlada.

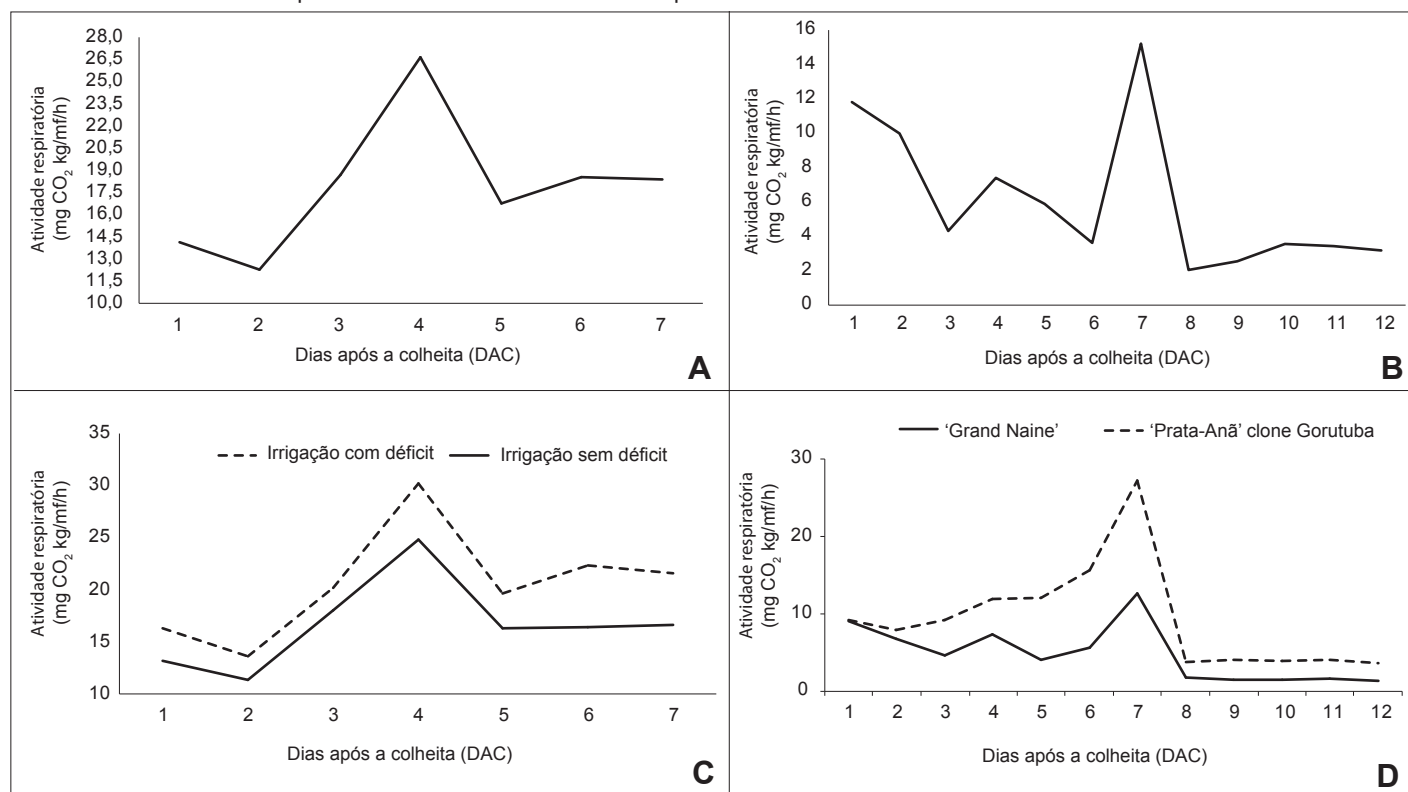
As condições de cultivo e/ou o genótipo podem conferir distintas respostas, influenciando no padrão respiratório e, conseqüentemente, na dinâmica do amadurecimento. As distintas tendências observadas em mamão 'Tainung 1', produzido sob manejo da irrigação com regulação do nível de déficit, e de bananas 'Grand Naine' e 'Prata-Anã' clone Gorutuba, produzidas sem déficit, em condição semiárida no Norte de Minas Gerais, são apresentadas nos Gráficos 1C e 1D, respectivamente. Frutos com maior atividade respiratória, como os mamões produzidos sob irrigação com déficit hídrico (50% da ETc) e a banana 'Prata-Anã' clone Gorutuba, mesmo cultivada sem déficit, provavelmente terão o amadurecimento mais acelerado, com maior transpiração, e podem ter a vida útil pós-colheita reduzida. A taxa de respiração dos produtos é um excelente indicador da atividade metabólica do tecido e, portanto, constitui um guia útil para determinar o potencial de armazenamento de um produto específico (WILLS; GOLDING, 2016).

Modificações pós-colheita

Após a colheita das frutas climatéricas fisiologicamente desenvolvidas, as modificações de cor da casca e da polpa, aroma e sabor característicos de cada espécie, firmeza, perda de massa fresca, entre outras, que são comuns do amadurecimento, as tornam aptas ao consumo, mas também culminam na senescência.

Em geral, a mudança da cor da casca do verde para o vermelho, alaranjado ou amarelo, a depender da fruta, é a característica mais notável durante o amadurecimento e influencia a escolha da fruta pelo consumidor. A perda da cor verde é resultado

Gráfico 1 - Atividade respiratória de frutas climatéricas após a colheita



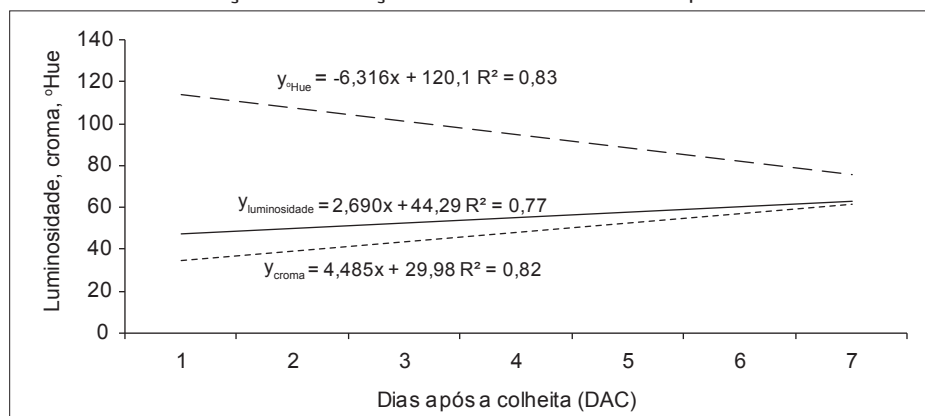
Fonte: Elaboração da autora Ariane Castricini.

Nota: A - Mamão 'Tainung 1'; B - Banana 'Prata-Anã' clone Gorutuba; C - Mamão produzido com e sem déficit hídrico; D - Banana 'Grand Naine' e 'Prata-Anã' clone Gorutuba, produzidas sem déficit hídrico.

da degradação da clorofila e da síntese de pigmentos, principalmente carotenoides e antocianinas (TUCKER, 1993). O aumento da atividade das enzimas clorofilases, responsáveis pela degradação da clorofila, assim como a indução da síntese de novas enzimas, responsáveis pela biossíntese de carotenoides, são eventos promovidos pelo etileno (WILLS *et al.*, 1999).

A colorimetria é uma técnica que auxilia na caracterização da mudança da coloração dos frutos. É expressa por meio do ângulo Hue, assim como as variações do croma e luminosidade. Durante sete dias após a colheita, a dinâmica da mudança da cor da casca de mamões 'Tainung 1' foi aferida por colorimetria (Gráfico 2), ocorrendo redução do ângulo Hue, que neste caso indica a perda da cor verde para o alaranjado. O croma e a luminosidade aumentaram, indicando ampliação da saturação de pigmentos e clareamento da cor (tons alaranjados são mais claros que o ver-

Gráfico 2 - Mudança na coloração da casca do mamão após a colheita



Fonte: Elaboração da autora Ariane Castricini.

de), respectivamente. Segundo Jiménez; Mora-Newcomer; Gutiérrez-Soto (2014), a mudança na coloração da casca do mamão é uma consequência das mudanças no conteúdo dos pigmentos totais, como as clorofilas a e b e carotenoides, que são degradados e sintetizados, respectivamente, durante o processo de amadurecimento.

Os sabores e aromas de cada fruta vão-se tornando característicos à medida que esta amadurece, conferindo atratividade e doçura. As modificações nos teores de carboidratos, de ácidos orgânicos e de compostos fenólicos são relacionadas com o sabor, e os compostos voláteis são responsáveis pelo aroma.

Os carboidratos são os componentes químicos mais abundantes nos tecidos vegetais, funcionando como material de reserva energética ou como material estrutural dos tecidos. São compostos basicamente de C, H e O, ocorrendo como açúcares simples ou altamente polimerizados. Os carboidratos simples, como glicose, frutose e sacarose, têm importante papel na doçura dos frutos e variam de acordo com a espécie ou cultivar. Com a evolução da maturação, há aumento da concentração de açúcares simples até o completo amadurecimento, com declínio posterior em função de sua utilização como fonte de energia (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Em frutos climatéricos ricos em amido, como a banana, o acúmulo de açúcares está relacionado com a degradação do amido e ocorre por atividade da enzima sacarose fosfato sintase (CORDENUNSI; LAJOLLO, 1995). Mota, Lajolo e Cordenunsi (1997) avaliaram a degradação do amido e acúmulo de açúcares em diferentes cultivares de bananas. Os açúcares redutores (glicose e frutose) mantiveram-se proporcionais entre si em todas as cultivares avaliadas, com teores variando entre 2% e 3%. As cultivares diferenciaram-se pelo teor final de sacarose no fruto maduro, com teores de 16% na 'Prata Comum', 15% na 'Nanica', 14% na 'Nanicão', 12% na 'Ouro Colatina', 9% na 'Prata-Anã' e apenas 5% na 'Mysore'.

Aquino *et al.* (2016) quantificaram os teores de carboidratos, compostos fenólicos e a atividade antioxidante na polpa e na casca de bananas de 15 cultivares, em dois estádios de maturação (pré-climatérico e após o amadurecimento). Esses autores concluíram que a cultivar, bem como o estádio de maturação, influenciou todas as características avaliadas e que os frutos das cultivares Terrinha, Marmelo, Maçã, Ouro e Caru-Verde destacam-se quanto aos maiores teores de carboidratos, compostos fenólicos e/ou ação antioxidante.

Após a colheita e durante o armazenamento, a concentração dos ácidos orgânicos nos frutos usualmente declina, em decorrência de sua utilização como substrato na respiração ou da sua transformação em

açúcares. Tais transformações têm papel importante nas características de sabor (acidez) e do aroma, uma vez que alguns compostos são voláteis (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em bananas, no entanto, ocorre elevação da acidez durante o amadurecimento, marcada pela redução do pH e concomitante aumento da acidez titulável. Frutos das cultivares Tropical, Thap Maeo e Caipira tiveram redução da firmeza da polpa e do pH e aumento da acidez titulável, açúcares totais, redutores e não redutores (CARVALHO *et al.*, 2011).

Compostos fenólicos caracterizam-se por ter um anel benzênico, um grupamento carboxílico e um ou mais grupamentos de hidroxila e/ou metoxila na molécula, conferindo propriedades antioxidantes tanto para os alimentos como para o organismo (SOARES, 2002). Segundo Castañeda-Ovando *et al.* (2009), esses fitoquímicos podem contribuir para o amargor, adstringência, cor, sabor, odor e estabilidade oxidativa. A composição dos compostos fenólicos pode variar em razão da espécie, cultivar, estádio de maturação, condições climáticas e até mesmo das condições de armazenamento dos frutos (MELO *et al.*, 2008). O poder adstringente dos fenólicos é reduzido com a evolução da maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A redução da firmeza e a perda de massa fresca são eventos comuns durante o amadurecimento e estão relacionados com a preferência de compra pelos consumidores. Frutas amolecidas e com aspecto desidratado são rejeitadas pelo comprometimento da aparência. Segundo Ben-Yehoshua e Rodov (2003), a maioria das commodities torna-se não comercializável como produto fresco após perder 3% a 10% do seu peso. O amolecimento ocorre por mudanças na estrutura da pectina, hemicelulose e celulose, responsáveis pelas alterações da estrutura da parede celular (PAULL; GROSS; QIU, 1999). Por complexidade dessa estrutura, um conjunto de enzimas é responsável pela hidrólise da parede celular, o que resulta no amaciamento dos frutos (PINTO *et al.*, 2013).

A manutenção da firmeza e a redução da perda de massa fresca durante o amadurecimento são importantes na manutenção da qualidade, pois geralmente estas características estão correlacionadas, conforme verificado em mamões por Figueiredo Neto *et al.* (2013). Esses autores observaram aumento no porcentual de perda de massa concomitantemente com redução na firmeza da polpa dos frutos. Além disso, a perda de massa fresca resulta em menor turgidez celular e contribui para menor firmeza da polpa.

Frutos não climatéricos

Os frutos não climatéricos normalmente iniciam a fase de senescência logo após a colheita, por isso apresentam curto período de comercialização pós-colheita e devem ser mantidos, de preferência, sob refrigeração para reduzir a transpiração e perda de umidade.

As modificações mencionadas ocorrem no período pós-colheita para frutos climatéricos e durante o amadurecimento dos frutos não climatéricos enquanto ligados à planta-mãe, e por isso sofrem influência direta do ambiente e manejo.

Os fatores que influenciam o amadurecimento podem ser:

- a) permanentes: são os constantes, que não variam entre as safras e contribuem para o terroir local, ou seja, a região, o solo, a variedade, o porta-enxerto (quando necessário);
- b) variáveis: são os que não estão sujeitos à vontade do homem e estão relacionados com o clima anual. Estabelecem o ritmo do ciclo vegetativo da planta e constituem a temperatura, luz e umidade;
- c) modificáveis: referem-se às práticas culturais, como poda, adubação, irrigação;
- d) acidentais: incidência de doenças e alterações climáticas, como geadas, granizo, seca.

Dessa forma, não existe uma data fixa de colheita, sendo necessário acompanhar, a cada safra, o período de amadurecimento

dos frutos para definir o momento mais adequado para a colheita.

Acompanhamento da maturação

Depois de todo o cuidado com o manejo, a etapa decisiva para a obtenção da matéria-prima de qualidade é a determinação da data da colheita. A colheita de frutos imaturos, ou demasiadamente maduros (sobrematuração), pode prejudicar todo o trabalho dedicado à safra. O ideal é acompanhar a fase final de maturação com avaliações do teor de açúcar, de acidez, de coloração e, no caso de alguns frutos como uvas para elaboração de vinhos tintos, da composição fenólica. São análises relativamente simples, que podem ser realizadas em laboratórios especializados ou na propriedade por pessoas devidamente treinadas.

É preciso trabalhar sempre com talhões homogêneos, respeitando condições de manejo, cultivar e características do solo. Alguns frutos como as uvas, por exemplo, não amadurecem de forma homogênea. Em um mesmo cacho é possível encontrar frutos em início de senescência e frutos que ainda não completaram a maturação. Por isso, a amostragem deve garantir a coleta de frutos em todos os estádios de maturação. A amostragem deve ser realizada em diferentes posições da planta ou mesmo do cacho, no caso de uvas, garantindo a coleta de frutos sombreados e em pleno sol.

A avaliação do teor de açúcar é feita com o auxílio de um refratômetro portátil que pode ser analógico ou digital. O resultado é expresso em °Brix, que representa o teor de sacarose em g por 100 g de solução. Pela praticidade do método, a avaliação do teor de açúcar pode ser feita individualmente, por fruto coletado, ou o que é mais recomendado, pelo suco extraído da unidade amostral.

O teor de acidez total é determinado por titulação do suco diluído em água destilada. Para a titulação são necessários uma bureta de 10 mL com suporte, erlenmeyer, béquer, proveta de 50 mL, pipeta de 5 mL, solução alcoólica de fenolftaleína 1%, solução de hidróxido de sódio 0,1N e água destilada (Fig.1).

Para a determinação de acidez, colocar no erlenmeyer 45 mL de água destilada e 5 mL de suco. Adicionar 3 gotas da solução de fenolftaleína. Titular com a solução de hidróxido de sódio até o aparecimento da cor rosa ou pH 8,2. A leitura do volume gasto é feita na parte inferior do menisco formado na bureta. O teor de acidez é dado pela Fórmula 1.

$$\text{Acidez total (meq/L)} = \frac{(n \times 0,1 \times 1 \times 1000)}{V} \quad (1)$$

em que:

n = volume gasto de hidróxido de sódio;

V = volume da amostra.

O resultado é expresso em meq/L. Para ter o resultado em g/L, precisa saber

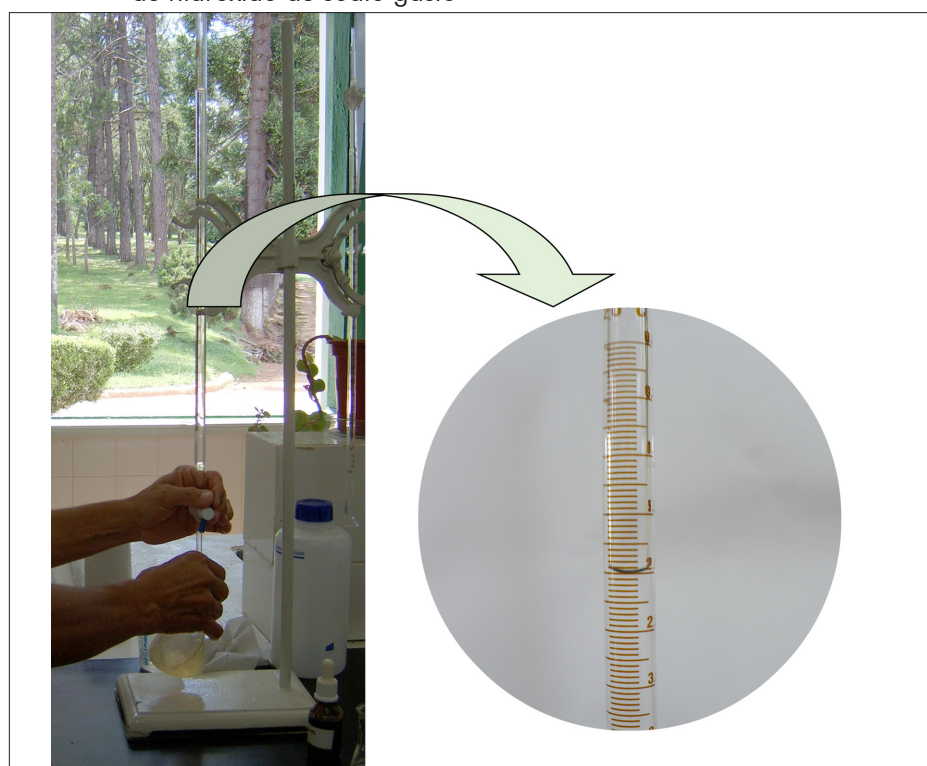
qual é o ácido predominante na fruta e multiplicar o valor obtido em meq/L pelo fator de conversão do ácido correspondente conforme Quadro 1.

No caso de frutos destinados ao processamento, também é importante conhecer o valor do pH. O pH também é determinado no suco integral com pHmetro calibrado com tampões pH 4,0 e 7,0 por causa do caráter ácido dos frutos.

A cor também é fator muito importante na determinação do ponto de colheita, tanto dos frutos climatéricos quanto dos não climatéricos.

O estágio de maturação, cor, tamanho, incidência de danos mecânicos ou fisiológicos, aparência, entre outros, compõem as normas de classificação de várias frutas

Figura 1 - Titulação do suco com detalhe da bureta com a indicação do volume de hidróxido de sódio gasto



Fotos: Renata Vieira da Moita

Quadro 1 - Conversão de alguns ácidos de meq/L para g/L

Ácido	Fator	Fruta
Tartárico	0,075	Uva
Málico	0,067	Maçã, banana, cereja, melão
Cítrico	0,064	Laranja, pera, abacaxi, tomate, ameixa

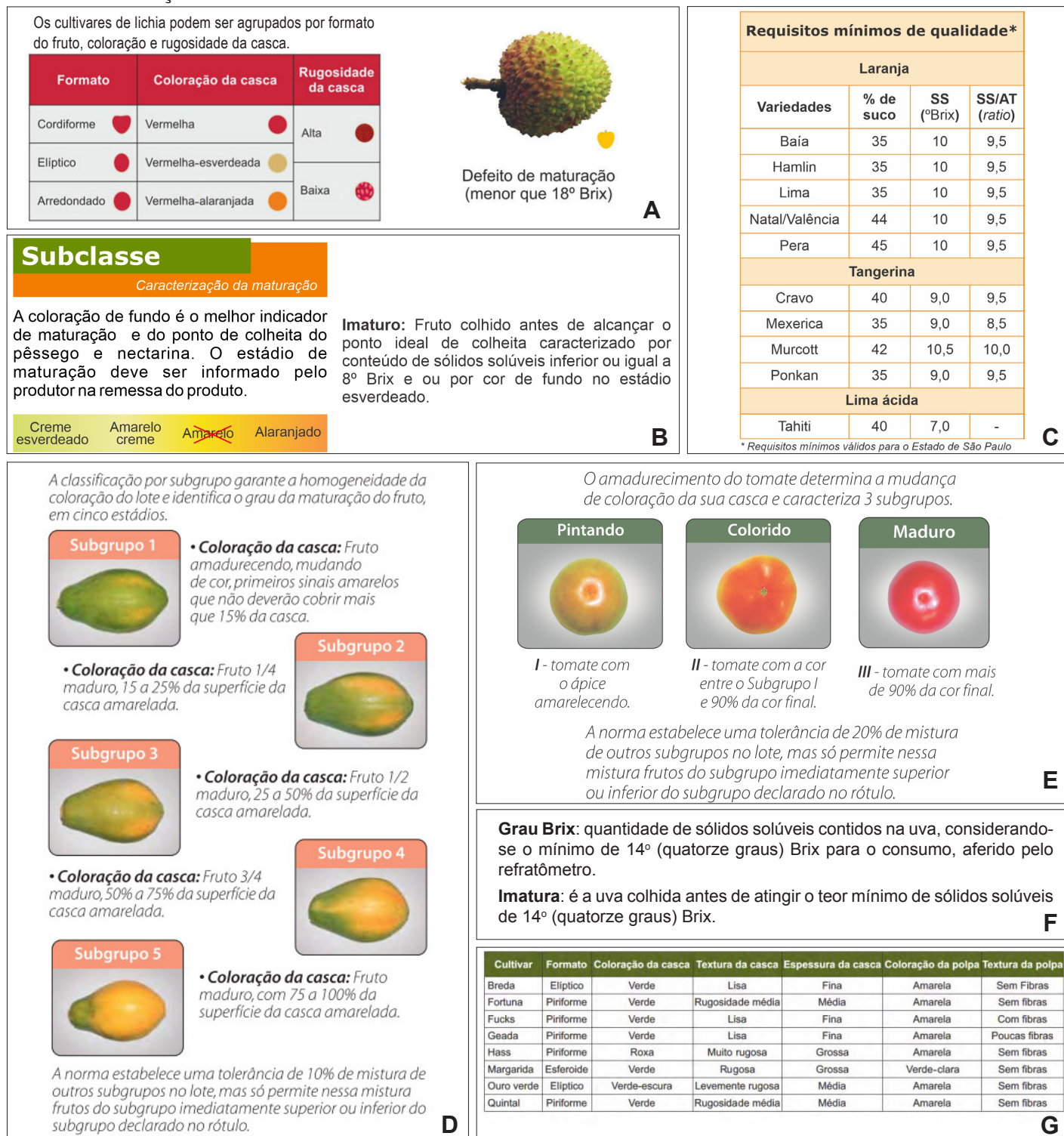
Fonte: Brasil (1986).

que padronizam informações sobre características desejáveis e não desejáveis das frutas comercializadas. A Seção do Centro de Qualidade Hortigranjeira (SECQH) da

Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (Ceagesp) elaborou folhetos de classificação para abacate, abacaxi, anonáceas, banana, citros de mesa,

figo, goiaba, lichia, mamão, manga, maracujá, melancia, melão, morango, pêssogo, uva fina e rústica. A Figura 2 ilustra alguns desses folhetos de classificação.

Figura 2 - Normas de classificação de alguns frutos para comercialização in natura relacionados com a composição e coloração



Fonte: Adaptado de Ceagesp (2020).

Nota: A - Lichia; B - Pêssego e nectarina; C - Citros; D - Mamão; E - Tomate; F - Uva de mesa; G - Abacate.

No caso de frutos com elevado teor de compostos fenólicos, como as uvas tintas destinadas à vinificação, também deve ser avaliada a evolução da maturação fenólica, ou seja, compostos responsáveis pela cor e adstringência da baga. O método mais simples e prático baseia-se na degustação sucessiva da polpa, da película e das sementes para avaliação de notas descritoras (Quadro 2).

Definido o momento ideal de colheita, alguns cuidados básicos devem ser observados nesta etapa para não danificar os frutos:

- utilizar caixas de tamanho e formato adequados ao fruto, limpas, de preferência destinadas apenas para esta finalidade;
- fazer a seleção dos frutos no campo, removendo frutos com podridões, lesões ou malformados;
- dar preferência para a colheita no período da manhã para evitar o calor do campo, que pode acelerar a taxa respiratória, provocar oxidação, perda de compostos aromáticos e de umidade;
- manter os frutos colhidos à sombra e não permitir que toquem o solo;
- evitar o excesso de manuseio;
- encaminhar os frutos à unidade de embalagem o mais rápido possível,

em veículos limpos para evitar odores indesejáveis.

MANUTENÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA

A qualidade pós-colheita das frutas pode ser mantida por meio de refrigeração, atmosfera modificada ou controlada, entre outros. A redução das perdas quantitativas e qualitativas também ocorre com a utilização dessas técnicas, porém devem ser consideradas as características e particularidades do fruto a ser conservado, para que o uso seja de fato benéfico à manutenção da qualidade. Tão importantes quanto o uso de técnicas pós-colheita, são as etapas de limpeza, tratamentos específicos para a fruta trabalhada, classificação, embalagem e preparo e destinação para o transporte, etc., realizadas no packing house, pois adaptam a fruta com qualidade, para o mercado que se destinam.

No Brasil, quantidades significativas de frutas são perdidas desde a colheita até a comercialização, seja por manuseio, embalagens ou transporte inadequados. Até mesmo a forma com que algumas frutas são expostas para venda em supermercados contribui para o desperdício, conforme pode ser visto na Figura 3, em que bananas são amontoadas sobre a gôndola ou, assim como abacaxis, são utilizadas para apoiar outras frutas, também expostas para

venda. Essa condição, além de promover o amassamento e quedas, dificulta a escolha por parte do consumidor que, por sua vez, manuseará excessivamente, acarretando ainda mais danos mecânicos, levando muitos frutos ao descarte.

O principal efeito das técnicas de conservação de frutas é sobre o metabolismo. Refrigeração, modificações ou controle da atmosfera de armazenamento, absorvedores de etileno interferem na atividade respiratória, produção autocatalítica de etileno e, se corretamente empregadas, promovem a conservação e retardam a senescência.

A utilização da refrigeração prevê o armazenamento dos produtos em temperaturas adequadas, ou seja, acima da Temperatura Mínima de Segurança (TMS). A TMS varia em função da fruta que será armazenada e a correta identificação da temperatura de armazenamento, assim como o tempo de permanência na dada temperatura são imprescindíveis à manutenção da qualidade. Temperaturas de armazenamento inadequadas podem provocar injúrias, além de não promover a conservação e acelerar a senescência.

Tanto o calor quanto o frio podem promover desordens fisiológicas nas frutas. O limite superior de resistência à elevação da temperatura varia com a espécie, a cultivar, o estágio de desenvolvimento, etc. (CHITARRA; CHITARRA, 2006).

Quadro 2 - Descritores utilizados no método de degustação das bagas de uvas para elaboração de vinhos finos tintos

Exame	Baga	Polpa	Casca	Semente
Visual	1.cor das bagas 2.resistência mecânica 3.capacidade de desgrana			16.cor externa
Gustativo		4.aderência à casca 5.doçura 6.acidez 7.aromas herbáceos 8.aromas frutais	9.textura 10.intensidade tânica 11.acidez 12.adstringência 13.secura dos taninos 14.aromas herbáceos 15.aromas frutais	17.dureza 18.aromas 19.intensidade tânica 20.adstringência

Fonte: Rousseau (2001).

Nota: Os números indicam a ordem de avaliação, iniciando pelo aspecto das bagas, degustação da polpa, degustação da casca, aspecto e degustação das sementes.

Figura 3 - Frutas expostas para venda em gôndolas de supermercados



Fotos: Ariane Casiricini

A desordem fisiológica causada pelo frio, conhecida como “chilling”, resultante do armazenamento, pode ocorrer em frutas suscetíveis às temperaturas mais baixas. Os sintomas variam de acordo com o tipo de fruta, com a temperatura e o tempo de exposição e tornam-se aparentes, geralmente, após a retirada da fruta da frigoconservação ou após armazenamento muito prolongado. Os principais sintomas são: modificação nas colorações interna e externa, manchas aprofundadas na casca, amadurecimento irregular, perda de sabor e aroma da fruta e perda de resistência (CHITARRA; CHITARRA, 2006).

A cadeia do frio tem grande importância para a manutenção da qualidade de pequenas frutas, como amora, framboesa e mirtilo. Embora não sejam climatéricas, tais frutas apresentam metabolismo muito acelerado, ou seja, possuem alta taxa respiratória e suscetibilidade à ação fúngica após a colheita, que resultam em grande perecibilidade. O armazenamento em baixas temperaturas reduz a atividade respiratória; e medidas, como imediata classificação e embalagem com manuseio mínimo, contri-

buem para redução das perdas. No setor de classificação e embalagem, a manutenção da temperatura ambiente próxima de 0 °C provê baixo metabolismo respiratório e redução de deterioração.

A velocidade com que o amadurecimento acontece também pode ser controlada pelo uso da refrigeração associada à atmosfera controlada (AC) ou atmosfera modificada (AM). Em ambos os sistemas, os objetivos são reduzir a disponibilidade de oxigênio e aumentar o teor de dióxido de carbono, que influenciará na atividade respiratória dos frutos. Em condições atmosféricas normais, o oxigênio favorece a ação do etileno e o amadurecimento acontece; com baixo teor de oxigênio a ação do etileno é inibida e sob alta concentração de dióxido de carbono o amadurecimento pode ser retardado, pela competição com o etileno.

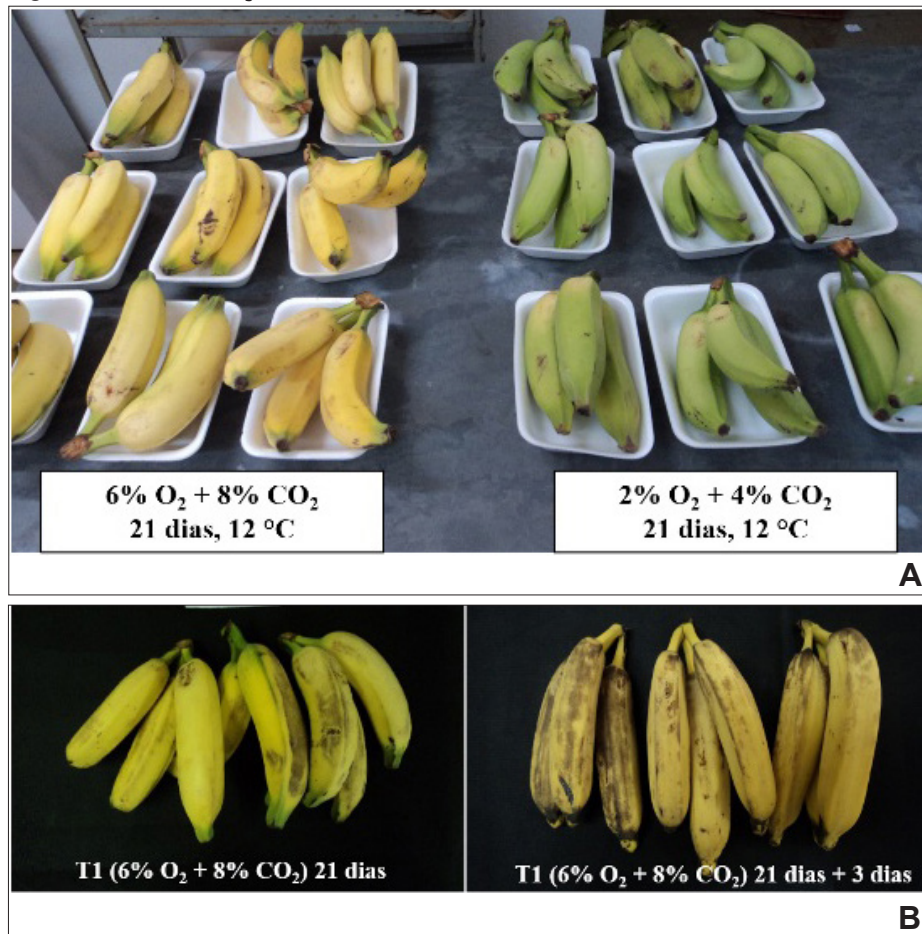
Na AC há controle das concentrações dos gases no interior do ambiente de armazenamento, que deve ser hermético. Embora o controle gasoso da atmosfera de armazenamento possa fornecer resultados positivos na conservação pós-colheita,

efeitos danosos à fisiologia dos frutos também podem ocorrer, como distúrbios fisiológicos, levando ao amadurecimento irregular, descaracterização da cor, sabor e aroma, podendo ser agravados com o tempo de exposição da fruta na condição proposta.

Na Figura 4A pode-se observar a diferença da cor da casca de bananas armazenadas durante 21 dias sob 12 °C e em diferentes concentrações de O₂ e CO₂. Em condição de maior concentração de O₂ (6%) a cor da casca evoluiu para o amarelo, evidenciando o amadurecimento, mas prováveis efeitos danosos da alta concentração de CO₂ também puderam ser evidenciados por meio de manchas escuras na casca (Fig. 4B), que evoluíram durante os dias após a retirada das frutas da câmara. A redução da concentração de O₂ para 2%, associada a 4% de CO₂, promoveu a manutenção da cor verde (Fig. 4A).

O acondicionamento do fruto em embalagens ou revestimentos proporcionam a AM, onde a concentração de gases disponíveis para o metabolismo é modificada, mas não controlada. Varia em função

Figura 4 - Conservação de bananas armazenadas sob atmosfera controlada



Nota: A - 6%O₂ + 8%CO₂ e 2%O₂ + 4%CO₂ durante 21 dias; B - Manchas escuras na casca.

do material utilizado na embalagem ou revestimento, tempo, temperatura, atividade respiratória, estágio de maturação. A anaerobiose é um grave problema que pode ocorrer em frutos submetidos à atmosfera modificada e ocorre quando a concentração de O₂ é reduzida a ponto de ocorrer fermentação. A depreciação causada pelos efeitos da respiração anaeróbica durante o amadurecimento pode ser notada na coloração desuniforme da casca, com faixas amareladas e verdes, no sabor e aroma característicos.

No interior das embalagens ou câmaras de armazenamento a utilização de absorvedores de etileno é uma alternativa para o controle do amadurecimento, especialmente para frutos climatéricos, em que a produção autocatalítica de etileno acelera o processo. Produtos como a sílica

e o permanganato de potássio apresentam a propriedade de eliminar o etileno por simples absorção ou por reação química, respectivamente. O permanganato de potássio oxida o etileno produzindo CO₂ e H₂O (CHITARRA; CHITARRA, 2006).

O amadurecimento de frutos pode ser retardado com uso do metilciclopropeno, conhecido como 1-MCP. Trata-se de um regulador de crescimento, um bloqueador da ação do etileno cujo modo de ação se dá pela inibição da produção de etileno em frutos climatéricos. O Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (Agrofit), que pertence ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), disponibiliza as culturas em que a utilização do metilciclopropeno é permitida, assim como as bulas de cada produto, com as informações de uso.

As podridões pós-colheita provocadas por fungos e bactérias promovem consideráveis perdas. Nas etapas de colheita e pós-colheita os cuidados para evitar danos mecânicos por quedas e perfurações, assim como manuseio, embalagem, armazenamento e transporte são importantes e decisivos para o controle das perdas bióticas.

PROCESSAMENTO

O processamento das frutas é uma alternativa de conservação, agregação de valor e aproveitamento das não aptas à comercialização in natura, seja por classificação seja por defeitos e danos, desde que não comprometam a qualidade e a segurança alimentar do produto final. O aproveitamento do excedente de produção também é importante função do processamento. Como exemplo cita-se o processamento da banana que não atende aos padrões para comercialização in natura, mas com suas qualidades como alimento preservadas, usada para a produção de doces, geleias, sorvetes, purê, banana-passa, etc.

Frutas desidratadas apresentam baixo conteúdo de água, reduzindo, como consequência, as deteriorações provocadas por microrganismos e alterações advindas de reações químicas catalisadas por enzimas (CELESTINO, 2010). As polpas são conservadas pelo congelamento em temperaturas entre -10 °C e -40 °C, em que o crescimento microbiano é inibido, o processo metabólico retardado, sem alterar o valor nutritivo dos alimentos. Contudo, mesmo que de forma lenta, alterações químicas e ação enzimática podem ocorrer, reduzindo a qualidade do produto (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008). Já no preparo dos doces, o açúcar adicionado promove a conservação do produto, por elevar a pressão osmótica, reduzindo, consequentemente, a atividade da água, condição que inibe o crescimento microbiano (BOLZAN; PEREIRA, 2017).

No tocante à conservação dos alimentos, Gava, Silva e Frias (2008) afirmam que só é possível se houver o impedimento de toda alteração provocada pelos microrganismos, enzimas e outras causas dete-

riorantes, sendo necessário, portanto, que as técnicas de conservação eliminem total ou parcialmente esses agentes que alteram os produtos, ou que se modifique o meio de forma que este se torne impróprio ao crescimento dos microrganismos ou atividade bioquímica. Essas são condições que exigem muito conhecimento e tecnologias, geralmente resultantes da experiência dos processadores e da pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A extensão continental do Brasil, com suas distintas condições climáticas, permite a produção diversificada de frutas. Cada grupo, no entanto, com suas particularidades e comportamento fisiológico durante o amadurecimento que direcionam produção, colheita, pós-colheita, estudos e técnicas de conservação adequados a cada caso.

A pós-colheita bem cuidada mantém a qualidade do fruto recebido, portanto o resultado final depende dos cuidados tomados antes dessa fase. A manutenção da qualidade pós-colheita abrange a compreensão do amadurecimento e suas nuances, e as intervenções nesta fase, assim como transporte e manuseio adequados, além do processamento, podem garantir um produto comercializável por mais tempo.

REFERÊNCIAS

AQUINO, C.F. *et al.* Carbohydrates, phenolic compounds and antioxidant activity in pulp and peel of 15 banana cultivars. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.38, n.4, p.e-090, July/Aug. 2016.

BEN-YEHOSHUA, S.; RODOV, V. Transpiration and water stress. In: BARTZ, J.A.; BRECHT, J.K. (ed.). **Postharvest physiology and pathology of vegetables**. 2nd ed., rev. and expand. New York: Marcel Dekker, 2003. p.111-159.

BOLZAN, A.B.; PEREIRA, E.A. Elaboração e caracterização de doce cremoso de caqui com adição de sementes da araucária. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.20, p.e2016061, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária.

Portaria nº 76, de 27 de novembro de 1986. Aprova os métodos analíticos, que passam a constituir padrões oficiais para análise de bebidas e vinagres na forma estabelecida pelo Decreto nº 73.267, de 6 de dezembro de 1973. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 dez. 1986.

BRON, I.U.; JACOMINO, A.P. Classificação de frutos por “climatério” é conceito em extinção? **Visão Agrícola**, Piracicaba, n.7, p.8-10, jan./jun. 2007.

CARVALHO, A.V. *et al.* Qualidade pós-colheita de cultivares de bananeira do grupo ‘maçã’, na região de Belém - PA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.4, p.1095-1102, dez. 2011.

CASTAÑEDA-OVANDO, A. *et al.* Chemical studies of anthocyanins: a review. **Food Chemistry**, v.113, n.4, p.859871, Apr. 2009.

CEAGESP. Seção do Centro de Qualidade Hortigranjeira. **Classificação**. São Paulo: CEAGESP, [2020]. Disponível em <http://www.ceagesp.gov.br/entrepastos/servicos-entrepastagem/produtos/classificacao/>. Acesso em: 24 set. 2020.

CELESTINO, S.M.C. **Princípios de secagem de alimentos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 51p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 276). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/883845/1/doc276.pdf>. Acesso em: 8 out. 2020.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed.atual. e ampl. Lavras: Editora UFLA, 2005. 783p.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: glossário**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 256p.

CORDENUNSI, B.R.; LAJOLO, F.M. Starch breakdown during banana ripening: sucrose synthase and sucrose phosphate synthase. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.43, n.2, p.347-351, Feb. 1995.

FIGUEIREDO NETO, A. *et al.* Avaliação pós-colheita de mamão variedade ‘Formosa’ submetido a danos mecânicos e ensaios de compressão durante o armazenamento. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, San José de las Lajas, v.22, n.2, p.5-10, abr./jun. 2013. Disponível em: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22n2/rcta01213.pdf>. Acesso em: 27 out. 2020.

GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B. da; FRIAS, J.R.G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008. 512p.

JIMÉNEZ, V.M.; MORA-NEWCOMER, E.; GUTIÉRREZ-SOTO, M.V. Biology of the papaya plant. In: MING, R.; MOORE, P.H. (ed.). **Genetics and genomics of papaya, plant genetics and genomics: crops and models 10**. New York: Springer, 2014. cap.2, p.17-33.

MELO, E. de A. *et al.* Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v.44, n.2, p.193201, abr./jun. 2008.

MOTA, R.V.; LAJOLO, F.M.; CORDENUNSI, B.R. Composição em carboidratos de alguns cultivares de banana (*Musa spp.*) durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.17, n.2, p.94-97, maio/ago. 1997.

PAULL, R.E.; GROSS, K.; QIU, Y. Changes in papaya cell wall during fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.16, n.1, p.79-89, May 1999.

PINTO, L.K. de A. *et al.* Avaliação da atividade das enzimas pectina metilesterase e β -Galactosidase em mamões cv. Golden armazenados sob diferentes concentrações de oxigênio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.1, p.15-22, mar. 2013.

ROUSSEAU, J. Evaluation par la dégustation de l'état de maturité des raisins. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**. Un raisin de qualité: de la vigne à la cuve, Bordeaux, p.211-213, 2001. Hors série.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.15, n.1, p.71-81, jan./abr. 2002.

TUCKER, G.A. Introduction. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. cap.1, p.1-51.

WILLS, R.; GOLDING, J. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. 6th ed. Wallingford: CAB International, 2016. 306p.

WILLS, R. *et al.* **Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales**. 2.ed. Zaragoza: Acricbia, 1999. 252p.

Colheita e pós-colheita de hortaliças fruto e folhosas

Marinalva Woods Pedrosa¹, Túlio de Almeida Machado², Ana Maria Mapeli³, Clarice Aparecida Megguer⁴

Resumo - O uso de técnicas adequadas para colheita e pós-colheita de produtos hortícolas é estratégico quando o tema é segurança alimentar, sustentabilidade e rentabilidade. Os cuidados na produção, colheita, manuseio, transporte, armazenamento e comercialização têm efeitos diretos sobre a qualidade do produto final e a quantidade a ser disponibilizada ao mercado consumidor. As perdas pós-colheita têm impacto sobre o valor final do produto a ser comercializado, o que afeta diretamente sua aceitação pelo mercado em função da relação custo-benefício e da qualidade do produto ofertado. Dessa forma, para atender à demanda mundial por alimentos seguros, é importante que a busca por técnicas que aumentam e melhoram a produtividade das áreas cultivadas estejam associadas às práticas que minimizem as perdas de alimentos já produzidos. As perdas podem ser quantitativas, qualitativas e nutricionais. Algumas tecnologias já estão disponíveis para redução de perdas de alimentos nas diversas etapas desde a produção até a comercialização, visando prolongar a durabilidade do produto hortícola, mas sem afetar as características sensoriais.

Palavras-chave: Mecanização. Conservação. Distúrbio fisiológico. Segurança alimentar. Sustentabilidade.

Harvest and post-harvest of fruit and leafy vegetables

Abstract - The use of appropriate techniques for harvesting and post-harvesting vegetables is a strategic issue when it comes to food security and sustainability. Care in production, harvesting, handling, transport, storage and marketing have direct effects on the quality of the final product and the quantity to be available to the consumer market. Post-harvest losses have an impact on the final value of the product to be sold, which directly affects its acceptance by the market due to the cost/benefit ratio and the quality of the product offered. Thus, in order to meet the worldwide demand for safe food, it is important that the search for techniques that increase and improve the productivity of cultivated areas are associated with practices that minimize the losses of food already produced. Losses can be quantitative, qualitative or nutritional. Some technologies are already available to reduce food losses in the various stages since production to commercialization, aiming to prolong the durability of the horticultural product without affecting the sensory characteristics.

Keywords: Mechanization. Conservation. Physiological disturbs. Food security. Sustainability.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial, faz-se necessário aumentar a disponibilidade de alimentos, visando à sobrevivência. Contudo, incrementos no tamanho da área cultivada podem acarretar danos ambientais. Assim, é relevante repensar algumas ações relacionadas com o uso de recursos naturais, os quais influenciam diretamente a disponibilidade

de alimentos, bem como estimular o desenvolvimento de tecnologias que minimizem as perdas desde a produção até o consumo, aumentando a acessibilidade da população de baixa renda, garantindo o cumprimento do tripé da sustentabilidade (econômico, ambiental e social).

Aliado a todo esse contexto há crescente busca por alimentos de qualidade, assim, os cuidados na colheita e pós-colheita são fundamentais para a preservação das ca-

cterísticas físicas e químicas do produto gerado no campo.

De acordo com a FAO (2019) perdem-se cerca de 14% dos alimentos apenas nas etapas de pós-colheita, sem incluir a comercialização. No entanto, há que se considerar não somente os aspectos técnicos próprios do setor agropecuário e da comercialização, mas também aspectos de educação relacionados com os costumes culturais, falta de informação e valorização

¹ Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EPAMIG Centro-Oeste, Prudente de Moraes, MG, marinalva@epamig.br.

² Eng. Agrícola, D.Sc., Prof. IF Goiano - Campus Morrinhos, Morrinhos, GO, tulio.machado@ifgoiano.edu.br.

³ Bióloga, D.Sc., Profª UFOB, Barreiras, BA, mmapeli@ufob.edu.br.

⁴ Eng. Agrônoma, D.Sc., Profª IF Goiano - Campus Morrinhos, Morrinhos, GO, clarice.megguer@ifgoiano.edu.br.

do alimento pelo setor comercial e pelo consumidor. Sendo assim, estratégias para a redução das perdas e para melhor uso e aproveitamento dos produtos dependem também das políticas públicas e da educação (ZARO, 2018).

O uso de tecnologias adequadas desde o plantio até a pós-colheita dos produtos agrícolas é estratégico e visa o melhor aproveitamento dos recursos empregados na produção, bem como a redução de perdas nessas etapas. Assim, é importante mencionar que as perdas podem ser quantitativas (redução de peso do produto por manuseio inadequado ou produto não recolhido do campo), qualitativas (alterações de aroma, sabor, textura e aparência) ou nutricionais (redução de teores de nutrientes).

Independentemente do tipo, as causas podem ser primárias (biológica, fitopatológica, química, bioquímica, mecânica, física e fisiológica) ou secundárias (colheita e manuseio inadequados, uso de embalagens inapropriadas, transporte inadequado e falta de cadeia de frio), podendo ocorrer durante o plantio, a colheita ou a pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Muitas vezes quando o assunto pós-colheita é mencionado remetem-se apenas às questões e ações relacionadas e realizadas no período após a colheita do produto. No entanto, as ações que visam retardar o processo natural de senescência, proporcionar maior resistência e durabilidade e evitar danos físicos ao produto têm início com a implantação da lavoura no campo. O manejo da cultura com o emprego de práticas e recomendações técnicas que visam à boa formação e desenvolvimento, nos seus diversos estádios, e a adoção de métodos e tecnologias adequadas para a colheita, manuseio, transporte e armazenamento do produto colhido são fundamentais e estratégicos para a obtenção de produtos de qualidade e bons rendimentos.

Os desafios são maiores quando consideram-se produtos hortícolas, pois apresentam alta perecibilidade e, conseqüentemente, rápida deterioração e prejuízos econômicos. Neste contexto, destacam-se as hortaliças, que se referem

a uma diversidade de vegetais ricos em vitaminas, minerais, fibras, compostos bioativos e, de modo geral, com altos teores de água. O consumidor espera em sua mesa o produto com todas essas características e qualidades.

Na produção de hortaliças, as perdas pós-colheita ocorrem tanto em cultivos em pequenas escalas como em cultivos em larga escala e têm suas proporções relacionadas com a fragilidade da hortaliça cultivada e com as tecnologias empregadas no cultivo, colheita e manuseio. Em alguns casos a colheita manual é a mais recomendada, em outros a mecanização promove grandes benefícios para a preservação da qualidade dos produtos colhidos.

A intensificação do uso da mecanização na agricultura vem exigindo novos investimentos em máquinas com maior potência e tecnologia incorporada, visando o atendimento às diversas demandas das atividades agrícolas (PIACENTINI *et al.*, 2012).

Ao se considerar a colheita mecanizada, a uniformização da maturação no momento da colheita é importante para a redução das perdas pós-colheita. Assim, o uso de fertilizante foliar à base de potássio (K) e de aminoácidos tem sido empregado no intuito de melhorar a qualidade dos frutos.

Além das demandas do setor agrícola, é importante considerar as exigências do consumidor durante a aquisição dos produtos hortícolas, justificando o desenvolvimento e o emprego de diversas técnicas, com intuito de preservar a integridade e a qualidade dos produtos colhidos e que serão comercializados, bem como aumentar a oferta de alimentos, sem incrementos elevados na área de produção.

FATORES PRÉ-COLHEITA E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA

A obtenção de produtos com qualidade depende de fatores pré-colheita, incluindo os ambientais, como luminosidade, temperatura e umidade relativa (UR), e culturais, ou seja técnicas de plantio e manejo da cultura quanto à irrigação, nutrição mineral, dentre outros.

A luminosidade é essencial para a produção vegetal, pois está associada aos processos fotossintéticos, responsáveis pela produção de carboidrato, e à coloração, devendo ser fornecida de acordo com a exigência da cultura. Quando plantas folhosas são produzidas sob baixa intensidade luminosa, há alteração na qualidade, que se reflete em folhas maiores e mais finas. Contudo, quando em excesso, pode provocar desordens fisiológicas, como as queimaduras de sol (MATTIUZ, 2007), o que altera a aparência do produto, prejudicando a comercialização.

Outros fatores que interferem nas perdas pré-colheita são temperatura e UR, os quais devem ser considerados em conjunto, pois influenciam no murchamento e desidratação. Sabe-se que a água é imprescindível para as reações metabólicas, sendo preciso manter um balanço hídrico favorável. Entretanto, quando as plantas são mantidas em altas temperaturas tendem a elevar a taxa transpiratória, em virtude do efeito refrescante, o que se torna mais intenso em ambiente com baixa UR. Durante o cultivo, quando a transpiração é maior que a absorção, verifica-se murchamento e desidratação. Por outro lado, baixas temperaturas podem acarretar menor desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, como verificado em tomates cultivados a 10 °C, que apresentaram hastes mais grossas, mais quebradiças e menor número de folhas, bem como abortamento de flores e frutos pequenos (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018). Estas situações afetam negativamente a comercialização pós-colheita, uma vez que o produto não apresenta o tamanho e a aparência adequados, não se enquadrando na classificação desejada e, quando colocado à venda, não atende às exigências do consumidor, sendo descartado, o que gera prejuízos econômicos.

Quanto ao plantio, sabe-se que o processo manual de transplantio é um trabalho árduo e com baixa capacidade operacional (Fig. 1A).

Em razão disso, essa operação somente viabilizou-se com a introdução das má-

quinas transplantadoras (Fig. 1B). Assim, a otimização dos processos produtivos tornou-se objeto de estudos e de desenvolvimento de tecnologias (MACHADO *et al.*, 2015).

As transplantadoras são máquinas que podem ser semiautomáticas ou automáticas. Nas semiautomáticas, para o seu funcionamento, é exigida a assistência de um operador humano para posicionar as mudas nos mecanismos que executam sua dosagem e deposição no solo. Nas automáticas não há a necessidade do posicionamento manual das mudas, sendo o caso das transplantadoras de arroz, de algumas espécies de hortaliças e de alguns tipos de transplantadoras de mudas acondicionadas.

As transplantadoras podem trabalhar em canteiros preparados ou mesmo em sistemas de plantio sobre a palha. As operações de adubação, geralmente, são

separadas das operações de transplantio. Os fertilizantes podem ser incorporados na confecção dos canteiros ou mesmo sendo depositados na linha de transplantio. No sistema de plantio sobre a palha, fazem-se a adubação em linhas, o destorroamento para depois haver uma posterior passagem da transplantadora (Fig. 2A e 2B).

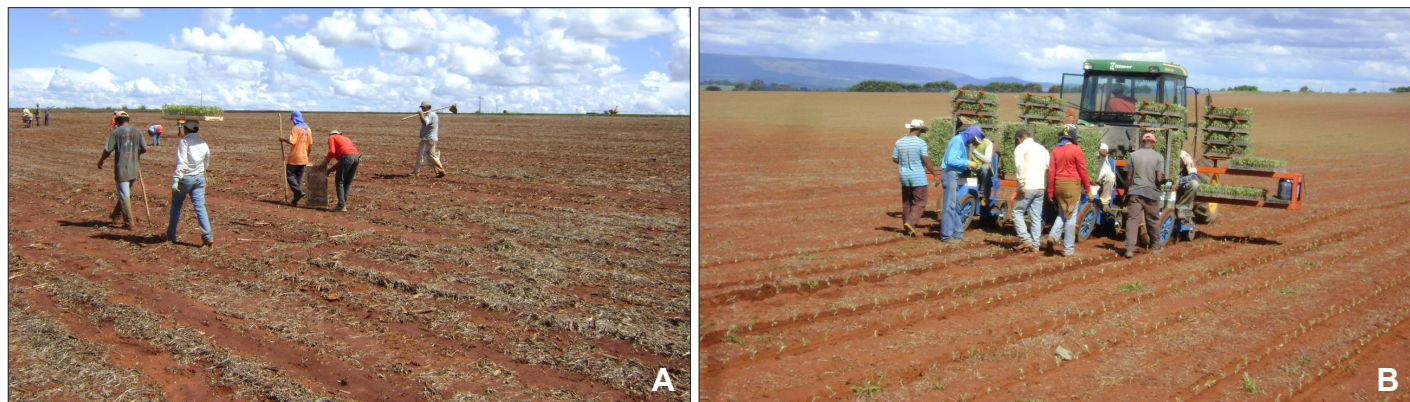
Na adubação em linha em Sistemas de Plantio Direto (SPD), há a utilização de sistemas abridores de sulcos para o depósito dos fertilizantes. Geralmente, utilizam-se hastes sulcadoras que, ao romper o solo, permitem a formação de torrões, que serão, posteriormente, quebrados por um rolo destorroador/compactador. Esses torrões influenciam diretamente na colheita. Quanto mais torrões estiverem durante a operação de colheita, maior será a quantidade de impurezas contida, afetando uma possível qualidade da polpa.

A quantidade de torrões também pode promover um desgaste maior dos componentes da colhedora que afetam sua eficácia. Esse efeito pode, durante um período de safra, acarretar em perdas quantitativas e qualitativas no processo de colheita.

O tipo de realização na operação de transplantio acarreta na quantidade de mudas distribuídas e, conseqüentemente, na quantidade de produto a ser produzido e colhido. Os sistemas manuais possuem menos falhas do que o sistema mecanizado. Porém, sistemas mecanizados possuem uma capacidade operacional maior do que sistemas manuais.

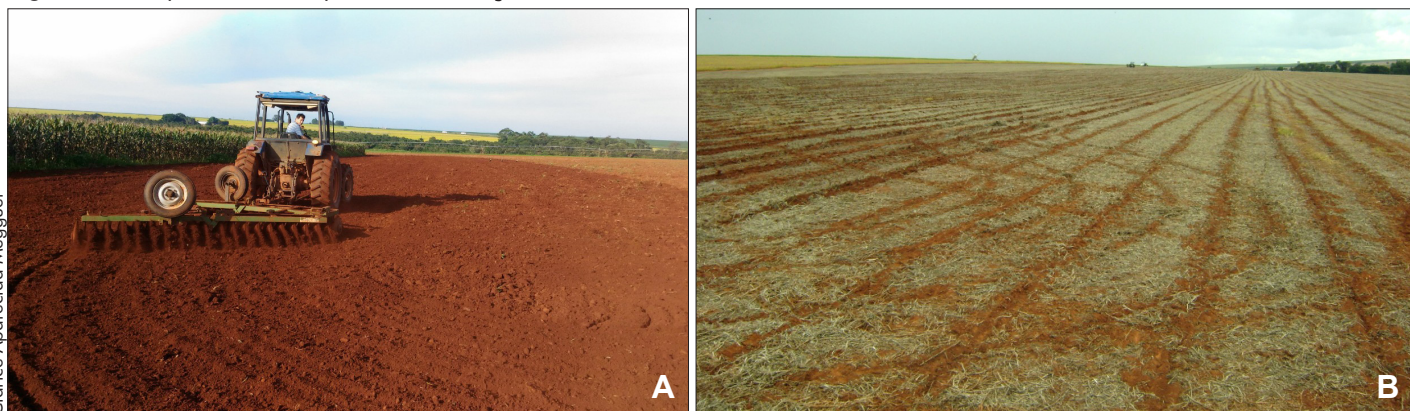
Almeida *et al.* (2020) avaliaram a capacidade operacional entre transplantios realizados de maneira mecanizada e manual em canteiros para a cultura da alface, concluíram que nesses cenários não houve diferença estatística entre as maiores

Figura 1 - Transplantio de tomate para processamento industrial



Nota: A - Transplantio manual; B - Transplantio mecanizado.

Figura 2 - Preparo do solo para a introdução da cultura



Nota: A - Destorroamento do solo; B - Efeito do rolo destorroador/compactador.

velocidades de operação e a realização da operação de maneira manual.

No sistema de transplantio manual de tomate para processamento industrial, por exemplo, apesar de menos falhas que ocorrem entre as mudas, há maior espaço e uma menor linearidade na linha de adubação, por conta dessa operação é necessário contar com o bom senso do trabalhador. Essa maior distância entre as plantas acarreta em menor estande, e consequentemente, menor produção.

Essa tendência corrobora com o estudo realizado por Cunha *et al.* (2012) em que, ao verificarem áreas que receberam diferentes tipos de transplantio de tomate para processamento industrial, concluíram que houve menor estande de plantas quando a operação foi realizada de maneira manual (28,98 mil plantas/ha) em relação ao mecanizado (30,92 mil plantas/ha). Esse cenário refletiu na perda de produção que teve 93,26 t/ha no sistema manual e 135,73 t/ha no sistema mecanizado.

Nos sistemas mecanizados, a velocidade de operação durante o transplantio afeta a distribuição das mudas e, consequentemente, o seu estande, caso não haja uma operação de repasse. O repasse é a operação em que trabalhadores diaristas preenchem as falhas deixadas pela operação semimecanizada.

Uma vez realizado o transplantio, as mudas precisam-se estabelecer, sendo importante o fornecimento adequado de água e nutrientes. A umidade do solo depende da textura, solos argilosos apresentam maior capacidade de armazenamento de água, devendo haver cuidado com a irrigação. O excesso de umidade reduz a disponibilidade de oxigênio no solo, facilita o desenvolvimento de patógenos e dificulta a expansão do sistema radicular. Todos estes efeitos afetam negativamente a qualidade dos produtos, acarretando perdas.

Quanto à nutrição mineral, vale ressaltar que a deficiência ou excesso de nutrientes promove desordens na qualidade e conservação de vários produtos hortícolas. Assim, altas concentrações de

nitrogênio (N) estimulam o crescimento vegetativo, porém reduzem a qualidade dos frutos e hortaliças, podendo aumentar a suscetibilidade às desordens fisiológicas. A deficiência de fósforo (P) e K acarreta a formação de casca muito espessa nos frutos (CENSI; SOARES; FREIRE JUNIOR, 1997), o que os deixa mais frágeis aos danos mecânicos, podendo acarretar perdas pós-colheita, principalmente após o transporte e armazenamento.

O fertilizante organomineral (cama de frango + superfosfato triplo) gerou um aumento em quase 30% na variável massa da matéria seca (MS) de folha, sugerindo que esse fertilizante pode ser incorporado aos sistemas de cultivos de alface (ZAN DONADI *et al.*, 2018).

O K atua como ativador enzimático, melhora o desenvolvimento da cor vermelha por estimular a síntese de licopeno e favorece a redistribuição de fotoassimilados. Os fertilizantes foliares à base de K⁺ em associação com aminoácidos têm sido empregados no cultivo de tomate para processamento industrial, no intuito de promover melhor uniformização das características físicas e químicas no momento da colheita. Verificou-se incremento de 5% na produtividade e 7% na coloração vermelha dos frutos, quando tratados com 3,0 L/ha de Bulk[®] (PAVAN, 2019).

O cálcio (Ca) é outro macronutriente que interfere na qualidade e conservação, pois participa de vários processos fisiológicos, atuando como sinalizador e contribuindo com a manutenção da estrutura das paredes celulares e na permeabilidade das membranas. Dentre as desordens fisiológicas causadas pela deficiência de Ca, podem-se mencionar a pontuação amarga (*bitter pit*) das maçãs, a mancha de cortiça das peras, o coração-negro do aipo e a podridão de fundo preto dos tomates (MATTIUZ, 2007).

Salientam-se, ainda, as perdas causadas por fatores biológicos, haja vista que produtos afetados por patógenos ou doenças apresentam depreciação da aparência e/ou rápida deterioração na pós-colheita.

Neste cenário, destacam-se fungos e bactérias, como *Rhizopus* sp., causador do mofo-branco, e *Phytophthora*, *Rhizoctonia* e *Alternaria*, agentes do mofo-preto, *Erwinia*, causadora da podridão-mole, e *Alternaria solani*, agente da pinta-preta. Assim, percebe-se a necessidade de higienização no campo e de utensílios, bem como a retirada de materiais doentes e infectados e o manejo adequado.

PERDAS NA COLHEITA

As perdas quantitativas e qualitativas na colheita podem estar relacionadas com diferentes fatores, como uso incorreto de máquinas colhedoras, atividade humana inadequada, cotação no mercado e época de colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Além das perdas quantitativas, as perdas qualitativas em hortaliças produzidas em países não desenvolvidos e/ou em desenvolvimento estão concentradas desde a colheita até o varejo, diferentemente de países desenvolvidos, onde estas perdas ocorrem principalmente depois de adquirida pelo consumidor (GUSTAVSSON *et al.*, 2011).

As perdas quantitativas constituem de produtos que ficaram no campo e não serão enviados à próxima etapa da cadeia produtiva. Podem ser naturais ou ocorrerem durante a operação de colheita. Quando a operação é realizada de maneira mecânica, estas podem ser observadas durante o recolhimento e após a passagem da colhedora (Fig. 3 e 4).

Outro fator que interfere nas perdas quantitativas é a atuação do homem durante esse processo. Operações realizadas em mais de uma etapa podem acarretar em maiores perdas. Na avaliação de três sistemas de colheita de salsa folhosa, verificou-se que houve maiores perdas (18,41%) no sistema que contou com duas etapas, sendo uma destas a intervenção humana na coleta do produto ceifado em campo. Os outros dois sistemas, totalmente mecanizados, contaram com perdas de 5,69% e 3,16% (RADOJEVIC *et al.*, 2013).

Figura 3 - Colheita mecanizada de tomate



Nota: A - Colheita mecanizada de tomate industrial; B - Descarga do tomate no caminhão.

Figura 4 - Avaliação de perdas quantitativas na colheita



Na colheita do tomate para processamento industrial, de acordo com Cunha *et al.* (2014), essas perdas foram separadas em perdas no solo e perdas nas ramas, sendo o seu somatório denominado de perdas totais. As perdas no solo constituem de frutos não recolhidos ou que transpassaram as esteiras durante a operação mecânica. Sobre o não recolhimento, pode ser agravado por dois fatores: sulcos não compactados

(inerentes à etapa de transplantio) ou um ineficiente enleiramento (preparativo para a colheita mecânica). Em ambas as circunstâncias, não há interferência da colhedora para que se evitem essas perdas.

Machado *et al.* (2018) avaliaram as perdas no solo em colhedoras de tomate para processamento industrial com diferentes horas de operação e concluíram que a idade da máquina não influenciou

nessas perdas (Tabela 1). Tanto a máquina mais velha quanto a mais nova obtiveram resultados semelhantes, e a máquina com idade intermediária diferenciou-se com menores valores de frutos não recolhidos.

As perdas nas ramas são constituídas por frutos presos às partes vegetativas da planta colhida. Não houve um destacamento dos frutos das ramas após a passagem pelo sistema de trilha por baixas rotações ou frequências de vibração do rotor.

Cunha *et al.* (2014) avaliaram três níveis de rotação e três de vibração no rotor de trilha de uma colhedora de tomate industrial e concluíram que houve menores valores de perdas na rama quando ocorreram maiores frequências de vibração. Sendo assim, presume-se que essa regulagem seja de extrema importância para evitar esse tipo de perda.

Vale salientar que as perdas durante a colheita também podem estar associadas aos procedimentos inadequados, incluindo: queda excessiva dos produtos hortícolas nos recipientes, como baldes ou sacos; atritos contra galhos e escadas ou contra produtos durante a transferência para embalagens; e quantidade excessiva na embalagem de transporte (CENSI; SOARES; FREIRE JUNIOR, 1997).

Tabela 1 - Médias (t/ha) e respectivos desvios-padrão para as perdas nas ramas, no solo e totais ao realizar a colheita com três máquinas diferentes

Máquina	Perda nas ramas	Perda no solo	Perda total
1	2,55 ± 1,48 b	3,70 ± 0,98 a	6,25 ± 1,97 b
2	2,19 ± 0,57 b	2,17 ± 0,37 b	4,36 ± 0,81 b
3	9,84 ± 3,62 a	3,27 ± 0,73 a	13,11 ± 3,89 a

Fonte: Machado *et al.* (2018).

Nota: 1 = 8762 horas; 2 = 5787 horas; 3 = 5222 horas.

Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

PERDAS NA PÓS-COLHEITA

As perdas pós-colheita podem ser quantitativas, qualitativas ou nutricionais, podendo estar intrínsecas no produto já colhido que será disponibilizado ao processo produtivo ou ao consumidor. Geralmente, são causadas por fatores como injúria mecânica e processos fisiológicos, podendo ser intensificadas por condições ambientais desfavoráveis e ação antrópica inadequada.

As injúrias nos frutos ou folhas podem ser decorrentes do processo mecânico de colheita, causando mudança de parâmetros físico-químicos que alteram a qualidade do produto final, para produtos a ser industrializados, ou reduz o tempo de prateleira em produtos in natura disponibilizados ao consumidor. Na colheita mecânica do tomate para processamento industrial em colhedoras com diferentes horas de trabalho ocorreram alterações nos atributos de firmeza, teor de sólidos solúveis (SS) e porcentagem de perda de massa após a intervenção mecânica da máquina. Portanto, foram constatadas alterações físico-químicas quando comparados os frutos que sofreram intervenção mecânica com os frutos que não tiveram. Valores de perda de massa foram maiores, enquanto os valores de SS reduziram (MACHADO *et al.*, 2018).

Após a colheita, o transporte e o armazenamento temporário das hortaliças também contribuem para maiores alterações fisiológicas dos vegetais. Esses efeitos podem ser causados pelo perfil do transporte do campo até o local desejado.

Basicamente, os frutos ou as folhas podem ser acondicionados para transporte em caixas ou a granel, podendo ainda estar em ambientes com temperatura controlada. Durante o transporte e o armazenamento, as principais causas de perdas associam-se aos danos na polpa causados por pressão ou impacto externo que pode ou não provocar o rompimento da epiderme; contudo, quando a ruptura favorece a infecção inicial por patógenos, principalmente microrganismos saprófitos, promove infecções secundárias com consequentes perdas qualitativas e nutricionais.

A quantidade de produtos na caixa ou o tamanho da carga a granel contribuem para o surgimento ou acréscimo das injúrias nos vegetais transportados. Outro efeito que auxilia o surgimento dos danos mecânicos é o tempo exposto à vibração durante o transporte. Por isso, um eficiente sistema de amortecimento do veículo e uma carga que não seja abusivamente grande auxiliam na redução do processo de perdas pós-colheita.

Pela análise de atributos de firmeza, acidez titulável, teor de SS, pH e porcentagem de perda de massa em frutos de tomate para processamento industrial transportados a granel, o tempo da carga exposta à vibração de transporte afeta em pelo menos uma das interações avaliadas de algum desses atributos. Assim, o tempo de exposição à vibração pode alterar a qualidade pós-colheita de frutos de tomate colhidos e transportados a granel (MACHADO, 2018).

Em indústrias processadoras de alimentos, há a espera dos recipientes de transporte no pátio, seja por meio da fila de caminhões seja por meio de caçambas depositadas no pátio. Nesse momento, podem ocorrer, em alguns casos, até 9 horas de espera antes de ter início o seu processo industrial. Esse é um caso recorrente, por exemplo, em indústrias voltadas para o processamento de polpa de tomate.

O tempo de espera no pátio, com o acondicionamento dos frutos sob peso, umidade, temperatura e, no caso das camadas superficiais, expostos à insolação, ocasiona alteração dos atributos físico-químicos dos frutos. A retirada de frutos em quatro momentos diferentes (0, 3, 6, e 9 horas após a chegada do caminhão) indicou a ocorrência de modificações na composição dos frutos, principalmente nas camadas mais profundas do recipiente de transporte e com o avanço do tempo de espera (MACHADO, 2018). Para milho doce observou-se uma redução na massa fresca da palhada, mas essa redução não interferiu no rendimento industrial. Isto demonstra a importância da manutenção da palha das espigas até o momento do processamento. Porém, como os caminhões ficam expostos ao sol, verifica-se que 12 horas após a colheita ocorre uma redução de cerca de 15% nos teores de SS em comparação com as espigas processadas imediatamente após a colheita (RICHERI, 2019), provavelmente em decorrência do incremento da atividade respiratória.

Além de danos mecânicos, as perdas pós-colheita associam-se aos eventos metabólicos que ocorrem naturalmente nos produtos hortícolas. Sabe-se que três processos fisiológicos interferem diretamente na conservação pós-colheita: respiração, transpiração e produção de etileno (Fig. 5 e 6).

A fotossíntese é o processo por meio do qual a energia luminosa impulsiona a síntese de carboidratos e a liberação de oxigênio a partir de dióxido de carbono e água, sendo que os compostos carbonados são utilizados na respiração, a fim de

Figura 5 - Frutos de tomate para processamento industrial



Nota: A - Maturação na colheita e danos mecânicos; B - Classificação quanto à coloração dos frutos.

Fotos: Munilo Alberto dos Santos

Figura 6 - Hortaliças murchas ou danificadas em gôndolas de supermercados sem refrigeração



Nota: A - Pimentões murchos; B - Espinafre murchos; C - Pimenta com mofo; D - Quiabo e tomate embalados.

Fotos: Marinalva Woods Pedrosa

liberar, de maneira controlada, a energia armazenada nestes para uso celular. Com a colheita, os produtos perdem a relação fonte dreno e o substrato respiratório tende a ser o material de reserva. Ainda, a energia liberada pode ser utilizável, como adenosina trifosfato (ATP), ou calor, que precisa ser liberado. Neste cenário, destaca-se a transpiração, processo responsável pelo efeito refrescante, que promove

a eliminação do calor. Contudo, há perda de água na forma de vapor, podendo acarretar murchamento e desidratação, uma vez que não há absorção de água após a colheita. Ressalta-se, também, a produção do etileno, hormônio gasoso que promove o amadurecimento do fruto, a senescência e a abscisão foliar e floral (TAIZ *et al.*, 2017), os quais alteram o sabor, o aroma, a textura e a cor.

Diante dessas causas de perdas que vão desde o plantio até o consumo e/ou processamento, torna-se imprescindível o uso de técnicas que promovam atraso na deterioração dos produtos, reduzindo as perdas pós-colheita e mantendo a qualidade do produto colhido.

O Quadro 1 apresenta os tipos de perdas, ocorrências e fatores, além de possíveis soluções para as problemáticas propostas.

Quadro 1 - Origem, problemáticas e possíveis soluções para perdas em hortaliças de frutos e folhas

Tipo de perda	Ocorrência	Fatores	Tecnologia/Prática
Quantitativa	Transplântio	Estande baixo Impurezas	Repasse com transplântio de mudas. Nivelamento do terreno e quebra de torrões.
	Colheita mecânica	Idade das máquinas Orientação dos operadores Regulagem dos mecanismos	Renovação da frota e menor número de manutenções. Treinamento dos operadores. Regular a altura de corte ou arranquio, sistema de trilha (quando houver).
Quantitativa/ Qualitativa	Transporte	Recipiente inadequado Altura da carga Tempo do produto no recipiente Trajetos de transporte	Transportar o produto em caixas, a granel, sacos. Uma altura que danifique menos os produtos. Reduzir o tempo dos produtos no recipiente de transporte. Procurar por vias em melhores pavimentações e menores trajetos.
		Pós-colheita	Distúrbio fisiológico Deficiência nutricional Distúrbio fisiológico Injúria por frio (Degenerescência) Alteração no metabolismo (Degenerescência) Controle ineficiente dos gases (Degenerescência) Barreiras físicas para trocas gasosas (Murchamento) Baixa umidade relativa (UR) do ar (Etileno) Ferimentos Dano mecânico Injúria por frio Anaerobiose Etileno (Respiração) Ferimentos Dano mecânico Temperatura elevada Concentração de O ₂

Fonte: Elaboração dos autores.

TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO

As técnicas de conservação pós-colheita envolvem processos químicos, físicos, bioquímicos, fisiológicos, microbiológicos, bem como refrigeração, logística e outros, visando reduzir as perdas e aumentar a disponibilidade de alimentos (DURIGAN, 2013), sem, contudo, alterar as características físicas, sensoriais e nutricionais. Dentre os tratamentos pós-colheita mais utilizados destacam-se a refrigeração, o controle ou a modificação da atmosfera, o uso de embalagens, a irradiação (CALEGARO; PEZZI; BENDER, 2002), e os inibidores de etileno.

Controle da temperatura

Neste cenário, ressalta-se a temperatura, um dos mais importantes fatores que afetam a qualidade dos produtos hortícolas, pois influencia diretamente os processos fisiológicos. A baixa temperatura diminui as atividades fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas que ocasionam a deterioração do produto e alteração de suas características, incluindo textura, sabor, cor e valor nutritivo. No entanto, alguns

produtos hortícolas provenientes de regiões tropicais e subtropicais sofrem injúria por frio se forem armazenados abaixo da temperatura crítica determinada, apresentando sintomas como colapso e necrose de tecidos, escurecimento (coloração amarronzada) do fruto, suscetibilidade ao ataque por patógenos, encharcamento e morte. Para evitar este tipo de injúria, deve-se conhecer a fisiologia do fruto para a utilização de temperaturas adequadas ao armazenamento e transporte desses produtos (FINGER *et al.*, 2008; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

O hidrorresfriamento é uma ferramenta relativamente barata e que diminui a atividade metabólica e como consequência prolonga a qualidade pós-colheita. Folhas de rúcula submetidas ao hidrorresfriamento imediatamente após a colheita e mantidas a 9 °C tiveram melhor preservação da qualidade por até 6 dias (PAULA *et al.*, 2016). O caruru, planta alimentícia não convencional, teve retardo nos processos degradativos durante o período pós-colheita, quando hidrorresfriadas e armazenadas a 9 °C com 80 ± 5% UR. Esses resultados

foram possíveis quando as folhas ficaram submersas nesta temperatura por 5 e 10 minutos, pois quando o período foi de 15 e 20 minutos houve dano na membrana celular (SILVA, 2016) (Fig. 7).

Embalagens e filmes plásticos

A utilização de embalagens plásticas é uma alternativa para conservação de produtos hortícolas, pois mantém alta a UR ao redor do fruto, em virtude da redução do déficit de pressão de vapor no interior da embalagem, o que conserva a aparência e o frescor do produto, diminuindo a perda de água por transpiração e, conseqüentemente, o murchamento (Fig. 8). Embora muitos filmes plásticos com diferentes permeabilidades aos gases sejam empregados, o polietileno de baixa densidade (PEBD) e o policloreto de vinila (PVC) são os mais utilizados para frutos (MACHADO; COUTINHO; CAETANO, 2007). O revestimento de berinjelas (*Solanum melongena*) com filmes de PVC promoveu a manutenção da aparência externa e reduziu a perda de massa em 55% em relação ao tratamento controle (SOUZA *et al.*, 2009).

Figura 7 - Hidrorresfriamento de hortaliças



Nota: A e B - Colheita de caruru; C, D e E - Processo de hidrorresfriamento.

Fotos: Katrine Assunção de Lima Silva

Figura 8 - Colheita, embalagem e comercialização de hortaliças

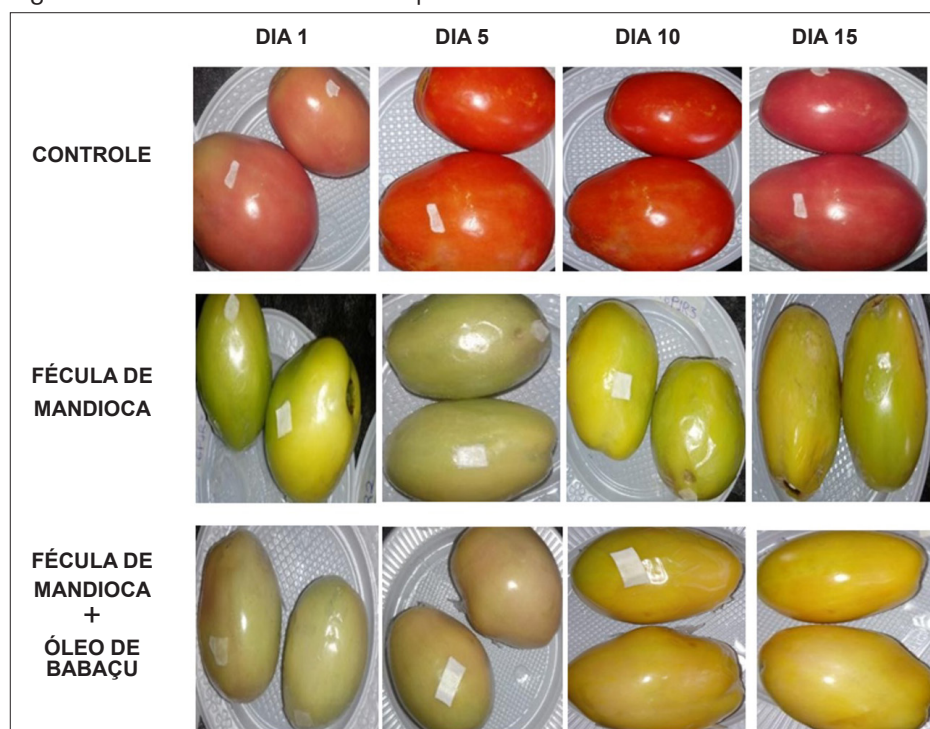


Nota: A - Colheita e embalagem de coentro no campo; B - Câmara de resfriamento na propriedade; C e D - Hortaliças comercializadas com revestimentos plásticos.

Revestimentos comestíveis

Os revestimentos comestíveis são constituídos de lipídeos, polissacarídeos e proteínas, cuja função é formar uma barreira física entre o produto e o ambiente, reduzindo o murchamento e níveis internos de oxigênio e aumentando a concentração de CO_2 . Essas mudanças físicas levam a alterações metabólicas, como a redução das taxas respiratórias e de produção de etileno e, consequentemente, aumento da vida útil dos produtos hortícolas. Tomates do grupo italiano IPA 6 tiveram um retardo no amadurecimento até 15 dias após a colheita, quando revestidos com película de 6% de fécula de mandioca em associação ao óleo de babaçu a 1% (Fig. 9). Os efeitos positivos foram observados nas análises de firmeza, perda de massa, SS ($^\circ\text{Brix}$), respiração e coloração dos frutos (ROCHA, 2020).

Figura 9 - Tomates revestidos com película



Irradiação

A irradiação tem sido empregada na conservação de alimentos por reduzir ou retardar danos causados por doenças, amadurecimento e a brotação de alguns produtos hortícolas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Todavia, a eficiência do tratamento depende de diversos fatores, como tipo de alimento, dose e tempo de exposição, dentre outros. Tomates maduros submetidos à radiação gama (0,25, 0,50 e 1,0 kGy¹) e armazenados sob refrigeração de 12 °C apresentaram menor perda de massa fresca em relação ao controle (sem radiação) (CASTRICINI *et al.*, 2004).

Inibidores de etileno

Quanto aos inibidores de etileno, destaca-se o emprego de 1-metilciclopropeno (1-MCP), que se liga ao receptor do etileno de forma competitiva, evitando a ação deste hormônio e afetando, indiretamente, a síntese de etileno em virtude da inibição via produto final. O 1-MCP aplicado em condições de temperatura ambiente, por 16 horas, retardou o pico de produção de etileno e CO₂, reduziu as taxas respiratórias e retardou a maturação de tomate ‘Santa Clara’ e ‘Carmen’ (tipo longa vida) durante a vida de prateleira. A dose de 1.000 nL/L foi mais efetiva na supressão do climatério respiratório que no aumento da produção de etileno e no desenvolvimento da cor da casca indicando que o 1-MCP pode alterar o sincronismo de alguns processos fisiológicos relacionados com a maturação de tomates (KRAMMES *et al.*, 2003).

Vale ressaltar que a escolha do método de conservação pós-colheita depende de vários fatores, como espécie, causa de perda, disponibilidade de recursos e custo-benefício.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As hortaliças folhosas e frutos são produtos altamente perecíveis, principalmente pelo elevado teor de água. Estas

características contribuem para reduzir a durabilidade, sendo que as perdas pós-colheita podem ser uma consequência de práticas e métodos inadequados, que vão desde o preparo da área para produção até a comercialização. Estes prejuízos associados ao aumento da população geram danos ambientais, por necessidade de aumento da área cultivada, e sociais. Diante disso, a geração de novas tecnologias e o emprego destas no campo, no transporte, no armazenamento e na disposição para a comercialização são fundamentais para a otimização dos diversos esforços humanos, recursos naturais e investimentos financeiros empregados para a produção de hortaliças de modo geral. No entanto, há que se considerar, também, a conscientização e o esclarecimento dos atores envolvidos nas diversas etapas desde o campo até a mesa do consumidor.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S.V. *et al.* Desempenho operacional e dados agrônômicos de transplante manual e mecanizado na cultura do alface. **Energia na agricultura**, Botucatu, v.35, n.1, p.29-37, jan./mar. 2020.

BRANDÃO FILHO, J.U.T. *et al.* Solanáceas. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T. *et al.* (org.). **Hortaliças-fruto**. Maringá: EDUEM, 2018. *E-book* (cap.2, p.37-70). Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1o0kPUTOlfjxE5pZOxvmerOcBzgpNwRb/view>. Acesso em: 8 out. 2020.

CALEGARO, J.M.; PEZZI, E.; BENDER, R.J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, n.8, p.1049-1055, ago. 2002.

CASTRICINI, A. *et al.* Uso da radiação gama na conservação pós-colheita do tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) em estágio maduro. **Revista Universidade Rural**. Série Ciência da Vida, Seropédica, v.24, n.1, p.85-91, jan./jun. 2004.

CENCI, S.A.; SOARES, A.G.; FREIRE JUNIOR, M. **Manual de perdas pós-colheita em frutos e hortaliças**. Rio de Janeiro: EM-

BRAPA-CTAA, 1997. (EMBRAPA-CTAA. Documentos, 27).

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed.atual. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 783p.

CUNHA, D.A. da *et al.* Transplântio ideal. **Revista Cultivar: hortaliças e frutas**, Pelotas, ano 11, n.72, p.23-25, fev./mar. 2012.

CUNHA, J.P.B. *et al.* Perdas na colheita de tomate industrial em função da regulação da colhedora. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.44, n.4, p.363-369, out./dez. 2014.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNELMA, O.R. **Química de alimentos de Fenne-ma**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p.

DURIGAN, J.F. Pós-colheita de frutas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.2, jun. 2013.

FAO. **El estado mundial de la agricultura y la alimentación: progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos**. Roma: FAO, 2019. 171p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>. Acesso em: 8 out. 2020.

FINGER, F.L. *et al.* Temperature and modified atmosphere affect the quality of okra. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n.4, p.360-364, July/Aug. 2008.

GUSTAVSSON, J. *et al.* **Global food losses and food waste: extent, causes and prevention**. Rome: FAO, 2011. 29p. Study conducted for the International Congress Save Food, Dusseldorf, Germany, 2011. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf>. Acesso em: 8 out. 2020.

KRAMMES, J.G. *et al.* Uso do 1-metilciclopropeno para retardar a maturação de tomate. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.21, n.4, p.611-614, out./dez. 2003.

MACHADO, N.P.; COUTINHO, E.F.; CAETANO, E.R. Embalagens plásticas e refrigeração na conservação pós-colheita de jaboticaba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.166-168, abr. 2007.

MACHADO, T. de A. **Avaliação da colheita e transporte do tomate industrial**. 2018. 124f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2018.

¹kGy = kilogray.

MACHADO, T. de A. et al. Quantitative and qualitative loss of tomato fruits during mechanized harvest. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.22, n.11, p.799-803, 2018.

MACHADO, T. de A. et al. Transplântio semi-mecanizado de mudas de tomate em função da velocidade de operação. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v.9, n.1, p.48-56, jan./mar. 2015.

MATTIUZ, B.H. Fatores da pré-colheita influenciam a qualidade final dos produtos. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n.7, p.18-21, jan./jun. 2007.

PAULA, T.R. et al. Qualidade pós-colheita de folhas de rúcula em resposta ao pré-resfriamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 54., 2016, Recife. **Anais** [...]. Recife: ABH, 2016. p.628. Tema: Hortaliças: inovação tecnológica e automação. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/EventosX2/EventosX/Trabalhos/EV_8/A6866_T10517_Comp.pdf. Acesso em: 8 out. 2020.

PAVAN, V.B. **Características fisiológicas de frutos de tomate para processamento industrial pulverizados com fertilizante or-**

ganomineral. 2019. 52f. Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos, 2019.

PIACENTINI, L. et al. Software para estimativa do custo operacional de máquinas agrícolas – MAQCONTROL. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.3, p.609-623, maio/jun. 2012.

RADOJEVIĆ, R.L. et al. Mechanized harvesting of leafy parsley crops in the region of South Banat. **Poljoprivredna Tehnika**, Belgrado, ano 38, n.1, p.39-47, 2013.

RICHERI, R. da S. **Influência de diferentes intervalos de processamento de milho-doce nas características qualitativas e quantitativas**. 2019. 27f. Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal Goiano de Educação, Ciência e Tecnologia, Morrinhos, 2019.

ROCHA, N.E.P. **Revestimentos alternativos para conservação pós-colheita do tomate (*Solanum lycopersicum* L.)**. 2020. 41f. Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos, 2020.

SILVA, K.A. de L. **Qualidade pós colheita de caruru em resposta ao tempo de hidro-resfriamento**. 2016. 34f. Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos, 2016.

SOUZA, P.A. de et al. Conservação pós-colheita de berinjela com revestimentos de fécula de mandioca ou filme de PVC. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.27, n.2, p.235-239, abr./jun. 2009.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

ZANDONADI, D.B. et al. **Efeito da adubação com fertilizantes organomineral nos componente de produção da alface romana**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2018. 22p. (Embrapa Hortaliças. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 164).

ZARO, M. (org.). **Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios**. Caxias do Sul: EDUCS, 2018. 417p. Disponível em: <https://www.uces.br/site/midia/arquivos/e-book-desperdicio-de-alimentos-velhos-habitos.pdf>. Acesso em: 8 out. 2020.



ARUÁ
Porque damos valor

Conheça também nossa
PESADORA DE FRUTAS

CERAS PARA FRUTAS

As CERAS Aruá atendem, com excelência, às necessidades de conservação, qualidade e brilho das frutas.

LINHA BR
LINHA EXTRA

LINHA TROPICAL
LINHA ULTRA

LINHA UE
POLIWAX

PACOTES E SACARIAS DE 1 A 25 KG
-Pacotes de 1 a 5 kg - média de 8 pacotes por minuto



Saiba mais sobre nossos produtos em nosso site e redes sociais

aruá.com.br
[/aruá.poscolheita](https://www.instagram.com/aruá.poscolheita)
[/aruabrasil](https://www.facebook.com/aruabrasil)

Entre em contato: **Tel. 16 3383-1090**
16 99608-6658
e-mail: comercial@aruá.com.br
Matão SP

PÓS-COLHEITA É O NOSSO NEGÓCIO

Pós-colheita de plantas medicinais

Maira Christina Marques Fonseca¹, Sérgio Maurício Lopes Donzeles², Mariane Borges Rodrigues de Ávila³, Naiara Cristina Zotti-Sperotto⁴, Evandro de Castro Melo⁵, Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto⁶

Resumo - O cultivo de plantas medicinais é uma ótima alternativa para diversificar a produção de agricultores familiares. Além disso, há incentivo federal (Relação Nacional das Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde) e estadual (o Componente Verde da Rede Farmácias de Minas, por exemplo), com o objetivo de promover o uso racional e sustentável da biodiversidade e a disponibilização de plantas medicinais e fitoterápicos no Sistema Único de Saúde. A qualidade do material vegetal é obtida durante todo o processo produtivo, desde a identificação botânica, escolha da espécie, época e local de plantio, sistema de cultivo adequado (orgânico ou agroecológico), manejo e/ou tratamentos culturais, determinação da época e dos cuidados na colheita e, finalmente, o processamento pós-colheita (secagem e armazenamento). Neste contexto, é muito importante realizar todo o processo cuidadosamente e utilizar as tecnologias adequadas para cada espécie medicinal, visando preservar os constituintes químicos de interesse terapêutico. A pós-colheita consiste num conjunto de processos realizados que visam preservar sua qualidade adquirida pelas técnicas adequadas de cultivo, para aumentar seu período de conservação. Ressalta-se que não é possível melhorar a qualidade do produto por meio do processamento pós-colheita, mas sim minimizar sua perda e preservar os compostos bioativos de interesse medicinal. A EPAMIG, em parceria com outras instituições de pesquisa, tem desenvolvido e aprimorado tecnologias do cultivo à pós-colheita de plantas medicinais, contribuindo para a segurança do uso terapêutico e da qualidade fitoquímica do material vegetal disponibilizado à população.

Palavras-chave: Armazenamento. Embalagem. Qualidade fitoquímica. Secagem.

Post-harvest of medicinal plants

Abstract - The medicinal plants cultivation is a great alternative to diversify the production of family farmers. In addition, there are Federal (Relação Nacional das Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde) and State incentives (Componente Verde da Rede Farmácias de Minas, for example), with the objective of promoting the rational and sustainable use of biodiversity and making available medicinal plants and phytotherapics to the Sistema Único de Saúde. The plant material quality is obtained during the production process, included: botanical identification, plant material selection, adequate cultivation system (organic or agroecological), management and/or cultural treatments, determination of the time and care in the harvest and finally the post-harvest processing (drying and storage). In this context, it is very important to carry out the entire appropriate process and using the specific technologies for each medicinal species, aiming to preserve the chemical constituents of therapeutic interest. The post-harvest managing consists of a set of processes carried out that aims to preserve the quality acquired by cultivation techniques and to increase the conservation period. It is noteworthy that it is not possible to improve the product quality through post-harvest processing, but to minimize its loss and preserve the bioactive compounds of medicinal interest. EPAMIG, in partnership with other research institutions, has developed and improved technologies from cultivation to post-harvest of medicinal plants, contributing to the safety therapeutic use and the phytochemical quality of plant material made available to the population.

Keywords: Storage. Packing. Phytochemical quality. Drying.

¹ Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sudeste, Viçosa, MG, maira@epamig.br.

² Eng. Agrícola, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sudeste, Viçosa, MG, slopes@epamig.br.

³ Eng. Agrícola, D.Sc., Pós-doutoranda UFV, Viçosa, MG, avilanane@gmail.com.

⁴ Eng. Agrícola, D.Sc., UFV - Depto. Engenharia Agrícola, naiazotti@gmail.com.

⁵ Eng. Agrícola, D.Sc., Prof. Tit. UFV, Viçosa, MG, evandro@ufv.br.

⁶ Farmacêutica-bioquímica, D.Sc., Pesq. Colaboradora/Aposentada EPAMIG Sudeste, Viçosa, MG, claudia.epamig@gmail.com.

Submissão: 29/10/2020 - Aprovação: 14/12/2020

INTRODUÇÃO

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), planta medicinal é toda planta ou parte desta que contenha as substâncias ou classe de substâncias responsáveis por alguma ação terapêutica (ANVISA, 2010). Historicamente, os seres humanos sempre utilizaram as plantas para o tratamento de inúmeras doenças. Em muitos casos, onde não se tinha acesso ou não existiam ainda medicamentos sintéticos, a utilização de plantas medicinais era a única opção para a cura de enfermidades (DUTRA *et al.*, 2016).

O Brasil possui a maior diversidade genética do mundo, pois a Amazônia representa a maior reserva de produtos naturais com ação medicinal do Planeta e detém valioso conhecimento tradicional do uso das plantas medicinais que é transmitido entre gerações (BRASIL, 2006). A grande biodiversidade da flora brasileira é fonte de matéria-prima para o desenvolvimento de fitoterápicos e sua inclusão no Sistema Único de Saúde (SUS) (BRASIL, 2006; LOPES; NASCIMENTO, 2017). Neste contexto, a cadeia produtiva de plantas medicinais, desde o cultivo até a comercialização, deve ser muito bem conduzida em todas as etapas do processo, a fim de preservar os compostos bioativos presentes no material vegetal e, conseqüentemente, sua qualidade fitoquímica.

As propriedades terapêuticas das plantas medicinais são atribuídas aos metabólitos secundários por estas produzidos, muitos são economicamente importantes, como, por exemplo, os óleos essenciais.

Independentemente dos motivos para utilização das plantas medicinais, não há dúvida de que houve aumento na procura por métodos naturais menos agressivos, representando um grande desafio para países desenvolvidos e em desenvolvimento, no que diz respeito à produção sustentável, à padronização e ao controle de qualidade da

matéria-prima. Além disso, o desenvolvimento de tecnologias adequadas ao cultivo e pós-colheita de plantas medicinais tem sido incentivado pelo governo por meio da implementação de programas oficiais de saúde (RODRIGUES; SIMONI, 2010).

CUIDADOS NA COLHEITA E PÓS-COLHEITA

Cada espécie medicinal tem suas particularidades quanto à colheita, como por exemplo, a época e o horário ideal, o estágio de desenvolvimento da planta, o tipo de colheita (manual ou mecanizada), dentre outras. Entretanto, existem algumas regras gerais quanto à época de colheita adequada em função da parte da planta de interesse medicinal:

- a) raízes, rizomas, tubérculos e bulbos devem ser colhidos durante o inverno, após o período de máximo acúmulo, quando entram em repouso;
- b) cascas devem ser colhidas na primavera e no verão, pois, em condições ambientais de maior umidade, a retirada das cascas é facilitada, reduzindo riscos de danos permanentes às plantas;
- c) folhas, em geral, são colhidas no início da floração. Algumas espécies permitem vários cortes, colheitas no final do período seco com boa regeneração durante o período chuvoso;
- d) flores devem ser colhidas antes da formação das sementes, mas devem estar completamente abertas, o que facilita a secagem;
- e) frutos devem ser colhidos pouco antes da maturação.

Os compostos bioativos podem sofrer variações em seus teores durante o dia, podem ocorrer perdas no teor de óleos essenciais à medida que a temperatura do dia aumenta. Isto ocorre porque os compostos presentes no óleo são voláteis e possuem dentre outras funções a atração de polinizadores.

Como recomendação geral, na colheita devem-se observar as condições climáticas favoráveis: não colher com chuva, orvalho, solo molhado ou elevada umidade relativa (UR) do ar, pois o processo de secagem e a qualidade do material são prejudicados. Quanto aos equipamentos utilizados na colheita e no acondicionamento para o transporte das plantas, ambos devem estar limpos e em boas condições. O material colhido não deve ser colocado em contato com o solo, devem-se utilizar caixas ou panos como os usados, por exemplo, na colheita do café (Fig. 1).

Logo após a colheita, deve ser separado todo o material estranho (insetos, partes de outras plantas, partes da própria planta medicinal que estejam deterioradas) e ser colocado apenas o material vegetal selecionado para a secagem. A distribuição do material vegetal no local da secagem deve ser uniforme, com o objetivo de garantir sua homogeneização, preferencialmente sem a necessidade de movimentação, o que pode danificar o material, além de ser mais uma etapa que envolve mão de obra e um risco a mais de contaminação.

SECAGEM

A secagem é um processo fundamental para a conservação dos compostos bioativos presentes nas plantas medicinais. Como são produtos perecíveis, logo após a colheita é necessário proceder a secagem do material vegetal, visando à conservação dos compostos de interesse terapêutico. O material vegetal seco é empregado com frequência por ter maior estabilidade química, no entanto, exige cuidados especiais, a fim de interromper os processos metabólicos que ocorrem após a colheita. Quando colhidos, o teor de água está entre 60% e 80% bu¹, condição inadequada para a conservação dos princípios ativos medicinais.

¹ bu = base úmida.

Os objetivos da secagem das plantas medicinais são:

- reduzir o teor de água para valores menores que 10% bu;
- maximizar a quantidade e qualidade dos princípios ativos;
- inibir o crescimento de microrganismos e as reações enzimáticas de deterioração;
- reduzir o volume inicial, facilitando o transporte e, conseqüentemente, reduzindo o custo por unidade transportada;
- criar condições para um armazenamento seguro e duradouro.

Para alcançar esses objetivos, é muito importante que o processo de secagem ocorra dentro de condições minimamente controladas, portanto é recomendável o uso de um secador. No processo de secagem (Fig. 2), o ar deve ser aquecido em relação à temperatura ambiente e impulsionado por um ventilador, para que tenha a capacidade de evaporar e carrear a água contida no material vegetal. De maneira geral, para cada 10 kg de planta fresca, são evaporados de 7 a 8 kg de água, para obtenção do teor final de água em torno de 10% bu.

O secador deve ter um sistema de aquecimento (fonte de energia térmica para aquecer o ar ambiente) e uma câmara de secagem, onde fica o produto a ser seco, local em que ocorrem os fenômenos de troca de energia (o ar se esfria e o produto se aquece) e troca de massa entre a planta e o ar aquecido (o ar se umedece, carregando vapor d'água que saiu da planta) (PARK *et al.*, 2014). É preciso um ventilador para movimentar esse ar através do secador e passando-o pelo produto.

Durante a secagem, as plantas medicinais podem estar estáticas ou em movimento, dispostas em bandejas ou sobre um piso perfurado, para que o ar circule em paralelo ou perpendicular ao produto (Desenho 1).

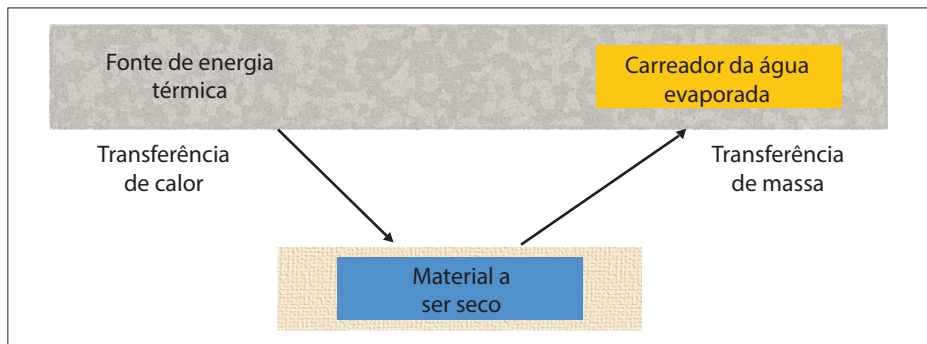
Os secadores mais usados no Brasil são os do tipo: estático (com bandejas perfuradas ou com piso perfurado) e rotativo (Fig. 3). Quanto ao sistema de aquecimento do ar pode ser:

Figura 1 - Colheita de guaco (*Mikania laevigata*) no Campo Experimental do Vale do Piranga (CEVP) da EPAMIG Sudeste – Oratórios, MG



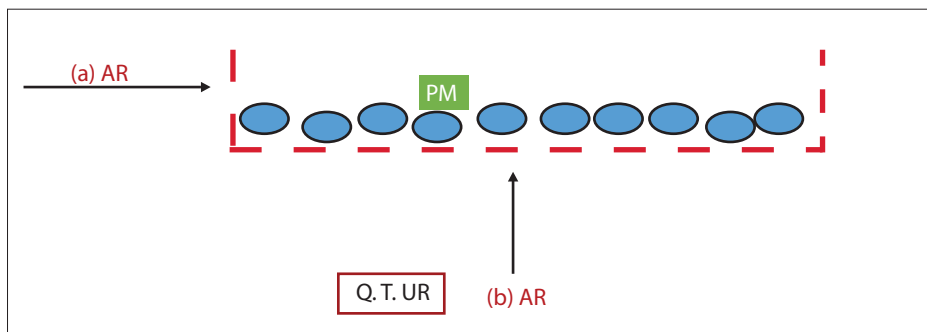
Maira Christina Marques Fonseca

Figura 2 - Diagrama do processo de secagem



Fonte: Park *et al.* (2014).

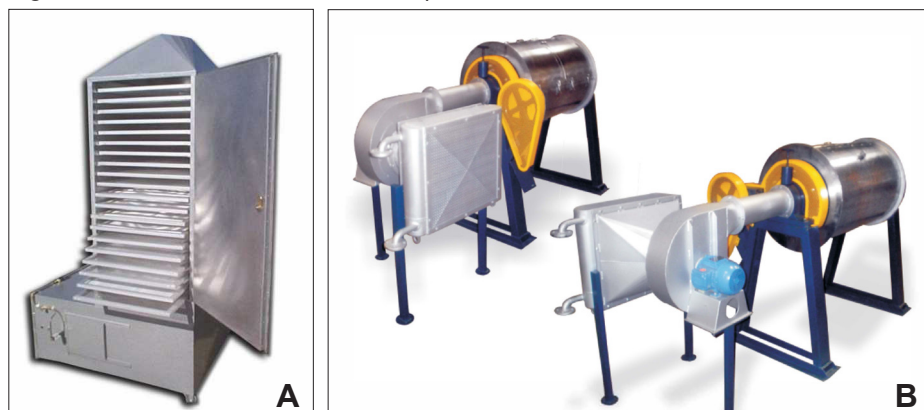
Desenho 1 - Secagem de plantas medicinais



Fonte: Elaboração dos autores.

Nota: Esquema de plantas medicinais (PM) na bandeja de um secador com fluxo de ar (a) paralelo ou (b) perpendicular, conhecendo a vazão (Q, m³/s), a temperatura (T) (°C) e a umidade relativa (UR) (%) do ar de secagem.

Figura 3 - Modelos de secadores de plantas medicinais encontrados no mercado



Fonte: (A) Meloni Consultoria (2020) e (B) PAULINIALVES (2020).

Nota: A - Secador de bandejas dispostas em carro e com fornalha; B - Secador rotativo com trocador de calor com vapor d'água.

- fornalha de fogo indireto que queime biomassa;
- combustão de gás ou óleo diesel;
- trocador de calor com vapor d'água;
- coletor de energia solar.

Nos sistemas de aquecimento do ar que utilizam combustão, os gases originados da queima não podem entrar em contato com o produto na câmara de secagem, pois ocorrerá contaminação. Exceções se fazem ao gás liquefeito (GLP) e ao gás natural (GN), cujas combustões, quando devidamente ajustadas, não liberam resíduos.

O secador, quando operado adequadamente, apresenta como vantagem a redução no tempo de secagem e obtenção de um produto de qualidade com maior valor agregado para o produtor. Quando não há o devido cuidado, pode ocorrer a degradação de princípios ativos e da cor, em função da temperatura do ar e do tempo de exposição a esta.

Atualmente, os estudos sobre influência da secagem nos princípios ativos de plantas medicinais levam em consideração os parâmetros do ar de secagem (temperatura, UR e velocidade), relacionados com as estruturas armazenadoras dos princípios ativos de interesse e a classe química desses compostos. No Quadro 1 estão apresentadas algumas recomendações de temperatura do

ar para a secagem de plantas medicinais de maneira estática em bandejas com fluxo de ar perpendicular ao produto.

O processo de secagem em condição ambiente pode ser demorado e favorecer a contaminação por microrganismos e a ocorrência de reações enzimáticas, que afetam diretamente a qualidade dos princípios ativos de interesse. Assim, o processo de secagem ao ar ambiente é recomendado para regiões de baixa UR do ar. O material vegetal deve ser seco à sombra, em ambiente ventilado, a fim de que sua umidade seja removida por evaporação. O produto pode ser disposto sobre tabuleiros

perfurados, em camadas relativamente finas, revolido de modo que uniformize o processo e seja protegido para não absorver umidade durante a noite. Nesse processo de secagem não há controle da temperatura, por isso não é recomendado para a secagem de plantas medicinais, cujo composto bioativo de uso medicinal seja volátil. Este método de secagem é relativamente econômico e viável em climas quentes e secos, entretanto requer gasto com mão de obra, sendo, em geral, utilizado em cultivos de menor escala.

As variações que podem ocorrer com o material vegetal após a secagem dependem das características físicas e químicas de cada espécie medicinal, logo, os processos devem ser adequados para cada espécie.

EMBALAGEM E ARMAZENAMENTO

Após a secagem, a conservação do material vegetal dependerá principalmente de três fatores: umidade residual, embalagem e tempo de armazenamento. De maneira prática, pode-se embalar o material vegetal quando está levemente quebradiço. Outra opção é pesar as mesmas amostras do material vegetal em dias consecutivos até que apresente peso constante.

Quadro 1 - Temperatura do ar de secagem recomendada para plantas medicinais, em secador de bandejas

Nome comum (nome científico)	Temperatura recomendada (Fonte)
Guaco (<i>Mikania glomerata</i>)	50 °C (RADÜNZ <i>et al.</i> , 2014)
Hortelã-comum (<i>Mentha x villosa</i>)	50 °C (RADÜNZ <i>et al.</i> , 2006)
Erva-cidreira (<i>Lippia alba</i>)	40-80 °C (BARBOSA, 2005)
Capim-limão (<i>Cymbopogon citratus</i>)	50 °C (MARTINS, 2000)
Melaleuca (<i>Melaleuca alternifolia</i>)	40-80 °C (LEMONS, 2008)
Tomilho (<i>Thymys vulgaris</i>)	50 °C (ROCHA <i>et al.</i> , 2012)
Erva-baleeira (<i>Varronia curassavica</i>)	50 °C (OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2019)
Pimenta-rosa/frutos (<i>Schinus terebinthifolius</i>)	50 °C (GOVERNICI <i>et al.</i> , 2020)

Fonte: Valores extraídos de publicações do Grupo de Pesquisa em Secagem de Plantas Medicinais do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV) disponíveis em: <http://secagemplanta.ufv.br>.

Embalagens

As embalagens atuam como barreira de proteção do material vegetal contra o contato direto com o ambiente, evitando ou diminuindo as contaminações, manuseio inadequado e perda das características do produto.

A embalagem a ser utilizada vai depender do volume produzido e do tempo que se pretende armazenar o produto. Em geral, os materiais utilizados como embalagem devem ter máxima impermeabilidade a gases, luz, umidade e ser quimicamente inertes.

As embalagens mais usuais de plantas medicinais secas são papel, plástico, vidro e saco de juta (Fig. 4). Dentre estas, destacam-se o polietileno de baixa densidade, o vidro e o papel. O polietileno de baixa densidade é obtido a partir do gás etileno e tem como propriedades, densidade, dureza, flexibilidade, viscosidade e transparência.

O papel é um dos materiais de embalagem de maior uso no mundo, associado ao custo reduzido, baixo peso e grande maleabilidade. Por outro lado, não é impermeável à água e possui a desvantagem de ser suscetível a danos mecânicos, contaminação microbiológica e penetração de insetos e roedores. Dentre os vários tipos de papéis destacam-se o papel kraft – denominação genérica de uma série de papéis de alta resistência mecânica, feito com celulose não branqueada (kraft natural) – e o kraft branco, de idênticas propriedades do kraft natural, submetido ao branqueamento químico.

O uso das embalagens de plástico tem crescido por causa do baixo custo, leveza e versatilidade. Os plásticos são sensíveis à oxidação e à temperatura, além disso são inflamáveis, resistentes, transparentes e possuem permeabilidade relativamente baixa ao vapor d'água. São quimicamente inertes e, praticamente, não possuem odor e nem transmitem sabor significativo aos alimentos. No entanto, no caso de plantas medicinais aromáticas, acondicionadas por longos períodos, pode ocorrer perda gradual do aroma, uma vez que é permeável a muitos óleos essenciais.

Figura 4 - Embalagens protetoras



Nota: Papel kraft, vidro e polietileno de baixa densidade.

O polipropileno, desde que foi introduzido no mercado em 1954, tornou-se uma das mais importantes resinas termoplásticas da atualidade, sendo o terceiro mais vendido no mundo e o segundo no mercado brasileiro. É obtido por meio da polimerização do gás propeno, e é classificado em três tipos: homopolímero, copolímero alternado e copolímero estatístico.

Pequenas quantidades podem ser armazenadas em vidro ou sacos de polietileno, que permitem boa conservação. A maneira indicada é utilizar vidro escuro com tampa de rosca; na falta deste, pode ser vidro claro, recoberto com papel pardo escuro ou papel alumínio. O vidro deve ser previamente fervido em água, por 15 a 20 minutos. Existem outras opções de embalagem, como: saco plástico – que deve ser usado por períodos curtos (15 a 30 dias); saco de papel – quando usado deve ser acondicionado dentro de outro recipiente; lata – com tampa, sem restrições; pote e caixa de plástico – com tampa, também sem restrições e saco de pano – semelhante ao saco de papel.

O uso de saco de juta é recomendado na embalagem de grandes produções. Em todos os casos recomendam-se pisos com estrados de madeira e não encostados na parede. Deve haver inspeções periódicas, e a qualquer indício de deterioração, as plantas devem ser retiradas do local.

A escolha de embalagens para armazenar as plantas vai depender da espécie medicinal, da quantidade de material vegetal e do destino da produção. Em cada espécie, estando seca ou fresca, haverá um ponto ótimo entre embalagem e tempo de estocagem.

Dentre inúmeras funções, a de maior destaque em uma embalagem é o fato de entregar ao consumidor o produto com o mesmo nível de qualidade, ou bem próximo àquela dos produtos frescos. A embalagem atua como barreira de proteção do produto contra o contato direto com o ambiente, o que evita ou reduz a possibilidade da ocorrência de contaminações, manuseio inadequado e perda das características do produto. No entanto, a embalagem pode representar uma fonte de riscos, em decorrência da migração de substâncias de sua própria constituição ao produto.

Nas embalagens utilizadas para o acondicionamento de plantas medicinais é indispensável atentar para a proteção quanto a exposição à luz, variações de umidade, ação de fungos e contaminações bacterianas, fatores esses que afetam os princípios ativos e, conseqüentemente, as suas propriedades farmacológicas (COLET *et al.*, 2015). A embalagem deve apresentar laque ou selo de segurança que garanta a inviolabilidade do produto. As informa-

ções no rótulo ou no folheto informativo também são importantes e contribuem para a garantia do consumo seguro, e devem incluir: nomenclatura botânica e popular; parte usada; nome do fabricante; data de fabricação e prazo de validade (ANVISA, 2014).

Armazenamento

A umidade do produto deve ser mantida em teores que impeçam a multiplicação de fungos e insetos, e a redução da temperatura evita a deterioração. Além destes fatores, deve-se estar atento ao valor da UR do ar e à luminosidade no ambiente de armazenamento.

Segundo Fennell *et al.* (2004), as condições que conduzem a decomposição das plantas colhidas são governadas pela composição do material e por vários fatores ambientais. Existem três processos principais por meio dos quais a qualidade do material vegetal pode ser afetada: decomposição química, contaminação microbiológica e infestação por insetos.

O armazenamento de plantas medicinais tem como objetivo a preservação, por maior período possível, da sua qualidade após a colheita. Entretanto, é importante considerar que os produtos apresentam prazos de validade, a partir dos quais as suas propriedades são alteradas.

As empresas brasileiras que atuam na área de produtos naturais têm enfrentado vários problemas que dificultam sua atuação, dentre estes, dificuldades no suprimento, armazenamento e padronização da matéria-prima. As indústrias nacionais necessitam realizar um grande esforço para atender aos padrões de qualidade exigidos mundialmente e até mesmo no País, a partir de normativas aprovadas pelo Ministério da Saúde.

Para garantir a qualidade do produto final, é importante que as plantas medicinais sejam armazenadas em ambientes adequados, caso contrário, o desenvolvimento de microrganismos pode causar fermentações indesejáveis e contaminações por toxinas, que depreciam a qualidade do

produto, dificultam sua comercialização e comprometem sua ação medicinal. O local de armazenamento deve ser limpo e sanitizado previamente e o acondicionamento dependerá do volume que se deseja armazenar. Pequenas quantidades podem ser armazenadas em vidros ou sacos de polietileno.

Após a secagem, para preservação de suas qualidades por período máximo de validade de, aproximadamente, um ano, deve-se levar em consideração três fatores básicos: umidade residual, tipo de embalagem e tempo de armazenamento.

O teor de água residual ideal após a secagem deve ser de 5% a 10% (bu) para folhas e flores, e de 12% a 20% (bu) para as cascas e raízes (MARTINS, 2000).

O armazenamento de plantas medicinais secas ainda é pouco pesquisado, o que demonstra não ser uma grande preocupação das empresas do ramo. Na prática, o que se encontra é a matéria-prima vegetal armazenada em galpões, embalada em sacos de papel kraft, juta ou polipropileno trançado, sem nenhum acompanhamento das condições físicas e químicas da planta durante a estocagem.

Pesquisas realizadas em âmbito nacional sobre a influência do ar de secagem e da armazenagem sobre a composição química de plantas medicinais e aromáticas ainda são insuficientes (MARTINS, 2000). A área de pré-processamento e armazenagem é a mais deficiente em informações científicas dentro do trabalho multidisciplinar envolvendo plantas medicinais e aromáticas. Para determinar a melhor embalagem para conservação e comercialização, período indicado de estocagem, temperatura e UR, há necessidade de estudos detalhados sobre cada espécie.

Durante o armazenamento de plantas medicinais é de fundamental importância considerar os seguintes aspectos (BEVILAQUA; SCHIEDECK; SCHWENGBER, 2007):

- a) o armazenamento deve ser feito em lugar seco, bem ventilado e à sombra;

- b) o local deve permitir o isolamento do ambiente externo, em caso de condições climáticas inadequadas (UR e temperatura altas);
- c) no caso de material higroscópico e de alto valor, devem-se utilizar latas ou caixas plásticas que permitam tampar eficazmente;
- d) não misturar ervas sem cheiro com ervas aromáticas, pois o contato entre estas pode causar alterações na composição;
- e) em caso de emboloramento, deve-se eliminar o material contaminado por fungos e proceder novamente à secagem do restante do material vegetal;
- f) deve-se guardar separadamente folhas, flores, casca e raiz, para evitar a mistura de aromas;
- g) para embalar grandes quantidades de material vegetal, pode-se utilizar caixa de madeira com tampa de boa vedação e contendo material higroscópico, como ureia ou cloreto de cálcio;
- h) no caso de aparecimento de insetos e mofos, proceder a ventilação, lavagem e desinfecção dos equipamentos utilizados e do local de armazenamento.

No armazenamento do material vegetal, recomendam-se utilizar estrados de madeira não encostados na parede e realizar inspeções periódicas. Se houver qualquer indício de deterioração, as plantas devem ser retiradas do local.

Cada lote de material vegetal deve ser identificado com o número, nome do produtor, período de secagem, tipo de secagem utilizada, início e término da secagem e a assinatura da pessoa responsável pelo armazenamento. Estes cuidados contribuem para a garantia da qualidade e identidade do produto.

CONTROLE DE QUALIDADE

O valor comercial das plantas medicinais é determinado por sua qualidade. Dessa forma, o aspecto microbiológico merece

imprescindível consideração, pois a análise do material vegetal fornece informações importantes sobre sua qualidade, higiene e sanitização em sua manipulação e ao longo do processamento, adequação das técnicas utilizadas na preservação e eficiência das operações de transporte e armazenamento do produto (MELO *et al.*, 2000).

No Brasil, as plantas medicinais são comercializadas em feiras livres e em mercados, espaços esses considerados importantes para manutenção de aspectos culturais e para o reconhecimento de recursos biológicos potenciais (CAJAIBA *et al.*, 2016). Entretanto, mesmo diante do empenho dos órgãos governamentais em regular e tornar o uso de plantas medicinais seguro para a população, existem inconformidades relacionadas com a automedicação e condições de comercialização no que se refere a embalagens, rotulagem e contaminações. Dentre as inconformidades constatam-se embalagens que não conferem proteção adequada ao produto, a falta de informações necessárias ao consumidor nas embalagens dos fitoterápicos e a existência de erros de identificação botânica (LEAL-COSTA *et al.*, 2018; LOPES *et al.*, 2019), além da presença de impurezas, ausência de rótulo, diferenças no teor de constituintes químicos (MARTINS, 2000).

As plantas medicinais têm grande importância socioeconômica mundial, considerando a sua alta demanda por grande parte da população para fins de tratamento de doenças. Dessa forma, o controle da qualidade e a segurança do uso das plantas medicinais ao longo da cadeia produtiva são exigências legais com foco na inocuidade e qualidade, incluindo a eficácia terapêutica (SOUZA-MOREIRA; SALGADO; PIETRO, 2010). Os principais fatores que devem ser controlados para garantir a qualidade das plantas medicinais são:

- a) identificação botânica correta;
- b) condições e uso de tecnologias adequadas de cultivo, colheita e pós-colheita para cada espécie medicinal;
- c) evitar contaminações com materiais estranhos, como partes de outras

plantas, contaminações inorgânicas e/ou microbianas.

Assim como os medicamentos convencionais, medicamentos à base de plantas medicinais são testados para fins de conhecimento da eficácia e dos riscos de seu uso, e para garantia de qualidade. No Brasil, o controle desses medicamentos é uma atribuição da Anvisa e das Vigilâncias Sanitárias Municipais e Estaduais, sendo uma exigência a realização do controle da qualidade ao longo da cadeia produtiva, do cultivo ao produto final (droga vegetal ou fitoterápico prontos para dispensação). Para isso, são necessárias análises do material vegetal, incluindo a identificação botânica da espécie; análises químicas para identificação e quantificação dos constituintes químicos, a fim de assegurar a confiabilidade e a repetibilidade dos dados clínicos e farmacológicos; o conhecimento dos compostos bioativos presentes e seus possíveis efeitos adversos; análises para identificação de fraudes e de contaminações grosseiras; análises microbiológicas para pesquisa de microrganismos patogênicos associados a infecções e intoxicações, e microrganismos deteriorantes associados à degradação do material vegetal e, conseqüentemente, à redução da eficácia e segurança do produto.

Resultados de análises da avaliação da qualidade de matérias-primas são indicativos dos cuidados de conservação e de manipulação e devem seguir as recomendações descritas em compêndios oficiais e em referências bibliográficas pertinentes. Incluem análises de prospecção fitoquímica por cromatografia em camada delegada ou cromatografia gasosa, avaliação das características sensoriais, granulometria, teor de cinzas totais, teor de umidade/perda por dessecação, contaminantes microscópicos, teste limite para metais pesados e pesticidas, qualidade microbiológica e outros testes necessários para assegurar a qualidade da matéria-prima vegetal (ANVISA, 2014).

A inocuidade e qualidade da matéria-prima vegetal é um entrave na cadeia

produtiva. A obtenção do material vegetal contaminado com bactérias e fungos, e/ou com contaminantes químicos, como pesticidas e metais pesados, compromete a qualidade fitoquímica e a segurança de uso. Esse problema é associado, principalmente, a práticas agrônômicas incorretas no manejo do solo e no tratamento pós-colheita do material vegetal, como o transporte, embalagem, e o tempo adequado para o processamento de secagem. Os produtos vegetais têm, naturalmente, em função da característica inerente do processo produtivo, o contato com o solo, o qual, se inadequado ao cultivo, torna-se uma fonte contaminante de natureza biológica ou química. Contaminantes de natureza microbiana em plantas medicinais ocasionam a deterioração do material vegetal, além de infecções e intoxicações. Dessa forma, o controle de qualidade microbiológico de plantas medicinais e/ou fitoterápicos é uma exigência legal e, por meio dos resultados, podem-se definir medidas adequadas de controle higiênico-sanitário na produção, colheita, armazenamento, processamento e comercialização. Os grupos microbianos contaminantes de importância médico-sanitária em plantas medicinais incluem bactérias aeróbias mesófilas, bactérias do grupo coliformes totais e coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*), além dos fungos filamentosos e leveduras. Os fungos produzem diversas enzimas capazes de degradar substratos orgânicos. No caso das plantas medicinais, a contaminação fúngica traz como consequência alterações químicas nos seus princípios ativos, com conseqüente interferência na sua bioatividade e, assim, redução ou perda da ação terapêutica esperada. Ainda deve-se considerar que o consumo de plantas medicinais com índice de contaminação com fungos filamentosos acima dos padrões recomendados é um risco à saúde, levando-se em conta que espécies de *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*, comuns neste tipo de material, produzem metabólitos secundários tóxicos (micotoxinas) associados a micotoxicoses que são intoxicações de caráter agudo ou crônico. As micotoxinas são os principais contaminantes detectados em plantas medicinais, e com as endotoxinas bacterianas são incluídas no

grupo denominado de substâncias tóxicas e perigosas.

Na comprovação da eficácia de medicamentos à base de plantas, exigem-se procedimentos para o controle da qualidade ao longo da cadeia produtiva, do plantio ao produto final (droga vegetal ou fitoterápico) para dispensação. As análises incluem a determinação dos constituintes químicos para que sejam asseguradas a confiabilidade e a repetibilidade dos dados clínicos e farmacológicos, determinação dos compostos ativos e dos possíveis efeitos adversos, a fim de promover a manutenção da qualidade do material. Para o controle de qualidade do material vegetal, devem ser empregadas metodologias de referência para as análises químicas, botânicas para identificação da espécie, análise de fraudes e de contaminações grosseiras, além de análises microbiológicas quantitativas e qualitativas para avaliação da qualidade higiênico-sanitária do material vegetal. Para o alcance dos benefícios medicinais das plantas, é imprescindível que a produção/cultivo e o processamento sejam adequados à cada espécie. A rastreabilidade do processo é fundamental, considerando que todas as etapas da cadeia produtiva, incluindo o preparo do solo, o cultivo, a irrigação, a adubação, a colheita e a pós-colheita, interferem diretamente na qualidade fitoquímica das plantas medicinais. Uma exigência primordial para assegurar a qualidade do medicamento fitoterápico e do produto tradicional fitoterápico é o cumprimento das Boas Práticas Agrícolas (BPA) e das Boas Práticas de Fabricação dos Insumos Farmacêuticos Ativos (IFA) vegetais por parte dos fabricantes dos insumos (ANVISA, 2014).

PESQUISAS EPAMIG

A EPAMIG, em parceria com outras instituições de pesquisa, tem desenvolvido e aprimorado tecnologias do cultivo (INFORME AGROPECUÁRIO, 2014) à pós-colheita (FONSECA; SILVA, 2019) de plantas medicinais, visando à qualidade da matéria-prima vegetal para uso terapêutico nos Programas Estaduais de Saúde (Quadro 2).

Quadro 2 - Temperatura recomendada para secagem de plantas medicinais em estufa com circulação forçada de ar

Nome comum (nome científico)	Atividade terapêutica (composto bioativo)	Temperatura recomendada (Fonte)
Guaco (<i>Mikania laevigata</i>)	Broncodilatadora (Cumarina)	60 °C (FONSECA et al., 2020a)
Alecrim-pimenta (<i>Lippia organoides</i>)	Antimicrobiana (Timol)	40-50 °C (FONSECA et al., 2020c)
Alfavaca (<i>Ocimum gratissimum</i>)	Antimicrobiana (Eugenol)	40 °C (FONSECA et al., 2020c)
Hortelã-rasteira (<i>Mentha x villosa</i>)	Antiparasitária (óxido de piperitenona)	40-60 °C (FONSECA et al., 2020b)
Erva-baleeira (<i>Varronia curassavica</i>)	Anti-inflamatório tópico (alfa-humuleno)	40-50 °C (FONSECA et al., 2019)
Pimenta-rosa/frutos (<i>Schinus terebinthifolius</i>)	Antimicrobiana (beta-pineno)	60 °C (BITENCOURT et al., 2019; FONSECA et al., 2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade das plantas medicinais depende de todo o processo produtivo, desde a identificação botânica, escolha do material vegetal, época e local de plantio, tratos culturais, determinação da época de colheita, secagem, embalagem e armazenamento. Não é possível, portanto, melhorar esta qualidade por meio do processamento pós-colheita, mas sim minimizar suas perdas até o momento do seu uso, a fim de contribuir para a garantia da qualidade do material vegetal. Assim, pode-se atender às demandas federal e estadual por desenvolvimento de tecnologias envolvendo espécies medicinais, além de abrir possibilidades para atingir o mercado internacional. Para isso, o uso de tecnologias adequadas de produção, incluindo o cultivo das plantas medicinais, bem como o processamento pós-colheita, são de extrema importância. Se todos os cuidados durante o cultivo, a colheita e a pós-colheita forem realizados, o material vegetal chegará ao final da cadeia produtiva mantendo a integridade da matéria-prima vegetal e contribuindo para a garantia da sua atividade medicinal.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), e ao

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento das pesquisas e bolsas.

REFERÊNCIAS

- ANVISA. Resolução RDC nº 10, de 9 de março de 2010. Dispõe sobre a notificação de drogas vegetais junto à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, mar. 2010.
- ANVISA. Resolução RDC nº 69, de 8 de dezembro de 2014. Dispõe sobre as Boas Práticas de Fabricação de Insumos Farmacêuticos Ativos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n.238, p.43, 9 dez. 2014.
- BARBOSA, F. da F. **Avaliação do tempo de residência no campo e da temperatura do ar de secagem sobre o teor e sobre a composição química do óleo essencial de erva-cidreira-brasileira (*Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown)**. 2005. 75f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.
- BEVILAQUA, G.A.P.; SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J.E. **Identificação e tecnologia de plantas medicinais da flora de clima temperado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 29p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 61).
- BITENCOURT, E.P. et al. Efeito da temperatura de secagem sobre o rendimento e a qualidade fitoquímica do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius*. **Brazilian Journal of Health**

- and Pharmacy, v.1, p.59, 2019. Suplemento 1. Resumo do 1º Congresso de Ciências Farmacêuticas da UFJF - CONCIFAR.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Política nacional de práticas integrativas e complementares no SUS: atitude de ampliação de acesso.** Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2006. 91p. (Ministério da Saúde. Série B. Textos Básicos de Saúde). Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/pnpc.pdf>. Acesso em: 9 set. 2020.
- CAJAIBA R.L. *et al.* Levantamento etnobotânico de plantas medicinais comercializadas no município de Uruará, Pará, Brasil. **Biotemas**, v.29, n.1, p.115-131, mar. 2016.
- COLET, C.F. *et al.* Análises das embalagens de plantas medicinais comercializadas em farmácias e drogarias do município de Ijuí/RS. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.17, n.2, p.331-339, 2015.
- DUTRA, R.C. *et al.* Medicinal plants in Brazil: pharmacological studies, drug discovery, challenges and perspectives. **Pharmacological Research**, v.112, p.4-29, 2016.
- FENNELL, C.W. *et al.* Assessing african medicinal plants for efficacy and safety: agricultural and storage practices. **Journal of Ethnopharmacology**, v.95, n.2/3, p.113-121, 2004.
- FONSECA, M.C.M.; SILVA, A.F. **Plantas medicinais - Programa Estadual de Pesquisa Olericultura.** Belo Horizonte: EPAMIG, 2019. 22p. Disponível em: <http://www.epamig.br/download/cartilha-plantas-medicinais-programa-estadual-de-pesquisa-olericultura/?wpdmdl=4655&refresh=60cb91413251d1623953729>. Acesso em: 9 set. 2020.
- FONSECA, M.C.M. *et al.* Effect of drying temperature on yield and phytochemical quality of essential oil extracted from *Mikania laevigata* (Guaco) leaves. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.7, p.48960-48972, July 2020a.
- FONSECA, M.C.M. *et al.* Effect of drying temperature on yield and phytochemical quality of essential oil extracted from *Schinus terebinthifolius*. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, MG, v.11, n.1, p.71-77, Mar. 2021.
- FONSECA, M.C.M. *et al.* Effect of drying temperature on the yield and phytochemical quality of the essential oil of mint (*Mentha x villosa* Huds.). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.10, p.811101-811112, Oct. 2020b.
- FONSECA, M.C.M. *et al.* Effect of drying temperature on the yield and phytochemical quality of the essential oil of pepper Rosemary (*Lippia origanoides* Kunth) and of clove basil (*Ocimum gratissimum* L.). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.8, p.57107-57120, Aug. 2020c.
- FONSECA, M.C.M. *et al.* Rendimento e qualidade fitoquímica do óleo essencial de *Varronia curassavica* submetida à diferentes temperaturas de secagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 10., 2019, Brasília, DF **Anais [...]**. Brasília, DF: SBOE, 2019.
- GOVERNICI, J.L. *et al.* Drying and essential oil extraction of brazilian peppertree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) fruits. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.9, p.637-643, 2020.
- INFORME AGROPECUÁRIO. Cultivo de plantas medicinais e usos terapêuticos. Belo Horizonte: EPAMIG, v.35, n.283, 2014.
- LEAL-COSTA, M.V. *et al.* Avaliação da qualidade das plantas medicinais comercializadas no Mercado Municipal de Campos dos Goytacazes-RJ. **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, v.12, n.2, p.127-134, 2018.
- LEMOES, D.R.H. **Influência da temperatura do ar de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel.** 2008. 41f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.
- LOPES, A.C. *et al.* Controle de qualidade de ervas medicinais comercializadas em Santo Antônio de Jesus-BA. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v.15, n.3, p.221-235, jul./set. 2019.
- LOPES, K.M.T.; NASCIMENTO, P.R. do. Cultura popular e ciência no registro de fitoterápicos. **Revinter**, São Paulo, v.10, n.2, p.122-133, jun. 2017.
- MARTINS, P.M. **Influência da temperatura e da velocidade do ar de secagem no teor e da composição química do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) STAPE).** 2000. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.
- MELO, J.T. *et al.* Avaliação dos níveis de contaminação microbiológica das diversas áreas de produção do laboratório de fitoterápicos, do Programa de Plantas Medicinais da Universidade Federal de Juiz de Fora. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v.2, n.2, p.45-50, 2000.
- MELONI CONSULTORIA. **Desidratador para cogumelos, plantas medicinais e condimentos PD-20V.** Viçosa, MG: Meloni, [2020]. Disponível em: <https://meloni.com.br/desidratadores-alimentos/produto/desidratadores/desidratador-cogumelos.htm>. Acesso em: 9 set. 2020.
- OLIVEIRA, J.M. de *et al.* Uso do pré-tratamento de ultrassom na secagem de erva-baleeira. In: OLIVEIRA JUNIOR, J.M.B. de; CALVÃO, L.B. (org.). **Debate e reflexão das novas tendências da biologia.** Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. *E-book* (cap.18, p.183-193). Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2019/08/e-book-Debate-e-Reflexao-das-Novas-Tendencias-da-Biologia.pdf>. Acesso em: 8 out. 2020.
- PARK, K.J.B. *et al.* Secagem: fundamentos e equações. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.16, n.1, p.93-127, 2014.
- PAULINIALVES. **Rotary drum drier for coffee and other grains – PA-SR/0.2.** Espírito Santo do Pinhal: Paulinialves, [2020]. Disponível em: <http://www.palinialves.com.br/en-produto.php?produto=56&>. Acesso em: 8 out. 2020.
- RADÜNZ, L.L. *et al.* Avaliação das curvas de secagem de guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) em secador de bandejas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v.16, n.2, p.378-387, 2014. Suplemento 1.
- RADÜNZ, L.L. *et al.* Influência da temperatura do ar de secagem no rendimento do óleo essencial de hortelã-comum (*Mentha x villosa* Huds.). **Engenharia na Agricultura**, v.14, n.4, p.250-257, out./dez. 2006.
- ROCHA, R.P. da *et al.* Influência do processo de secagem sobre os principais componentes químicos do óleo essencial de tomilho. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.59, n.5, p.731-737, set./out. 2012.
- RODRIGUES, A.G.; SIMONI, C. de. Plantas medicinais no contexto de políticas públicas. **Informe Agropecuário.** Plantas medicinais, Belo Horizonte, v.31, n.255, p.7-12, mar./abr. 2010.
- SOUZA-MOREIRA, T.M.; SALGADO, H.R. N.; PIETRO, R.C.L.R. O Brasil no contexto de controle de qualidade de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.20, n.3, p.435-440, jun./jul. 2010.

Pós-colheita de flores

Simone Novaes Reis¹, Marília Andrade Lessa², Gláucia Moraes Dias³

Resumo - Avanços tecnológicos na floricultura têm desempenhado um papel fundamental no crescimento do mercado de flores no Brasil nas últimas décadas. O melhoramento genético permitiu a seleção de flores de corte com alta longevidade e resistência a bactérias e fungos presentes no cultivo e na pós-colheita. A automação de estufas e seus processos também contribuíram para o aprimoramento da produção de flores em condições controladas, resultando em produtos de alta qualidade. O transporte aéreo é gradualmente substituído pelo marítimo, menos poluente e mais econômico; e o uso de atmosferas modificadas apresenta-se como solução para a manutenção da qualidade das flores no seu transporte. A inovação tecnológica e a adoção de novos métodos ou adaptação das já existentes na pós-colheita de plantas ornamentais promovem aumento significativo da longevidade do produto final com alta qualidade. Cuidados durante o cultivo, ponto de colheita, soluções conservantes, hidratação, temperatura, atmosfera controlada e condições ideais de armazenamento e transporte, são técnicas necessárias para manutenção da qualidade de flores e folhagem por longos períodos. **Palavras-chave:** Floricultura. Qualidade. Durabilidade. Nutrição. Praga. Doença. Armazenamento.

Flowers postharvest

Abstract - Technological advances in floriculture have played a fundamental role in the growth of the flower market in Brazil in recent decades. The genetic improvement allowed the selection of cut flowers with high longevity and resistance to bacteria and fungi present in cultivation and postharvest. The automation of greenhouses and their processes also contributed to the improvement of flower production in controlled conditions, resulting in high quality products. Air transport is gradually replaced by sea transport, which is less polluting and more economical; and the use of modified atmospheres is a solution for maintaining the quality of the flowers in their transport. Technological innovation and the adoption of new methods or adaptation of those already existing in the postharvest of ornamental plants, promote a significant increase in the longevity of the final product with high quality. Care during cultivation, harvest point, preservative solutions, hydration, temperature, controlled atmosphere and ideal conditions for storage and transport, are necessary techniques for maintaining the quality of flowers and foliage for long periods.

Keywords: Floriculture. Quality. Durability. Nutrition. Pests. Disease. Storage.

INTRODUÇÃO

A floricultura brasileira cresceu em número de produtos e produtores nas últimas décadas. A atividade pode ser dividida em três grandes áreas: flores e folhagens de corte, flores e plantas envasadas e plantas para jardinagem e paisagismo. Nos últimos 5 anos observou-se crescimento de 22% do setor, e em 2019 a floricultura brasileira movimentou cerca de 7,5 bilhões de reais (FLORICULTURA..., 2020). Em São

Paulo, o maior polo de produção e comercialização do Brasil, estão concentradas as maiores cooperativas e associações de onde partem flores e plantas para todo o Brasil. Minas Gerais participa ativamente da floricultura brasileira, com destaque para a produção de flores de corte e plantas ornamentais, ocupando o segundo lugar no ranking nacional, seguido por Rio de Janeiro e Espírito Santo. Outras regiões do País também vêm produzindo os itens da

floricultura, seja para exportação seja para atender mercados locais e regionais, com destaque para pequenas propriedades que buscam diversificação e aumento de renda.

A profissionalização dessa cadeia produtiva é evidente. Desde a década de 1990 foi percebida a necessidade e cresceu o interesse de uso de práticas para conservação de flores e folhagens cortadas, uma vez que as perdas na pós-colheita podem comprometer a lucratividade. Os primeiros

¹ Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul-CERN, São João del-Rei, MG, simonereis@epamig.br.

² Bióloga, D.Sc., Consultora Técn. Kaktus Brasylys Consultoria e Capacitação Ltda, Belo Horizonte, MG, kaktusbrasylys@gmail.com.

³ Bióloga, D.Sc., Pesq. Aposentada IAC, Campinas, SP, moraesdiasglauca@gmail.com.

tratamentos pós-colheita devem ser realizados ainda na propriedade, e a continuidade desses cuidados depende da atuação dos outros agentes dessa cadeia, dos transportadores aos atacadistas, comerciantes e artistas florais, sempre com o objetivo de manter o aspecto de frescor das flores e folhagens e conservar a qualidade por longos períodos (ARMITAGE; LAUSHMAN, 2008). Um consumidor satisfeito volta a adquirir flores com frequência. E o entendimento da importância do uso de corretas práticas pós-colheita é essencial para o setor.

A durabilidade é influenciada por fatores pré e pós-colheita. Entre os fatores que causam a deterioração de flores e folhagens estão a quantidade de reservas (como carboidratos), taxa de respiração, ocorrência de bactérias e fungos, ponto de colheita inadequado, obstrução de vasos (pela presença de microrganismos), danos mecânicos na colheita/processamento/transporte, temperatura inadequada para armazenamento, presença de etileno e uso de água de má qualidade (com patógenos e/ou excesso de cloro) (CUQUEL; FINGER; LOGES, 2009).

FATORES PRÉ-COLHEITA

Escolha de variedades e condições de cultivo

A escolha da espécie e variedade a ser cultivada deve ser feita levando em consideração as condições climáticas, o capital disponível e o mercado a ser atendido. A durabilidade do produto depende da variedade e fatores relacionados com a produtividade, resistência a pragas e doenças, tamanho da haste e da flor.

A escolha da espécie/variedade deve vir acompanhada por conhecimento das exigências da cultura quanto ao solo, condições de luminosidade, nutrição, irrigação, potenciais pragas e doenças, condução e tratos necessários para obtenção do produto final com os padrões exigidos pelo mercado. Plantas cultivadas em áreas inadequadas, ou que passam por estresses prolongados (por irrigação e adubação

excessiva ou insuficiente, sem o correto controle de pragas), tendem a produzir flores de baixa qualidade e com menor vida de vaso (ARMITAGE; LAUSHMAN, 2008).

Muitas variedades disponíveis são passíveis de pagamento de royalties, uma vez que o desenvolvimento de uma planta com características desejáveis, dentre estas a durabilidade, necessita de anos de pesquisas para ser considerada apta à produção em larga escala. E o produtor deve estar ciente das obrigações de pagamentos periódicos para uso dessas plantas e respeitar a legislação vigente, além do contrato com a empresa fornecedora do material vegetal.

Nutrição das plantas

O fornecimento de nutrientes deve ser balanceado, evitando-se o excesso ou a falta de elementos. Se for tomado como exemplo o nitrogênio (N), o excesso do nutriente pode favorecer a incidência de doenças na pós-colheita, enquanto sua deficiência reduz os níveis de carboidratos que são importantes para a conservação. A deficiência de potássio (K) e fósforo (P) também está relacionada com a redução da qualidade pós-colheita (CUQUEL; FINGER; LOGES, 2009).

Oliveira (2011) avaliou o efeito de fornecimento de cálcio (Ca) e silício (Si) via fertirrigação na produção e qualidade pós-colheita de gérbas. Ao final do ciclo da cultura, as flores colhidas nos tratamentos com aplicações semanais de Si apresentaram maior durabilidade.

A relação entre adubação e durabilidade pós-colheita foi evidenciada em estudos com a cultura do gladiolo, em que diferentes doses de N, K e fontes de P foram testadas, sendo a maior durabilidade observada em inflorescências cultivadas com aplicação de superfosfato triplo. Quando o cultivo foi realizado sem o fornecimento de N e K, a durabilidade das hastes florais foi menor (ROSA *et al.*, 2014).

Controle de pragas e doenças

A incidência de insetos e agentes causadores de doenças pode provocar danos que

inviabilizam a comercialização, causando podridão, murchas, manchas nas pétalas e folhas. Algumas pragas e microrganismos também são fonte de problemas no armazenamento e transporte.

O dano causado pela abelha-irapuã (*Trigona spinipes*) em copo-de-leite pode inviabilizar a comercialização das inflorescências. Para retirada de substâncias resinosas da espádice, a abelha raspa as flores, causando escurecimento e acelerando a senescência (CARVALHO *et al.*, 2018). Esses mesmos autores testaram embalagens de papel kraft, TNT branco (Fig. 1) e sacos plásticos (furados ou não) para ensacamento das inflorescências, e avaliaram a ocorrência de danos e a qualidade das hastes florais. Todas as embalagens foram eficientes em formar uma barreira protetora ao ataque dessas abelhas, mas os melhores resultados foram observados com o uso de TNT branco, em que as hastes florais apresentaram melhor qualidade.

Além do copo-de-leite, a abelha-irapuã causa danos em rosas (Fig. 2), podendo perfurar todo o botão floral, tornando a haste inviável para comercialização.

O trips é uma praga que desafia produtores e pesquisadores na atualidade. Já foram identificadas várias espécies de trips no País, causando danos diversos, inclusive nas flores (CARVALHO *et al.*, 2009), e seu controle é complexo. Em crisântemos, os botões florais não se desenvolvem e não se abrem. Em antúrios, causam danos na espata, reduzindo o valor comercial ou, em casos mais severos, inviabilizando a venda. Em rosas, durante o desenvolvimento do botão floral, o inseto deposita seus ovos dentro das pétalas ainda fechadas, garantindo alimentação e proteção (ENCONTRO..., 2020). Alves, Rocha e Carvalho (2020) relataram o potencial de uso do controle biológico de trips (*Frankliniella occidentalis*) em roseiras com o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*. O controle biológico reduziu a severidade do ataque de modo semelhante ao controle químico convencional, podendo ser utilizado no controle desta praga.

Figura 1 - Inflorescências de copo-de-leite ensacadas com TNT branco



Livia Mendes de Carvalho

Figura 2 - Abelha-irapuá causando dano no botão floral de rosa



Simone Novaes Reis

A ocorrência de patógenos durante o desenvolvimento das culturas pode resultar em redução da produção, diminuição da qualidade do produto final pelo aparecimento dos sinais/sintomas das doenças e, em casos mais agudos, provocar a morte da planta. Além da questão estética envolvida na floricultura, há a preocupação com a qualidade e durabilidade dos produtos, que podem ser afetados até mesmo após a colheita.

É o caso do fungo *Botrytis* sp., causador do mofo-cinzento em uma gama de hospedeiros, sendo responsável por grandes perdas no campo e também nas diversas fases após a colheita. O problema desse patógeno é que com frequência as flores são colhidas com boas condições visuais, e somente após armazenadas manifestam os sintomas. O fungo pode encontrar condições ideais para se desenvolver durante o transporte, armazenamento e até mesmo quando as flores já estão com o consumidor final. O controle é um desafio e é preciso aliar tratamentos culturais eficientes, como a limpeza da área para a retirada de restos de cultura, com aplicação de produtos químicos ou biológicos. Rosas, lisianthus, proteas, alstroemerias, aster, callas, cravos, estrelícia e gérbera, são algumas das flores afetadas pela podridão de *Botrytis*.

Em copos-de-leite a bactéria *Pectobacterium carotovorum* (sinonímia *Erwinia carotovora*) coloniza os tecidos da planta e promove o apodrecimento de rizomas, colo da planta e inflorescências, mesmo após colhidas. Castro *et al.* (2014), ao avaliarem pontos de abertura da flor e temperaturas de armazenamento, constataram a presença da bactéria em hastes florais mantidas em temperatura ambiente. As hastes apresentaram uma podridão aquosa, e os testes em laboratório confirmaram tratar-se de podridão de *Pectobacterium*. As hastes florais armazenadas em câmara fria não apresentaram sintomas.

Ponto de colheita

O ponto de colheita depende de diversos fatores, como a distância do mercado, a possibilidade de armazenamento a frio e, até mesmo, da preferência do consumidor. De maneira geral, a colheita é realizada manualmente, o que permite a seleção das flores no ponto de colheita mais adequado (OLIVEIRA, 1996), conforme as recomendações regionais (LAMAS, 2002) ou do mercado externo, de acordo com os padrões de qualidade definidos especificamente para cada material vegetal. Segundo

Noordegraaf (1994), os padrões de qualidade levam em conta aspectos externos da qualidade, como a estrutura floral, o número de flores e de botões florais. Segundo Castro (1988), o estágio de botão deve ser o preferido, quando possível, pois nessa condição o manuseio é facilitado e as flores são menos suscetíveis a condições ambientais desfavoráveis, como alta temperatura e baixa umidade relativa (UR). Não existe um ponto de colheita comum entre as diferentes espécies. A colheita no estágio “de vez” confere menor possibilidade de dano para as flores, desde que seja possível boa abertura da flor após a colheita. Quando a colheita é realizada com a flor expandida é, sem dúvida, a que apresenta maior risco de perda.

Muitas vezes a colheita necessita ser antecipada em relação ao melhor momento. No entanto, a colheita precoce pode não permitir a boa durabilidade pós-colheita da haste floral, bem como a colheita tardia pode comprometer a qualidade, diminuindo a vida pós-colheita, gerando insatisfação no consumidor (LIMA, 2008). O Quadro 1 apresenta o ponto de colheita das principais flores, inflorescências, frutos e infrutescências cultivadas como flor/fruto de corte.

Quadro 1 - Ponto de colheita das principais flores, inflorescências, frutos e infrutescências cultivadas como flor/fruto de corte (continua)

Nome popular	Nome científico	Família	Tipo de estrutura floral ou fruto	Ponto de colheita
Abacaxi ornamental	<i>Ananas comosus</i> ssp.	Bromeliaceae	Infrutescência	Variedade <i>Erectifolius</i> : infrutescência com o mesmo tamanho da coroa, ou que o fruto seja um pouco maior do que a coroa. Variedade <i>Bracteatus</i> : infrutescência com o dobro do tamanho da coroa ou do mesmo tamanho.
Agapanto	<i>Agapanthus africanus</i>	Amaryllidaceae	Inflorescência	1/4 dos floretes abertos.
Ageratum	<i>Ageratum houstonianum</i>	Asteraceae	Inflorescência	Inflorescência central totalmente expandida e as inflorescências laterais “mostrando a cor”.
Alpínia	<i>Alpinia purpurata</i>	Zingiberaceae	Inflorescência	1/3 das brácteas inferiores fechadas e pseudocaule com diâmetro de 1 cm.
Alstroeméria	<i>Alstroemeria hybrida</i>	Alstroemeriaceae	Inflorescência	30% das flores inferiores da haste floral abertas.
Amaranthus	<i>Amaranthus caudatus</i>	Amarantaceae	Inflorescência	De 50% a 75% das flores abertas e com boa coloração.
Anêmona	<i>Anemone coronaria</i>	Ranunculaceae	Flor	Sépalas entreabertas, antes da antese total.
Angélica	<i>Polianthes tuberosa</i>	Agavaceae	Inflorescência	Cor branca das pétalas visível antes da abertura floral.
Antúrio	<i>Anthurium andraeanum</i>	Araceae	Inflorescência	Espata está totalmente expandida e com 1/2 ou 3/4 da espádice apresentando alteração de cor.
Áster	<i>Aster ericoides</i>	Asteraceae	Inflorescência	20% das flores abertas
Áster, Rainha-Margarida	<i>Callistephus chinensis</i>	Asteraceae	Inflorescência	De 50% a 80% das flores expandidas.
Bastão-do-Imperador	<i>Etilingera elatior</i> , <i>E. corneri</i> , <i>E. hemisoherica</i> , <i>E. venusta</i>	Zingiberaceae	Inflorescência	Três pontos de colheita: 1 - inflorescência fechado (brácteas fechadas); 2 - inflorescência semiaberta (brácteas iniciando a abertura); 3 - inflorescência aberta (brácteas externas totalmente expandidas).
Boca-de-leão	<i>Antirrhinum majus</i>	Scrophulariaceae	Inflorescência	De 5 a 7 flores abertas na base da haste floral.
Callas	<i>Zantedeschia elliottiana</i> , <i>Z. rehmannii</i> , <i>Z. albomaculata</i> , <i>Z. pentlandii</i> , <i>Z. jucunda</i>	Araceae	Inflorescência	Espata aberta, com expressão da cor e antes da liberação do pólen.
Celósia	<i>Celosia argenta</i>	Amaranthaceae	Inflorescência	Inflorescência com 7 a 10 cm de comprimento.
Copo-de-leite	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	Araceae	Inflorescência	Espata fechada ou semiaberta.
Costus	<i>Costus comosus</i> var. <i>Bakeri</i> , <i>Costus productus</i>	Costaceae	Inflorescência	Maioria das brácteas completamente expandidas.
Cravo	<i>Dianthus caryophyllus</i>	Caryophyllaceae	Inflorescência	Pétalas centrais expandidas de tal forma que a flor tenha o formato de hemisfério.
Crisântemo	<i>Dendranthema grandiflora</i>	Asteraceae	Inflorescência	Hastes florais com 50% a 60% das flores abertas.
Cúrcuma	<i>Curcuma alismatifolia</i>	Zingiberaceae	Inflorescência	Inflorescência com três brácteas abertas.
Delfínea	<i>Delphinium</i> ssp.	Ranunculaceae	Inflorescência	Em três pontos de colheita: 1 - 1/3 das flores em fase de pré-antese, com os botões superiores mostrando a cor; 2 - 1/3 em fase de botão; 3 - 1/3 das flores completamente expandidas.
Estátice	<i>Limonium latifolium</i>	Plumbaginaceae	Inflorescência	Cálice das flores mostrando a cor mesmo sem ter se desenvolvido completamente.
Estrelícia	<i>Strelitzia reginae</i>	Strelitziaceae	Inflorescência	Dois pontos de colheita: 1 - todos os floretes fechados; 2 - apenas um florete aberto.

Quadro 1 - Ponto de colheita das principais flores, inflorescências, frutos e infrutescências cultivadas como flor/fruto de corte (continuação)

Nome popular	Nome científico	Família	Tipo de estrutura floral ou fruto	Ponto de colheita
Frésia	<i>Freesia alba</i>	Iridaceae	Inflorescência	Primeira flor começando a mostrar a cor.
Gérbera	<i>Gerbera jamesonii</i>	Asteraceae	Inflorescência	Brácteas completamente expandidas e com duas fileiras externas de flores abertas
Gipsófila	<i>Gypsophila paniculata</i>	Caryophyllaceae	Inflorescência	Inflorescências com 30% a 40% das flores abertas.
Girassol	<i>Helianthus annuus</i>	Asteraceae	Inflorescência	Dois pontos de colheita: 1 - capítulo parcialmente aberto; 2 - quase ou totalmente aberto.
Gadíolo	<i>Gladiolus grandiflora</i>	Iridaceae	Inflorescência	Dois pontos de colheita: 1 - se 3 a 4 flores basais estiverem “mostrando a cor”; 2 - uma flor mostrando a cor.
Gloriosa	<i>Gloriosa rothschildiana</i>	Liliaceae	Inflorescência	Três pontos de colheita: 1 - uma flor totalmente expandida; 2 - uma flor totalmente expandida e outra semiaberta; 3 - duas flores totalmente expandidas.
Goivo	<i>Matthiola incana</i>	Brassicaceae	Inflorescência	De 7 a 10 flores abertas na base da haste floral.
Helicônia	<i>Heliconia</i> ssp.	Heliconiaceae	Inflorescência	De 2 a 5 brácteas completamente expandidas.
Hipérico	<i>Hypericum androsaemum</i> , <i>Hypericum inodorum</i>	Clusiaceae	Infrutescência	Todos os frutos estiverem maduros e com coloração homogênea.
Hortênsia	<i>Hydrangea</i> ssp.	Hydrangeaceae	Inflorescência	Flores parcialmente fechadas ou 50% abertas.
Íris	<i>Iris xiphium</i> , <i>I. nigricans</i> , <i>Neomarica</i> ssp.	Iridaceae	Inflorescência	Nas variedades ‘Professor Blaauw’ e ‘Blue Magic’ quando o ponto azul (da ponta da haste) estiver com 4 cm, e nas demais variedades quando o ponto azul estiver com aproximadamente 2 cm.
Jacinto	<i>Hyacinthus orientalis</i>	Hyacinthaceae	Inflorescência	Botões florais fechados e “mostrando a cor”.
Lírio	<i>Lilium pumilum</i> , <i>L. concolor</i> , <i>L. monadelphum</i>	Liliaceae	Inflorescência	Botões florais ainda fechados.
Lisianthus	<i>Eustoma grandiflorum</i>	Gentianaceae	Inflorescência	De 2 a 3 flores abertas.
Marantas	<i>Calathea</i> ssp.	Marantaceae	Inflorescência	3/4 das brácteas expandidas.
Musa	<i>Musa</i> ssp.	Musaceae	Fruto	Ráquis (eixo principal da inflorescência) com 10 cm de comprimento.
Narciso	<i>Narcissus bulbocodium</i> , <i>N. canaliculatus</i> , <i>N. cyclamineus</i>	Amaryllidaceae	Inflorescência	Botões florais com cor aparente e começando a abrir.
Ornitogalo	<i>Ornithogalum saundersiae</i> , <i>O. thyrsoides</i> , <i>O. arabicum</i>	Hyacinthaceae	Inflorescência	Primeira flor aberta.
Orquídea	<i>Cattleya</i> ssp., <i>Cymbidium</i> ssp., <i>Dendrobium</i> ssp., <i>Oncidium</i> ssp., <i>Phalaenopsis</i> ssp., <i>Epidendrum</i> ssp., <i>Raphiopedilum</i> ssp., <i>Vanda</i> ssp.	Orchidaceae	Inflorescência	Flores completamente expandidas, e no gênero <i>Phalaenopsis</i> com alguns botões florais ainda fechados.
Perpétua	<i>Gomphrena globosa</i>	Amarantaceae	Inflorescência	Flores frescas: capítulos coloridos, porém antes que as flores estejam totalmente abertas. Flores secas: flores completamente expandidas.
Prótea	<i>Leucadendron</i> ssp., <i>Leucospermum</i> ssp., <i>Protea</i> ssp.	Proteaceae	Inflorescência	Logo após a abertura da inflorescência.
Ranúnculo	<i>Ranunculus asiaticus</i>	Ranunculaceae	Inflorescência	Botões em fase inicial de abertura.

Quadro 1 - Ponto de colheita das principais flores, inflorescências, frutos e infrutescências cultivadas como flor/fruto de corte (conclusão)

Nome popular	Nome científico	Família	Tipo de estrutura floral ou fruto	Ponto de colheita
Rosa	<i>Rosa ssp.</i>	Rosaceae	Flor	Três pontos de colheita: 1 - botão floral fechado (sépalas fechadas); 2 - botão floral medianamente aberto (sépalas abertas e pétalas iniciando a abertura); 3 - botão floral aberto (sépalas e pétalas externas abertas).
Sorvetão	<i>Zingiber spectabilis</i>	Zingiberaceae	Inflorescência	Inflorescência na coloração amarela e com comprimento superior a 15 cm.
Tulipa	<i>Tulipa ssp.</i>	Liliaceae	Flor	Botões mostrando a cor, sem estar totalmente colorido ou aberto.

Fonte: Adaptado de Paiva e Almeida (2012, 2014).

Nota: Flor - estrutura reprodutiva única, composta por pedúnculo ou pedicelo (haste que sustenta a flor ao caule), receptáculo floral, (local onde os verticilos florais se inserem), e o verticilo floral (conjunto de folhas modificadas). Inflorescência - estrutura reprodutiva composta por um conjunto de flores ou qualquer sistema de ramificação caulinar que termine em flores que, muitas vezes, pode ser confundida com uma flor única. Infrutescência - conjunto compacto de fruto, onde cada fruto situa-se contíguo ou aderente ao outro, de forma que o conjunto se assemelhe a um grande fruto.

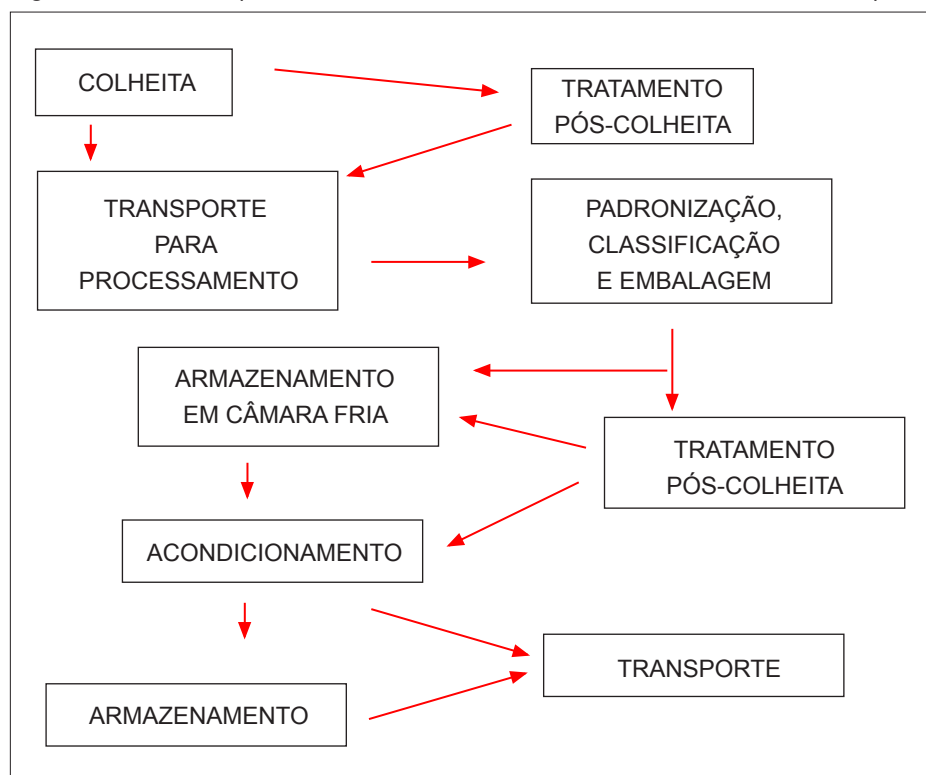
FATORES PÓS-COLHEITA

A partir da colheita, a água e os substratos para respiração deixam de ser fornecidos à flor, alterando processos fisiológicos, que em conjunto com os fatores ambientais, como temperatura e umidade, aceleram a senescência (CUQUEL; FINGER; LOGES, 2009).

Dentre os fatores que podem acelerar a senescência das flores, citam-se: a reduzida quantidade de substâncias de reserva, como os carboidratos; aumento da taxa de respiração; ocorrência de bactérias e fungos; ponto de colheita inadequado, danos mecânicos; obstrução de vasos; má qualidade da água, presença e ação do etileno, temperatura de armazenamento inadequada; distância do mercado consumidor e condições de transporte.

O estabelecimento de um fluxo de processamento do campo ao transporte para o consumidor final, no momento da colheita, é muito útil para a manutenção da qualidade do produto. O número de espécies produzidas é muito grande, cada uma com suas peculiaridades. O fluxograma (Fig. 3) atende de maneira geral à maioria das flores produzidas, sendo necessário adaptá-lo de acordo com as necessidades para melhores resultados. O conhecimento desse fluxo da

Figura 3 - Fluxo de processamento de flores de corte, da colheita ao transporte



Fonte: Adaptado de Mason (2020).

colheita ao transporte permite a identificação dos pontos críticos do processo, sendo possível prever problemas e, então, buscar soluções que favoreçam a manutenção da qualidade (MASON, 2020).

De forma geral, após a colheita, as flores e folhagens devem ser enviadas para o galpão de processamento, onde serão padronizadas, classificadas e embaladas, encaminhadas à câmara fria até o momento

do transporte. O tratamento pós-colheita pode ser feito ainda no campo, na entrada do galpão ou após a embalagem.

Hidratação

Quando colhidas, flores e folhagens podem apresentar rápido murchamento de folhas e pétalas, o que é decorrente de problemas de absorção de água, geralmente causada por obstrução do sistema vascular, muitas vezes colonizado por microrganismos (DIAS-TAGLIACCOZZO; FINGER; BARBOSA, 2005). Ainda de acordo com esses autores, para evitar tais danos, o corte periódico da base da haste pode colaborar, aliado ao uso de soluções de condicionamento e água de boa qualidade.

A hidratação é a chave para manter a qualidade. A manutenção da UR na faixa de 80% a 85% pode aumentar a vida de vaso em 6 a 8 dias, dependendo da espécie. Mas é preciso estar atento, pois se a UR ficar acima de 93%, o desenvolvimento do mofo-cinza, causado por *Botrytis*, é favorecido (NELL, 2012).

Soluções conservantes

As soluções conservantes são basicamente quatro: solução de condicionamento, solução de *pulsing*, solução de abertura floral, solução de manutenção. Com o objetivo de manter a qualidade das flores por longos períodos, o uso dessas soluções conservantes evoluiu acentuadamente nos últimos anos. Essas soluções são constituídas principalmente por açúcares, germicidas e, em alguns casos, por adição de outras substâncias químicas.

As soluções de condicionamento tem por objetivo restaurar a turgescência floral, e seus principais componentes são água limpa e germicidas, estas não contêm açúcares. Normalmente são usadas por horas, logo após a colheita, para a retirada do calor de campo.

Soluções de *pulsing* referem-se a diferentes tratamentos pós-colheita com o objetivo de retardar a senescência, por meio da saturação dos tecidos; nestas são usadas soluções contendo sacarose nas

concentrações de 2% a 20% ou mais e bactericidas. Ácido orgânico, inibidores da ação do etileno, e hormônios vegetais são adicionados à solução, quando necessário. A duração desse tratamento é de 6 a 48 horas e, no geral, é realizado antes do transporte.

A solução de abertura floral tem como objetivo promover a homogeneidade de flores colhidas precocemente. A composição das soluções químicas em sua maioria é semelhante às utilizadas nas soluções de *pulsing*. São basicamente constituídas por sacarose ou glicose e outras substâncias que impeçam o bloqueio vascular.

A solução de manutenção tem por objetivo manter a qualidade das flores cortadas por períodos prolongados durante o armazenamento e o transporte. O principal componente é a sacarose, em baixa concentração (0% a 2%), com adição de germicidas.

Em todas as soluções, a concentração de sacarose e de substâncias adicionais

utilizadas vai depender da espécie e das condições de armazenamento. Na Tabela 1 estão expressos os dados de aumento de longevidade de algumas flores de corte em função do uso de soluções de *pulsing* contendo sacarose e ácido cítrico. Para cada espécie, há uma combinação de diferentes concentrações das duas substâncias resultando em maior longevidade. Esse tipo de solução com sacarose e ácido cítrico tem como vantagem a facilidade de preparo e o fato de não conter substâncias tóxicas.

Como alternativa ao uso de produtos formulados comerciais, alguns apresentando risco de toxidez, realizaram-se pesquisas para avaliar o potencial de produtos naturais na conservação de flores cortadas, especialmente os com ação antifúngica e antimicrobiana.

Pietro *et al.* (2012) avaliaram o efeito de methyl jasmonato em solução de *pulsing* e pulverização, óleos de menta, gengibre e extrato de própolis na conservação de rosas cv. Vega. O methyl jasmonato, principal-

Tabela 1 - Longevidade de diferentes flores de corte (aumento de dias expresso em porcentagem) tratadas com soluções atóxicas de *pulsing* por 24 horas

Nome comum	Sacarose	Ácido cítrico (ppm)	Tratamento extra	Aumento da longevidade
Aster	1%	200	X	40%
Rosa	2%	350	X	40%
Gadíolo	2%	200	X	35%
Falenopse	2%	200	X	50%
Copo-de-leite	2%	200	X	25%
Alstroemeria	2%	200	X	75%
Crisântemo	3%	300	X	30%
Angélica	8%	200	X	20%
Estrelítizia	40%	300	X	35%
Agapanto	8%	200	Imersão em 350 ppm de GA	100%
Alpinia	1%	200	Aspersão de 200 ppm de 6 AIB	100%
Lírio	2%	200	Adição de 50 ppm de GA	35%
Hera	0	0	Aspersão de cera de carnaúba	100%

Fonte: Elaboração da autora Gláucia Moraes Dias. Instituto Agrônomo de Campinas - Laboratório de Tecnologia Pós-colheita de flores.

Nota: GA - Ácido giberélico; AIB - Ácido indolbutírico.

mente aplicado via pulverização das hastes, proporcionou melhor taxa respiratória, menor utilização de reservas, menor escurecimento de pétalas e maior turgescência, o que resultou em maior durabilidade.

Os efeitos de um produto na durabilidade de flores podem variar entre cultivares de uma mesma espécie. Manfredini *et al.* (2017) observaram que no caso de rosas cv. Avalanche, a aspersão de metil jasmonato associado à baixa temperatura de armazenamento não teve o efeito desejado. As rosas que receberam esse tratamento apresentaram escurecimento de pétalas (um sinal claro da senescência), além de menor turgescência.

Dentre as substâncias adicionais citam-se os bloqueadores de etileno. A sensibilidade à ação do etileno difere entre as espécies; e as flores podem ser classificadas como muito sensíveis, sensíveis e indiferentes à presença desta substância, conforme Dias-Tagliacozzo, Finger e Barbosa (2005):

- a) muito sensível: alstroemeria, boca-de-leão, cravo, gipsofila, íris, lírio e orquídeas;
- b) sensível: antúrio, gérbera e tulipa;
- c) indiferente: estrelícia, gladiolo e rosa.

As reações que ocorrem na planta quando o etileno está presente estimulam a produção autocatalítica deste hormônio, aumentando seus teores e efeitos no processo de senescência (LIMA; FERRAZ, 2008). Para evitar os efeitos prejudiciais à durabilidade pós-colheita, podem ser utilizados produtos como o tiosulfato de prata, que é muito eficiente, mas é tóxico. Outras opções de bloqueadores, como o 1-metil ciclopropeno (1-MCP) e o norbordine (NBD), são menos tóxicos, mas requerem câmaras para aplicação (DIAS-TAGLIACOZZO; FINGER; BARBOSA, 2005).

Armazenamento e transporte de flores

No Brasil alguns aspectos precisam ser aprimorados para atingir a competitividade

que o mercado externo exige, dentre estes estão o desenvolvimento e adaptação de tecnologias pós-colheita para armazenamento e transporte de flores, folhagens e plantas ornamentais.

O armazenamento de flores e folhagens de corte e plantas ornamentais deve ser em ambiente refrigerado, com alta UR e com circulação de ar para não ocorrer acúmulo de gases. A temperatura baixa é sem dúvida o fator mais importante para o armazenamento de flores de corte, e a atmosfera modificada é sempre usada como um complemento à refrigeração, capaz de aumentar a eficiência do armazenamento refrigerado (DIAS *et al.*, 2017). A manutenção da cadeia do frio retarda a senescência e prolonga a vida útil do produto, por meio da redução das taxas de respiração e transpiração, bem como das possíveis infecções (PASCALE; MATURI; NICOLAIS, 2005; DIAS *et al.*, 2016).

A temperatura de armazenamento deve ser a menor possível para a espécie em estudo; plantas ornamentais de clima temperado devem ser armazenadas entre 2 °C e 6 °C, tropicais entre 13 °C e 18 °C e subtropicais entre 6 °C e 10 °C (DIAS-TAGLIACOZZO, 2006). O uso de temperaturas abaixo da faixa ideal pode provocar danos nos tecidos, tornando as flores inviáveis para comercialização (Fig. 4). No caso das rosas, a temperatura estabelecida é de 1 °C, pois nesta temperatura abertura

floral antecipada e murcha das flores e folhas são evitadas (MACNISHA *et al.*, 2009; REID; JIANG, 2012), e a presença do fungo *Botrytis cinerea*, causador de sérios danos na pós-colheita desta espécie, pode ser reduzida (FAVERO *et al.*, 2015).

Ainda há dúvidas quanto ao armazenamento, especialmente no que se refere à utilização da via seca ou úmida antes da comercialização. Dias *et al.* (2016) verificaram que a manutenção da qualidade das flores é inversamente proporcional ao tempo de armazenamento; o armazenamento refrigerado de rosas por 7 e 14 dias é eficiente para rosas mantidas a seco ou em água. No entanto, o armazenamento refrigerado por 21 dias é eficiente somente para armazenamento em água, e o período de 28 dias não é recomendado para o armazenamento refrigerado de rosas.

O armazenamento refrigerado modificado ocorre quando as concentrações dos gases que compõem a atmosfera são alteradas. Quando não há controle da concentração dos gases, denomina-se atmosfera modificada (AM). Se a AM tem a concentração de gases controlada, recebe o nome de atmosfera controlada (AC). Na prática, a AC tem sido utilizada para ambientes de grandes volumes, como veículos refrigerados, contêineres e câmaras frias.

O uso de AC é complementar à refrigeração, portanto, capaz de aumentar a eficiência do armazenamento refrigerado

Figura 4 - Danos causados pelo frio em inflorescências de copo-de-leite armazenadas à temperatura de 0 °C



Simone Novoes Reis

(AKBUDAK; ERIS; KUCUKAHMETLER, 2005). A AC pode afetar significativamente a qualidade pós-colheita e comercialização de flores de corte, pois o aumento da concentração CO_2 pode ser benéfico para a manutenção da qualidade (BURANA; KUOKURA; YAMANE, 2015). Uma atmosfera com baixa concentração de O_2 pode aumentar a longevidade pós-colheita das flores (CEFOLA; AMODIO; COLELLI, 2016), pois o aumento da concentração de CO_2 , aliado a baixas concentrações de O_2 , contribui para a redução das taxas de respiração e prolongamento da vida de prateleira.

Mundialmente há uma tendência do transporte de flores via marítima substituir o transporte aéreo. Isso ocorre porque no primeiro existe a possibilidade de manutenção da cadeia do frio, aliado a baixos custos de distribuição e emissão de CO_2 na atmosfera. O frete aéreo custa cerca de 40% a mais, quando comparado às flores exportadas por via marítima. Para conseguir essa economia, a vida útil das flores armazenadas deve ser estendida para fornecer ao consumidor produtos de qualidade (ZELTZER; MEIR; MAYAK, 2001). A distância entre o produtor e o consumidor, aliado ao fato de as flores serem altamente perecíveis, fez da refrigeração associada à AC a solução para transportes a longas distâncias. Tecnicamente a AC implica na adição ou remoção de gases para produzir uma composição atmosférica, na qual as concentrações de O_2 e CO_2 são bem conhecidas. Esta atmosfera apresenta baixos teores de O_2 e/ou altos teores de CO_2 , quando comparados com a composição normal do ar. A concentração de CO_2 pode levar o produto colhido a um estresse, no entanto, a resposta a este pode ser benéfica ou não para a qualidade do produto, visto que o controle da respiração dá-se pela redução da concentração do O_2 e possível aumento de CO_2 . Portanto, a atmosfera controlada pode estender a longevidade pós-colheita de flores de corte, mas o número de dias que essa longevidade é aumentada é dependente das concentrações

de O_2 e CO_2 no ambiente e, principalmente, da espécie ou cultivar estudada.

Um exemplo prático seria o estudo de condições de AC para rosas, pois, no mundo, a rosa é a flor de corte mais cultivada pelos produtores. No Brasil, um único produtor desta flor exporta até três paletes aéreos por semana, e o transporte marítimo, entre os portos brasileiros até os europeus, leva no mínimo 12 dias. Considerando a colheita, o transporte e a distribuição, no mínimo 21 dias são necessários para que as flores cheguem ao mercado consumidor europeu com qualidade. Conhecendo que rosas mantidas em atmosferas com 3% de O_2 apresentam baixas taxas de respiração, rosas da cultivar Avalanche foram mantidas em armazenamento refrigerado e AC na temperatura de 1 ± 1 °C (Fig. 5), com concentração de O_2 fixada em 3% e quatro diferentes concentrações de CO_2 , 3%, 6%, 10% e 15%. Na AC com 3% de O_2 e 6% de CO_2 , a temperatura de 1 °C foi a indicada para o armazenamento de rosas (DIAS *et al.*, 2017).

É importante salientar que as adaptações ocorrem de acordo com o metabolismo, características como tamanho e taxa respiratória são específicas de cada espécie e podem requerer diferentes misturas gasosas.

Distância do mercado consumidor

A distância entre a produção e o mercado consumidor interfere na durabilidade de produtos perecíveis, como as flores e folhagens de corte. Estudo realizado por Fischer *et al.* (2015) comparou a durabilidade de rosas, gérberas e crisântemos cultivadas próximo ao mercado consumidor no Rio Grande do Sul com as flores adquiridas de um distribuidor oriundo de São Paulo. As gérberas e rosas da produção local tiveram maior vida de vaso. As rosas adquiridas do distribuidor apresentaram murcha, perda de pétalas e a maioria foi descartada após 3 dias. No caso das gérberas, manchas nas folhas foram observadas assim que as flores foram recebidas, provavelmente resultantes de injúrias mecânicas, por manuseio e transporte inadequados, além do longo período entre a origem e o consumidor final, o que acelera a senescência. Se o caminhão de transporte não for adaptado para oferecer as melhores condições de temperatura, umidade e circulação de ar, a chance de aumentar os danos é maior, principalmente pelo longo período de deslocamento até o consumidor final. O ideal em longas distâncias é o uso de caminhões contêineres, com AC, como já é comumente observado em outros países.

Figura 5 - Rosas 'Avalanche' em avaliação de atmosfera controlada



Gláucia Moraes Dias

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cadeia produtiva da floricultura tem que atender a um mercado cada vez mais exigente quanto aos aspectos de padrão de qualidade e durabilidade. Os cuidados pré-colheita são essenciais para a produtividade e obtenção de hastes florais e folhagens com as características que atendam aos anseios dos consumidores. Os tratamentos de pós-colheita, que se iniciam logo após o corte das plantas, devem ir além da propriedade rural, sendo realizados ao longo de toda a cadeia. Tratamentos de *pulsing*, condicionamento ou manutenção de qualidade e durabilidade devem ser usados e já existem opções de produtos comerciais para auxiliar nessa etapa.

As pesquisas que visam trazer opções de técnicas para auxiliar produtores e profissionais na manutenção do frescor dos produtos da floricultura são desenvolvidas por instituições de pesquisa e ensino em todo o País. A avaliação de soluções conservantes, pontos de colheita, temperaturas ideais de armazenamento e modificações da composição dos gases da atmosfera gera informações importantes para a cadeia de plantas ornamentais e devem continuar, uma vez que o universo de espécies em produção no País é bem diversificado.

REFERÊNCIAS

AKBUDAK, B.; ERIS, A.; KUCUKAHMETLER, O. Normal and modified atmosphere packaging storage of lisianthus (*Lisianthus grandiflorum*) grown in saline conditions. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v.33, n.2, p.185-191, 2005.

ALVES, F. de O.; ROCHA, L.C.D.; CARVALHO, L.M. Avaliação da eficiência de *Beauveria bassiana* no controle de *Franklinella occidentalis* em roseiras. In: ENCONTRO DA REGIONAL SUDESTE DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 1., 2020, Lavras. **Anais [...]** Lavras: UFLA, 2020. Resumos. Disponível em: <https://ersfpo.wixsite.com/site/c%3%B3pia-submiss%C3%B5es>. Acesso em: 10 out. 2020.

ARMITAGE, A.M.; LAUSHMAN, J.M. **Specialty cut flowers: the production of annu-**

als, perennials, bulbs, and woody plants for fresh and dried cut flowers. 2nd ed. rev. & amp. enlarg. Portland: Timber Press, 2008. 636p.

BURANA, C.; KUROKURA, T.; YAMANE, K. Short-term controlled atmosphere and 1-MCP effects on the vase life of cut flowers. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.1071, p.635-639, Feb. 2015. XI International Controlled and Modified Atmosphere Research Conference, 2013.

CARVALHO, L.M. *et al.* Bagging to protect calla lily flowers against stingless bee (*Trigona spinipes*). **Ornamental Horticulture**, Campinas, v.24, n.4, p.353-360, Oct./Dec. 2018. Disponível em: <https://ornamentalhorticulture.emnuvens.com.br/rbho/article/view/1193>. Acesso em: 20 out. 2020.

CARVALHO, L.M. de *et al.* Pragas na floricultura: identificação e controle. **Informe Agropecuário**. Floricultura: tecnologias, qualidade e diversificação, Belo Horizonte, v.30, n.249, p.36-46, mar./abr. 2009.

CASTRO, C.E.F. **Diagnóstico técnico-científico da floricultura do Brasil**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 63p.

CASTRO, M.L.R. de *et al.* Estádio de abertura floral e qualidade pós-colheita em armazenamento de copo-de-leite. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.20, n.2, p.131-136, 2014. Disponível em: <https://ornamentalhorticulture.emnuvens.com.br/rbho/article/view/522>. Acesso em: 1 nov. 2020.

CEFOLA, M.; AMODIO, M.L.; COLELLI, G. Extending postharvest life of ready-to-use zucchini flowers: effects of the atmosphere composition. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.1141, p.123-130, Oct. 2016. III International Conference on Fresh-Cut Produce: Maintaining Quality and Safet, 2015.

CUQUEL, F.L.; FINGER, F.L.; LOGES, V. Colheita e pós-colheita de flores de corte. **Informe Agropecuário**. Floricultura: tecnologias, qualidade e diversificação, Belo Horizonte, v.30, n.249, p.56-63, mar./abr. 2009.

DIAS, G.M. *et al.* Armazenamento úmido e seco de rosas cortadas. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v.22, n.2, p.166-171, May/Aug. 2016. Disponível em: <https://ornamentalhorticulture.emnuvens.com.br/rbho/article/view/912>. Acesso em: 10 out. 2020.

DIAS, G.M. *et al.* Controlled atmosphere and refrigerated storage in cut roses 'Avalanche'. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v.23, n.3, p.363-369, Jul./Sept. 2017. Special issue: Innovation in horticulture. Disponível em: <https://ornamentalhorticulture.emnuvens.com.br/rbho/article/view/1049>. Acesso em: 10 out. 2020.

DIAS-TAGLIACCOZZO, G.M. Tecnologia Pós-colheita para plantas ornamentais. In: BARBOSA, T.C. *et al.* (Ed.). **Ambiente protegido: olericultura, citricultura e floricultura**. Viçosa, MG: Empresa Júnior de Agronomia, 2006. p. 151-170.

DIAS-TAGLIACCOZZO, G.M.; FINGER, F.L.; BARBOSA, J.G. Fisiologia pós-colheita de flores de corte. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.11, n.2, p.89-99, 2005. Disponível em: <https://ornamentalhorticulture.emnuvens.com.br/rbho/article/view/48>. Acesso em: 6 out. 2020.

ENCONTRO DA REGIONAL SUDESTE DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 1., 2020, Lavras. Coordenação: Michele Valquíria dos Reis. Lavras: UFLA, 2020. YouTube (2h59min44s). Tema: Desafios da produção. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DVIgEpT-i50>. Acesso em: 18 out. 2020.

FAVERO, B.T. *et al.* Gibberellic acid, ozone and 1-methylcyclopropene on the gray mold control in 'Avant Garde' rose. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.1060, p.177-182, Jan. 2015. X International Symposium on Postharvest Quality of Ornamental Plants, 2012.

FISCHER, S.Z. *et al.* Durabilidade de rosas, géberas e crisântemos comercializados em Pelotas-RS. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v.21, n.1, 2015, p.113-118 Disponível em: <https://ornamentalhorticulture.emnuvens.com.br/rbho/article/view/783>. Acesso em: 3 out 2020.

FLORICULTURA e plantas ornamentais no Brasil: panorama e perspectiva pós-pandemia. Coordenação: Erildo Pontes [Fortaleza]: SEDET, 2020. YouTube (2h8min19s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3ZVnOhYRjIE&feature=youtu.be>. Acesso em: 28 out. 2020.

LAMAS, A. da M. Logística de exportação para flores e folhagens tropicais. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.8, n.1/2, p.103-106, jun. 2002.

LIMA, J.D.; FERRAZ, M.V. Cuidados na pós-colheita de flores tropicais. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.14, n.1, p.29-34, 2008. Palestra. Disponível em: <https://ornamentalhorticulture.emnuvens.com.br/rbho/article/view/228>. Acesso em: 1 nov. 2020.

MACNISHA, A.J. *et al.* An alternative post-harvest handling strategy for cut flowers: dry handling after harvest. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.847, p.215-222, 2009. IX International Symposium on Postharvest of Ornamental Plants.

MANFREDINI, G.M. *et al.* Storage and methyl jasmonate in postharvest conservation of roses cv. Avalanche. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v.23, n.2, p.207-211, Apr./June 2017. Disponível em: <https://ornamentalhorticulture.emnuvens.com.br/rbho/article/view/992>. Acesso em: 25 out. 2020.

MASON, L. **Guidelines for the post-harvest handling of cut flowers and foliage**. Warwickshire, UK: AHDB Horticulture, 2020. 14p. (AHDB Horticulture. FACTSHEET, 01/20). 2020. Disponível em: https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Horticulture/Ornamentals/PostHarvestHandlingCFF_200527_WEB.pdf. Acesso em: 19 out. 2020.

NELL, T. **Best practices for shipping & storage of fresh cut flowers**. Walterboro, SC, EUA: FloralLife, 2012. 3p. Disponível em:

http://floralife.com/cms_assets/File%20Library/Floralife/Research_Updates/2012_RU/FloralifeResearchUpdate_11_2012_press.pdf. Acesso em: 25 out. 2020.

NOORDEGRAAF, C.V. Production and marketing of high quality plants. **Acta Horticulturae**, The Hague, n.353, p.134-148, Feb. 1994. International Workshop on Floriculture & Nursery Industries and Environment, 1992.

OLIVEIRA, M.J.G. de. **Tecnologia pós-colheita de *Heliconia* spp.** 1996, 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

OLIVEIRA, S.F. de. **Influência de cálcio e silício via fertirrigação na produção e qualidade de flores cortadas de gérbera**. 2011. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-08022012-111417/publico/Sueyde_Fernandes_de_Oliveira.pdf. Acesso em: 2 nov. 2020.

PAIVA, P.D. de O.; ALMEIDA, E.F.A. **Produção de flores de corte**. Lavras: UFLA, 2012. v.1, 678p.

PAIVA, P.D. de O.; ALMEIDA, E.F.A. **Produção de flores de corte**. Lavras: UFLA, 2014. v.2, 819p.

PASCALE, S.; MATURI, T.S.; NICOLAIS, V. Modified atmosphere packaging (MAP) for preserving gerbera, liliium and rosa cut flowers. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.682, p.1145-1152, June 2005. V International Postharvest Symposium, 2004.

PIETRO, J. de. *et al.* Qualidade de rosas de corte tratadas com produtos naturais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.10, p.1781-1788, out. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/5G8gNdHcy9bL8W4DXN9ppmS/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 1 nov. 2020.

REID, M.S.; JIANG, C.Z. Postharvest biology and technology of cut flowers and potted plants. **Horticultural Reviews**, v.40, p.1-54, Oct. 2012.

ROSA, R.J.M. *et al.* Adubação nitrogenada, potássica e fosfatada influenciando a qualidade e durabilidade pós-colheita de gladiolo. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.20, n.2, p.143-154, 2014. Disponível em: <https://ornamentalhorticulture.emnuvens.com.br/rbho/article/viewFile/545/544>. Acesso em: 25 out. 2020.

ZELTZER, S.; MEIR, S.; MAYAK, S. Modified atmosphere packaging (MAP) for long-term shipment of cut flowers. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.553, p.631-634, 2001. IV International Conference on Postharvest Science, 2000.

Livraria EPAMIG

101 Culturas

Manual de Tecnologias Agrícolas

2ª edição revista e atualizada

AQUISIÇÕES E INFORMAÇÕES

www.livrariaepamig.com.br



EPAMIG SEDE

Av. José Cândido da Silveira, 1647
União • BH • MG • CEP 31170-495
TEL. (31) 3489-5002 • publicacao@epamig.br



AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

Pós-colheita de raízes tuberosas, tubérculos, rizomas e bulbos

*Fernanda Ferreira de Araújo¹, Nicolas Oliveira de Araújo², Mirelle Nayana de Sousa Santos³,
Paula Cristina Carvalho Lima⁴, Sanzio Mollica Vidigal⁵, Fernando Luiz Finger⁶*

Resumo - As raízes tuberosas, os tubérculos, os rizomas e os bulbos integram o grupo das hortaliças subterrâneas. Por se tratar de órgãos vivos que continuam a metabolizar suas reservas após a colheita, variações na temperatura, umidade relativa e composição gasosa, bem como a pressão de inóculo de microrganismos patogênicos, danos mecânicos e quebra da dormência são fatores críticos que impactam diretamente a qualidade e a vida útil dos órgãos subterrâneos de reserva. Portanto, por suas características anatômicas e morfofisiológicas muito peculiares que os distinguem dos frutos e outros órgão vegetais, alguns procedimentos são exclusivamente empregados durante a colheita e pós-colheita das hortaliças subterrâneas, como a cura, a inibição da brotação e o armazenamento prolongado.

Palavras-chave: Maturação. Doença. Dormência. Armazenamento. Embalagem.

Post-harvest of tuberous roots, tubers, rhizomes and bulbs

Abstract - Tuberous roots, tubers, rhizomes and bulbs are part of the group of underground vegetables. As living organs, they continue to metabolize their reserves after harvest, which is directly affected by variations in temperature, relative humidity and storage air composition. In addition, the infection by pathogenic microorganisms, mechanical damage and sprouting are critical factors that directly impact quality and shelf life of the underground reserve organs. Therefore, due to their very peculiar anatomical and morphophysiological characteristics that distinguish them from fruits and leaf vegetables, some handling practices are exclusively applied to the underground vegetables after harvest, including cure, sprout inhibition and long-term storage.

Keywords: Maturation. Disease. Dormancy. Storage. Packing.

INTRODUÇÃO

As perdas pós-colheita de hortaliças podem ser fisiológicas, fitopatológicas ou por danos mecânicos. Estima-se que no Brasil as perdas acumuladas pós-colheita em hortaliças oscilam entre 30% e 45%. Essas perdas podem ser de natureza quantitativa ou qualitativa, porém, independentemente da natureza da perda, há

sempre redução da oferta final do produto comercializável e consequente elevação do preço dos produtos ao consumidor.

As hortaliças subterrâneas são as que têm os órgãos subterrâneos utilizados na alimentação. Integram esse grupo as raízes tuberosas, os tubérculos, os rizomas e os bulbos. Como ocorre com a maioria das hortaliças, a qualidade desses órgãos está intimamente ligada à aparência externa,

ao tamanho, cor, aroma, sabor, firmeza e composição química. Tais atributos são determinados, em parte, pelo genótipo, por tratamentos culturais na pré-colheita, pela época e maturidade hortícola adequada de colheita e por tratamentos pós-colheita. Os tratamentos pós-colheita visam principalmente garantir a integridade física e a manutenção da qualidade química dos produtos.

¹ Eng. Agrônoma, D.Sc., Pós-Doutoranda Fitotecnia UFV, Viçosa, MG, fernanda.f.araujo@ufv.br.

² Eng. Agrônomo, Doutorando Fitotecnia UFV/Bolsista CNPq, Viçosa, MG, nicolas.araujo@ufv.br.

³ Bióloga, D.Sc. Fisiologia Vegetal UFV, Viçosa, MG, mirellensantos@gmail.com.

⁴ Bióloga, D.Sc., Pós-Doutoranda Fitotecnia UFV, Viçosa, MG, paulinhacarlina@ufv.br (in memoriam).

⁵ Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sudeste, Viçosa, MG, sanziov@epamig.br.

⁶ Eng. Agrônomo, Ph.D., Prof. Voluntário UFV, Viçosa, MG, ffinger@ufv.br.

Submissão: 29/10/2020 - Aprovação: 14/12/2020

Os produtos hortícolas são organismos que continuam vivos após a colheita, mantendo ativos todos os seus processos biológicos vitais. Para isso, haverá contínua influência do ambiente, como estresse de natureza abiótica e/ou biótica sobre a fisiologia das hortaliças. Os fatores do ambiente que induzem alterações na fisiologia desses produtos são: a temperatura, a umidade, a composição da atmosfera de armazenamento, o ataque por microrganismos ou insetos e o nível de injúria mecânica.

A diminuição da qualidade e disponibilidade das hortaliças subterrâneas após a colheita dá-se pela excessiva perda de água, e elevada taxa respiratória, que resulta na redução da quantidade de energia armazenada (carboidratos). Outros processos de natureza fisiológica, como enraizamento e brotação, além da injúria por frio e perda física do produto por ataque de pragas, doenças ou por danos mecânicos, contribuem para a elevação das perdas de qualidade e quantidade do produto armazenado.

A colheita das hortaliças subterrâneas no estágio adequado de maturidade, bem como a manipulação adequada da temperatura, umidade relativa (UR) do ar, concentração dos gases respiratórios O₂ e CO₂, redução da incidência de danos mecânicos, adequado processo de cura e aplicação de tratamentos fitossanitários e de fitorreguladores permitem minimizar a ação dos fatores de deterioração com consequente extensão da vida pós-colheita.

MATURIDADE E PONTO DE COLHEITA

O dogma que rege a fisiologia e tecnologia dos produtos hortícolas preconiza que os atributos de qualidade não podem ser melhorados após a colheita, mas apenas mantidos. Portanto, o conhecimento de como os fatores pré e pós-colheita afetam as diferentes fases do ciclo vital dos produtos hortícolas não é só importante para alcançar bons rendimentos, mas também é crucial para prolongar a qualidade por longos períodos, com perdas mínimas.

O ciclo vital dos órgãos subterrâneos de armazenamento pode ser dividido em três fases: crescimento, maturação e senescência. Nesses órgãos, o crescimento é marcado principalmente pelo acúmulo de carboidratos de reservas. Enquanto mandioca, batata-doce e batata acumulam amido como principal molécula não estrutural de reserva, a cenoura e a cebola acumulam principalmente sacarose e frutanos, respectivamente. O acúmulo desses carboidratos solúveis, em detrimento do amido, é uma característica constitutiva que, em conjunto com outros fatores, pode estar relacionada com a tolerância da cebola e da cenoura às temperaturas de armazenamento em torno de 0 °C.

A partir do momento em que o produto agrícola está apto a atender as expectativas dos consumidores, este encontra-se na maturidade hortícola. Diferentemente, a maturidade fisiológica compreende o estágio de desenvolvimento em que o órgão vegetal atinge o tamanho máximo, sendo capaz de continuar sua ontogenia após a colheita. No contexto do desenvolvimento dos órgãos subterrâneos de armazenamento, muitos produtos, como batata, batata-doce e cenoura, podem ser colhidos em diferentes estádios, inclusive imaturos, para serem comercializados em uma versão denominada “baby”.

A maturidade dos órgãos vegetais no momento da colheita impacta diretamente a qualidade, o grau de aceitação do consumidor e a maneira de como esses produtos serão manejados desde a colheita até o armazenamento. Portanto, o enten-

dimento sobre os índices de maturidade é fundamental para a tomada de decisão no manejo da colheita e pós-colheita dos produtos hortícolas (Quadro 1). Os índices de maturidade são bastante variados e se baseiam em métodos visuais (tamanho, formato, senescência da planta), métodos físicos (firmeza e peso) e químicos (sólidos solúveis (SS), amido e açúcares solúveis) (PUIATTI, 2019). Entretanto, alguns órgãos subterrâneos de armazenamento não apresentam índices de maturidade bem definidos, sendo assim, a colheita baseia-se principalmente no ciclo da cultura.

Em alguns produtos hortícolas, os maiores índices de colheita (rendimento da fração econômica/rendimento biológico total) são obtidos quando as plantas entram em senescência. Nas culturas bulbosas, mesmo após o secamento da parte aérea, a translocação de substâncias orgânicas e inorgânicas das folhas senescentes para o bulbo garante ganhos de produtividade, como pode ser observado em cebola. No entanto, o momento ideal para obtenção do rendimento máximo nem sempre coincide com a capacidade máxima de conservação do produto, pois a colheita tardia tende a aumentar o número de bulbos não comerciais (rachados e deformados), com menos casca e mais propensos à podridão durante o armazenamento.

Em bulbos de alho e cebola, o ponto de maturação é indicado pelo amolecimento do pseudocaule, o que resulta no tombamento da parte aérea sobre o solo (Fig. 1A). Em geral, o alho e a cebola

Quadro 1 - Índices de maturidade de órgãos subterrâneos de reserva

Culturas	Índices de maturidade
Alho e cebola	Secamento do colo da planta e tombamento da parte aérea
Batata	Amarelecimento e secamento da parte aérea e aderência da periderme
Batata-doce	A superfície de corte da raiz libera exsudato branco com consistência leitosa
Cenoura e beterraba	Raízes com máximo enchimento em todo o seu comprimento, com tamanho e formato característicos da cultivar
Inhame e taro	Amarelecimento e senescência da parte aérea

Fonte: Adaptado de Puiatti (2019).

devem ser colhidos com 60% a 90% de queda foliar, sendo recomendado o corte do pseudocaule e das raízes apenas quando esses tecidos estiverem completamente secos. No Brasil, em decorrência da alta dos preços em períodos de pouca oferta do produto, a comercialização de cebolas colhidas precocemente (cebola verde) tem-se tornado frequente, disponibilizando bulbos de baixa qualidade, com alta atividade respiratória, menor teor de SS, casca esverdeada e baixa capacidade de armazenamento.

Diferentemente dos bulbos, as raízes tuberosas, tubérculos e rizomas apresentam camadas de células externas, denominadas periderme nativa (casca), que conferem resistência às lesões por escoriações. Durante a tuberização, o rápido crescimento dos órgãos subterrâneos demanda uma intensa expansão da periderme. Na maturação, que normalmente coincide com o amarelecimento da parte aérea (Fig. 1B), essas camadas de células endurecem, aderindo-se mais firmemente aos tecidos subjacentes. Logo, a maturidade física das raízes tuberosas e dos tubérculos pode ser descrita como a aderência da periderme nativa aos tecidos. Nesse sentido, as raízes tuberosas, os rizomas e os tubérculos fisicamente imaturos são mais suscetíveis a danos de natureza física durante a colheita, o que torna esses órgãos bastante sensíveis à desidratação e doenças durante o armazenamento. Dessa forma, os desseccantes têm sido utilizados como alternativa para acelerar a obtenção da maturidade física de algumas culturas, como por exemplo a batata.

CURA

Muitos órgãos subterrâneos de reserva exigem o tratamento de cura antes de serem comercializados ou armazenados. Em hortaliças subterrâneas não bulbosas, como batata, batata-doce e inhame, a cura consiste em armazenar os produtos em um ambiente adequado para promover a cicatrização de feridas ocorridas durante a colheita e o manuseio. Para produtos como

Figura 1 - Ponto de colheita da cebola e do taro



Nota: A - Campo de cebola em Oratórios, MG; B - Cultivo de taro em Viçosa, MG.

a cebola e o alho, a cura consiste no secamento parcial das películas externas dos bulbos, impedindo assim a excessiva perda de água. Esses processos são importantes na prevenção da invasão por patógenos, na limitação da taxa de respiração e perda de água, além de melhorar as características organolépticas do produto.

Existem várias etapas envolvidas na cicatrização de feridas durante a cura, especificamente: dessecação de camadas de

células superficiais no local das escoriações; espessamento das paredes celulares abaixo da ferida; deposição de suberina e/ou lignina; bem como a formação de novas células denominadas “periderme de cura” abaixo da camada suberizada, que sela as áreas lesionadas. A suberina e a lignina ajudam a impermeabilizar as células e reduzem a perda de água, além de reduzir a suscetibilidade a patógenos fúngicos.

Estudo realizado com tubérculos de batata das cultivares Markies e Challenger submetidos a danos mecânicos indicou que a temperatura de armazenamento de 8 °C, 14 °C e 20 °C resulta em modificações anatômicas conspícuas na periderme, demonstrando o efeito da temperatura de cura na regeneração da periderme de dano. Neste estudo temperatura de 14 °C proporcionou melhor cura em ambas as cultivares, e o desenvolvimento da nova periderme da cv. Markies foi mais precoce do que na cv. Challenger, mesmo a 8 °C (PETRUCCI, 2018). Por outro lado, raízes de batata-doce cv. BRS Amélia, feridas, mostraram melhor manutenção metabólica e cicatrização de ferimentos quando armazenadas a 30 °C (LIMA, 2018).

Diferentemente das raízes tuberosas, tubérculos e rizomas, o manejo da cura em bulbos de cebola e alho tem como objetivo a dessecação das películas externas, das raízes e do pseudocaule (pescoço) para que posteriormente seja feito o corte (toaleta). A cura desses órgãos pode ser realizada de maneira natural ou artificial. A natural é realizada após a colheita no próprio campo ou em galpões sem controle das condições de temperatura e umidade. Quando realizada em campo, cebolas são dispostas em fileiras de modo que as folhas de uma fileira protejam parcialmente os bulbos da fileira seguinte, evitando assim a incidência direta da radiação solar sobre os bulbos (Fig. 2A). Esse procedimento é a maneira mais econômica e pode ser útil para melhorar a qualidade, permitindo o movimento descendente dos nutrientes da parte superior para o bulbo. No caso de chuvas durante a colheita, a cura da cebola é feita normalmente em galpões secos e ventilados (Fig. 2B), onde as plantas permanecem até que as folhas sequem e a cura seja completada.

A cura artificial é realizada nas regiões onde as condições climáticas, principalmente a ocorrência de chuvas e períodos de temperaturas baixas associadas à nebulosidade, não permitem que o processo seja realizado ao natural. Neste caso, são utilizados ventiladores com ar natural ou aquecido (secadores) ou até mesmo proces-

Figura 2 - Cebola e alho em processo de cura



Nota: A - Cura de cebola no campo em Oratórios, MG; B - Galpões de cura de alho em São Gotardo, MG.

sos mais sofisticados, como cura a vácuo e com radiação infravermelha.

Entre os métodos artificiais de cura, os que se baseiam na circulação forçada de ar aquecido entre os bulbos. Recentemente, secadores artificiais de baixo custo e que apresentam menor consumo de energia, como a unidade de tratamento de ar (UTA), têm sido avaliados quanto à eficiência na cura da cebola, como substituto aos secadores convencionais. O equipamento retira

a umidade do ar, por meio do resfriamento e condensação do vapor d'água presente, com posterior aquecimento para obtenção de ar com menor umidade. Sua capacidade de retenção de água, associada à menor proporção de mistura de ar, garante um ar mais seco. Em bulbos de cebola da cultivar Bola Precoce, enquanto o método convencional de cura em galpões, sem controle da temperatura e UR do ar, requer 168 horas; a cura artificial utilizando-se a UTA (Fig. 3) proporciona o completo secamento das películas

externas em apenas 12 horas, garantindo bulbos de coloração amarelo-intensa e com casca mais seca (CARDOSO *et al.*, 2016).

A cura inadequada do produto impacta diretamente nas demais etapas de manuseio pós-colheita. Os benefícios que poderiam ser obtidos com o manuseio adequado do produto durante o transporte, armazenamento e comercialização são inviabilizados pelas condições impróprias de cura, pois a perda de massa, incidência de patógenos e a quebra da dormência serão estimuladas. Portanto, deve-se proceder a cura em temperaturas, umidade e ventilação adequadas, seguindo as recomendações de cada espécie e cultivar, para evitar deterioração do produto durante o armazenamento. As condições de cura para os diferentes produtos estão resumidas na Tabela 1.

PATOLOGIA PÓS-COLHEITA

Apesar da rápida expansão da agricultura brasileira, alguns segmentos da cadeia produtiva são pouco estudados, como é o caso da patologia pós-colheita. Os patógenos, principalmente os quiescentes que podem sobreviver como esporos resistentes livres no solo por longos períodos, têm causado bastantes transtornos aos produtores por serem responsáveis pelo grande volume de perdas dos produtos colhidos. As doenças ocorrem como resultado de uma interação entre um agente causal agressivo, como fungos ou bactérias, uma planta hospedeira suscetível, e uma condição ambiental favorável, como o armazenamento em um ambiente úmido e quente.

Vários patógenos, como fungos, bactérias, vírus e nematoides, são responsáveis por causar doenças em bulbos, tubérculos, rizomas e raízes durante e após a colheita. No entanto, é bem conhecido que as maiores perdas pós-colheita no Brasil são causadas por fungos, dos quais os gêneros mais comuns entre as culturas são: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Phytophthora* e *Rhizopus* (Fig. 4). Dentre as bactérias, poucos gêneros causam doenças pós-colheita, destacando-se *Erwinia* e *Pseudomonas*. Entretanto, apesar de existir

Figura 3 - Cura de cebolas em silos por desidratação artificial utilizando ar aquecido por meio da unidade de tratamento de ar (UTA)



Deise Silva Castro Pimentel Cardoso

Tabela 1 - Condições de cura para variados produtos

Produto	Temperatura (°C)		Umidade relativa (UR) (%)	Duração (dias)
	Faixa ótima	Faixa aceitável	Faixa ótima	
Mandioca	30-35	25-40	80-95	7-14
Batata	10-15	7-15	80-95	10-14
Batata-doce	28-30	30-32	85-90	3-10
Taro	34-36	30-36	85-98	3-5
Inhame	30-35	25-35	85-90	4-15
Cebola	35-45 (ar aquecido forçado)	35-45 (ar aquecido forçado)	60-75	0,5-1
Alho e cebola	Temperatura ambiente (no campo)	Temperatura ambiente (no campo)	UR ambiente (no campo)	5-10

Fonte: Adaptado de Kitinoja, Tokala e Brondy (2018) e Maw, Tollner e Mullinix (1998).

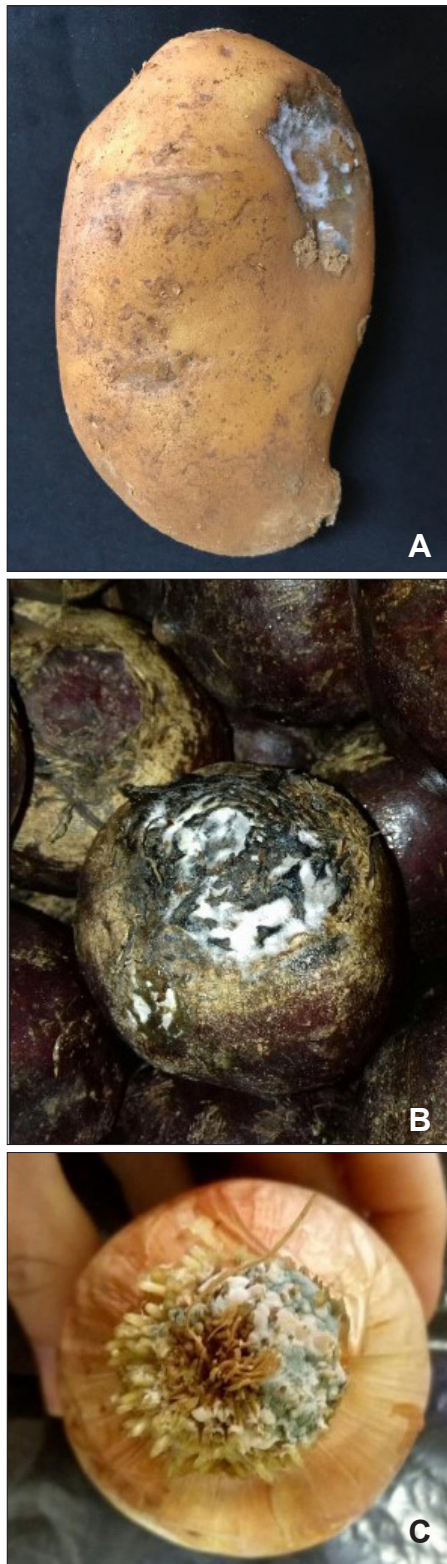
poucas espécies causadoras de doenças, as perdas por podridão-mole são muito elevadas.

O processo de infecção dos produtos hortícolas por microrganismos patogênicos é variado e pode iniciar-se quando os órgãos estão imaturos na planta (infecção pré-colheita) ou durante a colheita e operações subsequentes de manuseio e armazenamento (infecção pós-colheita). A infecção pós-colheita é facilitada por

lesões mecânicas na casca do produto, como cortes e escoriações. Essas injúrias podem ocorrer durante os processos de colheita, classificação, limpeza, embalagem e armazenamento ou transporte.

Além dos danos mecânicos, danos fisiológicos, como injúria por frio (*chilling injury*) pela exposição a temperaturas inferiores ao limite de tolerância do produto, rachaduras por falta ou excesso de

Figura 4 - Sintomas de infecção por fungos na pós-colheita



Nota: A - Batata apresentando sintomas de podridão-seca causada por *Fusarium* spp.; B - Beterraba com infecção por *Botrytis* sp.; C - Cebola com infecção por *Penicillium* sp.

água e lesões causadas pelo excesso ou deficiência de alguns nutrientes também favorecem as infecções microbianas, em decorrência da diminuição da resistência natural do produto.

A deterioração pós-colheita pode ser reduzida minimizando os danos ao produto, mantendo a resistência natural do hospedeiro aos microrganismos fitopatogênicos e retardando a senescência. Para a maioria das doenças pós-colheita, o manejo mais eficiente envolve o controle e a prevenção quando a cultura ainda está no campo, em fase de produção. Dentre as práticas de caráter preventivo, destacam-se: a colheita em época certa e em estágio fenológico correto, os cuidados para evitar ferimentos, o manuseio cuidadoso do produto colhido, a higienização do local de processamento e armazenamento, o uso de embalagens não infestadas, o controle de umidade e temperatura do armazém, entre outras.

No entanto, essas práticas benéficas geralmente não são suficientes para proteger o produto de infecções fúngicas. O principal método usado para controlar doenças pós-colheita é por aplicação de fungicidas sintéticos. No entanto, seu uso vem-se tornando cada vez mais restrito pelas preocupações com o meio ambiente e a saúde humana, bem como pelo custo para desenvolver novos produtos que supere a resistência desenvolvida pelos patógenos.

Dentre os métodos que utilizam princípios biológicos, o controle com antagonistas microbianos tem despertado muito interesse como alternativa aos produtos químicos. O controle biológico por bactérias usa um mecanismo que ocorre naturalmente para suprimir os patógenos de plantas. Os modos de ação são antibiose, competição por espaço e nutrientes, parasitismo, enzimas líticas da parede celular e resistência sistêmica induzida (SHARMA; SINGH; SINGH, 2009). A indução de resistência tem como objetivo potencializar a resposta defensiva das plantas por meio de estimulação adequada pelos indutores bióticos e abióticos, como já apresentado na literatura por meio do uso

do metil jasmonato e do ácido salicílico (GONZÁLEZ-GALLEGOS *et al.*, 2015).

Outra opção que vem recebendo destaque são os óleos essenciais de plantas, substâncias produzidas como um mecanismo de defesa da planta contra patógenos. Os óleos essenciais têm sido usados no controle do crescimento de patógenos pós-colheita encontrados em frutas e vegetais. Em cebola, um componente do óleo essencial do tomilho, o timol, tem-se mostrado eficiente na inibição do crescimento de *Botrytis aclada*, prolongando o armazenamento dos bulbos por mais 16 semanas (JI *et al.*, 2018).

Dentre as novas opções ao uso de produtos químicos, estudos recentes observaram que o revestimento dos tubérculos de batata com quitosana antes do armazenamento refrigerado reduziu o crescimento de *Fusarium* spp. e perdas fisiológicas, aumentando a durabilidade do produto (RAIGOND *et al.*, 2019). A quitosana tem sido utilizada em uma ampla gama de aplicações, como gerenciamento de resíduos, processamento de alimentos, nanotecnologia, medicina e biotecnologia. Exibe atividade antifúngica e é capaz de criar um filme semipermeável na superfície da fruta/vegetal.

Grandes avanços foram feitos no controle de doenças fúngicas, especialmente por meio do uso de variedades resistentes desenvolvidas por melhoramento convencional de plantas ou por meio de engenharia genética. O desenvolvimento e o uso de variedades resistentes contra patógenos são considerados os métodos mais confiáveis de gerenciamento de doenças. Entretanto, ainda não são muito adotados, uma vez que as cultivares mais utilizadas no Brasil são importadas e não apresentam resistência às principais doenças que ocorrem no País.

DORMÊNCIA

A dormência é a suspensão temporária do crescimento visível de qualquer estrutura de armazenamento que contenha meristemas. Dessa forma, a dormência é classificada em três fases. A paradormência

que é definida como a ausência de desenvolvimento de um meristema, resultante da influência de outro órgão da planta. Um exemplo de paradormência é a dominância apical, em que não é visualizado o desenvolvimento das gemas axilares, pois estas permanecem dormentes mesmo em condições favoráveis e só retomam o crescimento se houver suspensão do fator de inibição.

Na ecodormência, a ausência de desenvolvimento da gema acontece por fatores ambientais externos e, assim que as condições normais forem estabelecidas, um novo fluxo de crescimento se restabelece, pois as condições intrínsecas tornam-se favoráveis. E na endodormência, o crescimento do meristema é determinado por fatores fisiológicos internos inerentes a cada órgão de armazenamento. Esta fase é considerada a mais importante, pois somente por sua superação haverá sucesso na brotação.

A dormência pode ser considerada um dos fatores mais importantes que tornam as plantas com órgãos subterrâneos capazes de crescer em diversos climas. No entanto, este período é difícil de determinar. Os processos fisiológicos internos envolvidos na entrada e saída da endodormência podem estar relacionados com diversos fatores, como: modificações na estrutura celular, alterações do metabolismo energético no meristema, como a atividade de enzimas, fluxo de carboidratos, suprimento de nutrientes e translocação de reservas a curta distância, regulação hormonal, e a relação entre todos estes fatores.

A dormência em tubérculos de batata é um processo complexo que depende da base genética de cada cultivar, do estágio de desenvolvimento do tubérculo, das condições ambientais e de manejo durante o crescimento e armazenamento. Estações de cultivo com temperaturas amenas resultam na produção de tubérculos com maior período de dormência do que os provenientes de estações de cultivo com temperaturas altas. Dessa forma, tubérculos produzidos durante o outono e inverno na região Sudeste apresentam maior período de

dormência do que os produzidos no final da primavera e verão. O armazenamento de tubérculos a temperatura e UR elevadas favorece a quebra de dormência e o crescimento prematuro dos brotos, assim dependendo do destino da batata, seja para processamento seja para mercado fresco, a adequada faixa de temperatura situa-se entre 4 °C e 10 °C.

No entanto, embora as temperaturas abaixo de 8 °C durante o armazenamento possam prolongar o período de dormência, estas geralmente resultam em um aumento no teor de açúcares redutores dos tubérculos, principalmente de glicose, o que é indesejável na indústria de processamento pelo escurecimento dos produtos fritos (reação de Maillard). Consequentemente, o armazenamento a longo prazo de batatas pode ser problemático por causa da brotação. Para prevenir tal fato, uma ampla gama de produtos químicos podem ser aplicados, evitando assim perdas econômicas significativas.

O principal inibidor da brotação da batata, o cloroprofame (CIPC), apresenta propriedades tóxicas tanto para o meio ambiente quanto para a saúde do consumidor, mas ainda é amplamente utilizado nos Estados Unidos. Em resposta, vários países estão regulamentando cada vez mais o seu uso, e em 2019 a comunidade europeia proibiu o uso do CIPC a partir da safra de 2020. Portanto, torna-se urgente desenvolver e comercializar novos supressores alternativos de brotos.

Recentemente, foi demonstrada a eficácia dos compostos eugenol e mentol presentes nos óleos essenciais de cravo e hortelã, na redução da brotação em tubérculos de batata. Os compostos naturais derivados de plantas apresentam a vantagem de não deixar resíduos nos tubérculos. Porém, a eficiência desses inibidores alternativos depende da cultivar, temperatura de armazenamento, progressão da dormência dos tubérculos, concentração, tempo e número de aplicações. Em tubérculos de batata cv. Asterix, o composto mentol demonstrou eficiência na supressão do crescimento

dos brotos após o fim da dormência e na redução do acúmulo de açúcares redutores (Gráfico 1), porém o produto apresentou perda da eficácia ao longo do armazenamento. Os óleos essenciais atuam queimando fisicamente o tecido meristemático dos botões, requerendo assim, mais de uma aplicação durante o período de armazenamento (FINGER *et al.*, 2018).

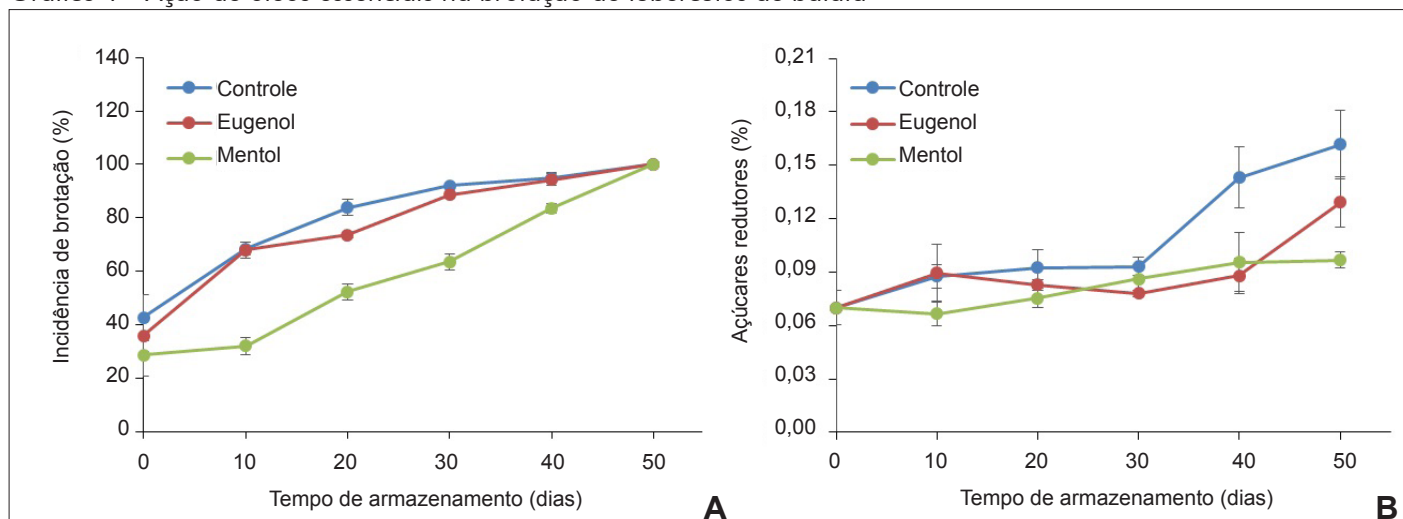
Em bulbos, a dormência pode ser descrita como ausência de crescimento da folha de brotação, caracterizada pelo alongamento da bainha e do limbo foliar. A duração da dormência do bulbo é geneticamente determinada, e o balanço hormonal entre promotores e inibidores do crescimento é bastante influenciado pela idade fisiológica dos bulbos, temperatura de armazenamento, infecção por patógenos, e condições ambientais durante o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Os mecanismos de quebra de dormência e início do crescimento do broto ainda não estão bem elucidados, da mesma forma que os mecanismos moleculares relacionados com esses processos. Entretanto, sabe-se que durante o armazenamento dos bulbos, há a rápida redução nos níveis de ácido abscísico (ABA) e continuada elevação nos teores dos promotores de crescimento (auxinas, giberelinas e citocininas), resultando na retomada do crescimento da folha de brotação.

Da mesma forma que em tubérculos, a extensão do período de dormência da cebola é influenciada pela temperatura de armazenamento. Temperaturas próximas a 0 °C são ideais para prolongar o período de dormência. No entanto, este tipo de armazenamento teria maior eficiência em conjunto com a aplicação de um inibidor de brotação. O Brasil não faz uso de nenhum inibidor de broto comercial. Todavia, atualmente a aplicação de etileno exógeno tem sido usada para estender a dormência em bulbos de cebola por meio da inibição do alongamento das folhas jovens.

O tipo de cura também influencia a brotação e, consequentemente, as perdas pós-colheita. Em estudo realizado com

Gráfico 1 - Ação de óleos essenciais na brotação de tubérculos de batata



Fonte: Adaptado de Finger *et al.* (2018).

Nota: A - Incidência de brotação; B - Teores de açúcares redutores em tubérculos de batata cv. Asterix armazenadas a 8 °C após tratamento com os compostos eugenol, mentol e controle.

bulbos de cebola cv. Alfa Tropical, foi observado que a cura sem parte aérea no galpão, em condições ambiente de temperatura e umidade, favoreceu a manutenção da dormência dos bulbos, apresentando a menor taxa de brotação e menor perda por brotação igual a 11,70%, enquanto que a cura natural no campo por sete dias apresentou a maior taxa de brotação, proporcionando uma perda por brotação de 21,20% (VIDIGAL *et al.*, 2010).

A falta de informações e de inibidores de brotação eficientes também afeta o armazenamento de raízes tuberosas de batata-doce. Apesar da crescente importância da cultura em decorrência do aumento do consumo e do valor de mercado, as raízes têm uma vida útil pós-colheita curta, resultando em altas perdas. O período curto de dormência é seguido por um crescimento excessivo de brotos, reduzindo seu valor comercial. Dados atuais destacaram o uso do ácido amino-oxiacético (AOA), do 1-metilciclopropeno (1-MCP) e do metil jasmonato (MeJa) na redução da brotação em batata-doce durante o armazenamento. Os tratamentos com 1-MCP e AOA foram eficientes em melhorar o potencial de comercialização das raízes tuberosas de batata-doce durante o arma-

zenamento a 25 °C, em até cinco semanas (LIMA *et al.*, 2019). Da mesma forma, a aplicação de MeJa reduziu a incidência da brotação e proporcionou a manutenção da qualidade da batata-doce durante o armazenamento em temperatura ambiente (VERAS, 2020).

ARMAZENAMENTO

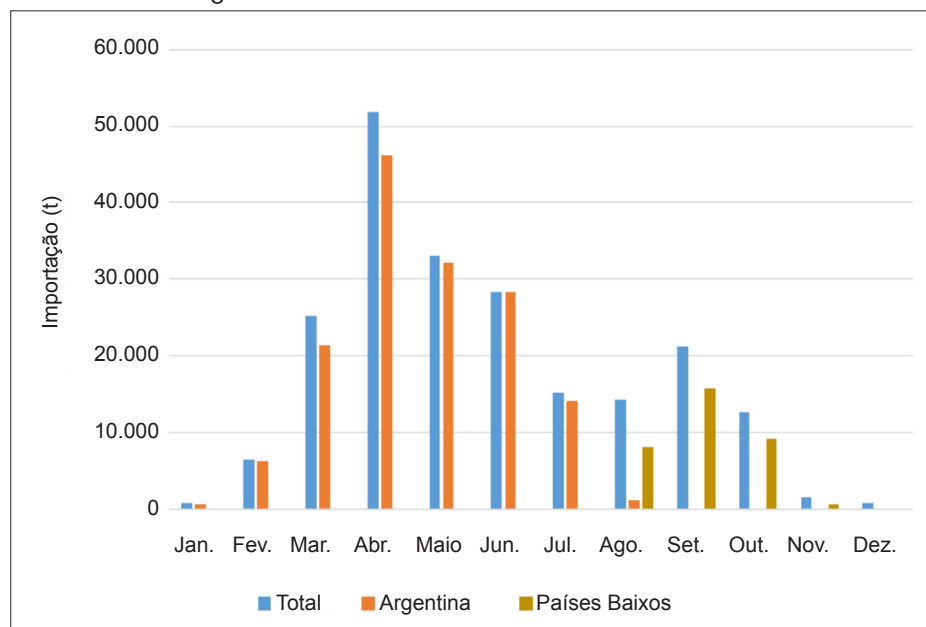
A pós-colheita dos produtos hortícolas é conhecida como um sistema integrado, constituído de diversas práticas que conecta o momento da colheita até o consumo. Dentre as práticas que compõem o manejo pós-colheita, o armazenamento visa redução das perdas pós-colheita, distribuição uniforme durante todo o ano e atraso da comercialização até o aumento dos preços. Todavia, nem todos os produtos frescos respondem ao armazenamento imediato, pois requerem algum tratamento pré-armazenamento, como a cura.

Dentro do manejo pós-colheita, muitas opções de sistemas de armazenamento são utilizadas para atingir o objetivo de estender a vida útil dos produtos agrícolas. A escolha do método de armazenamento depende principalmente do sistema de produção, frequência de colheita e custo-benefício. Em muitos países, pequenos

produtores costumam utilizar alternativas de baixo custo, sem controle das condições ambientais para o armazenamento a curto prazo. No sistema de armazenamento no solo, praticado, principalmente, nas culturas de batata-doce e inhame, a colheita é atrasada até que o produto seja solicitado. Nesse sistema, embora haja a vantagem do ponto de vista econômico, os órgãos subterrâneos de armazenamento ficam mais vulneráveis a pragas e tendem a perder qualidade mais rapidamente. Outros métodos tradicionais de armazenamento incluem empilhamento dos órgãos em estaleiros e armazéns subterrâneos.

No Brasil, o predomínio de sistemas de armazenamento rústicos empregados nas culturas do alho e da cebola favorece grandes volumes de perdas pós-colheita. Nessas condições, os bulbos perdem qualidade por ficarem sujeitos às intensas variações climáticas. Essas condições, associadas à restrição de cultivo em determinadas regiões e estações do ano, exigem um grande volume de importação de cebola para atender à demanda do mercado interno (Gráfico 2). Portanto, a expansão da prática de armazenamento com instalações apropriadas pode ajudar o Brasil a tornar-se autossuficiente na comercialização de bulbos.

Gráfico 2 - Média do volume mensal de importação de cebola no Brasil oriunda da Argentina e Países Baixos entre os anos de 2015 e 2019



Fonte: Brasil (2020).

Como os produtos hortícolas são órgãos vivos que continuam a metabolizar suas reservas mesmo após a colheita, o controle de fatores externos, como temperatura, UR, composição do ar e iluminação, é a maneira mais eficaz para reduzir o metabolismo, manter a qualidade e estender a vida útil durante o armazenamento. O controle desses fatores compõe os sistemas de armazenamento mais sofisticados, entretanto, a resposta às condições de armazenamento controlado é complexa e depende de vários fatores, inclusive das condições de cultivo, do genótipo e do estágio de desenvolvimento da hortaliça subterrânea. No entanto, pelos altos custos nem sempre é possível implementar esse tipo de tecnologia.

O controle da temperatura é o fator mais importante que afeta a vida útil dos órgãos vegetais por impactar nas taxas dos processos bioquímicos celulares. De modo geral, quanto mais baixa é a temperatura, menor será a cinética das reações bioquímicas. Exceções a essa regra são observadas quando raízes tuberosas, rizomas e tubérculos subtropicais e tropicais são expostos a temperaturas

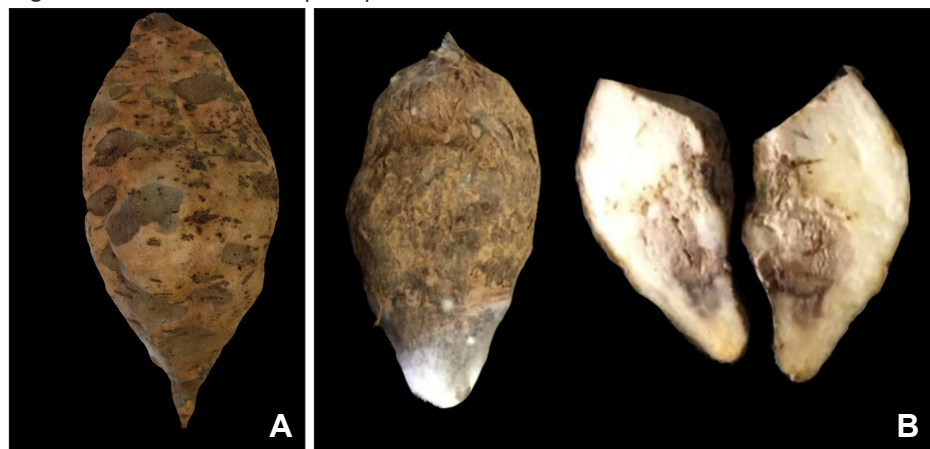
abaixo da crítica, mas acima do ponto de congelamento. O armazenamento em temperaturas abaixo de 13 °C de mandioca-salsa (MENOLLI *et al.*, 2008) e batata-doce (ARAÚJO *et al.*, 2020) induz a manifestação de danos fisiológicos conhecidos como injúria por frio (Fig. 5). Esse distúrbio é caracterizado pela perda da homeostase celular, onde algumas vias, principalmente oxidativas, são ativadas.

Em órgãos subterrâneos de reserva, os principais sintomas de injúria por frio

são caracterizados por depressões necróticas superficiais (Fig. 5A), escurecimento interno e maior sensibilidade a infecções fúngicas (Fig. 5B). Estes sintomas podem-se desenvolver lentamente durante o período de resfriamento, mas sua manifestação é potencialmente acelerada quando o produto é exposto à temperatura ambiente. Todavia, além do tipo de órgão vegetal, estágio de desenvolvimento e condições climáticas de cultivo, a sensibilidade à injúria por frio varia entre cultivares. Em batata-doce foi demonstrado que a tolerância ao frio está relacionada com a capacidade do genótipo em ativar o metabolismo antioxidante, eliminando as espécies reativas de oxigênio. Enquanto as raízes de batata-doce da cv. Beauregard possuem características constitutivas e induzidas que a tornam tolerante ao frio, as raízes das cultivares BRS Rubissol e BRS Cuia são intensamente afetadas por essa desordem a partir de 20 dias de armazenamento a 6 °C (ARAÚJO *et al.*, 2020).

Além da injúria por frio, o adoçamento é outro distúrbio fisiológico acometido em hortaliças subterrâneas, quando submetidas a baixas temperaturas de armazenamento. Essa desordem, causada pela indução das vias que catabolizam a sacarose, promove o acúmulo de açúcares redutores e compromete a qualidade dos produtos fritos. Portanto, a maneira mais simples de evitar esses distúrbios fisiológicos é garantir que a temperatura adequada seja mantida durante

Figura 5 - Sintomas de injúria por frio



Nota: A - Batata-doce; B - Mangarito armazenado a 6 °C.

o armazenamento (Tabela 2). No entanto, a escolha da temperatura de armazenamento normalmente apresenta uma clássica dicotomia envolvendo a inibição da brotação e o acúmulo de açúcares redutores.

Em tubérculos de batata cv. Markies foi demonstrado que as temperaturas de 6 °C e 8 °C mantêm a coloração de palitos dentro do padrão aceitável pela indústria até 240 dias de armazenamento (Fig. 6),

porém essas mesmas temperaturas anteciparam a brotação em 90 dias e 60 dias, respectivamente, comparado às temperaturas de 4 °C e 5 °C que iniciaram a brotação aos 150 dias. Nesse contexto, estimou-se por meio de modelos de superfície de resposta que a cv. Markies pode ser armazenada a 6,9 °C por 92,9 dias sem a perda da qualidade para processamento (PETRUCCI, 2018).

O teor de UR no ambiente é outro parâmetro capaz de afetar o armazenamento dos produtos hortícolas. Entre os órgãos de armazenamento subterrâneos, os bulbos de alho e cebola são os mais sensíveis à alta umidade durante o armazenamento, exigindo UR entre 65% e 70%. Acima desses valores, os bulbos são propensos a desenvolver doenças fúngicas e bacterianas. Por outro lado, a maior sensibilidade das raízes tuberosas, tubérculos e rizomas à perda de água exige um controle da UR do ar entre 85% e 95% durante o armazenamento (Tabela 2).

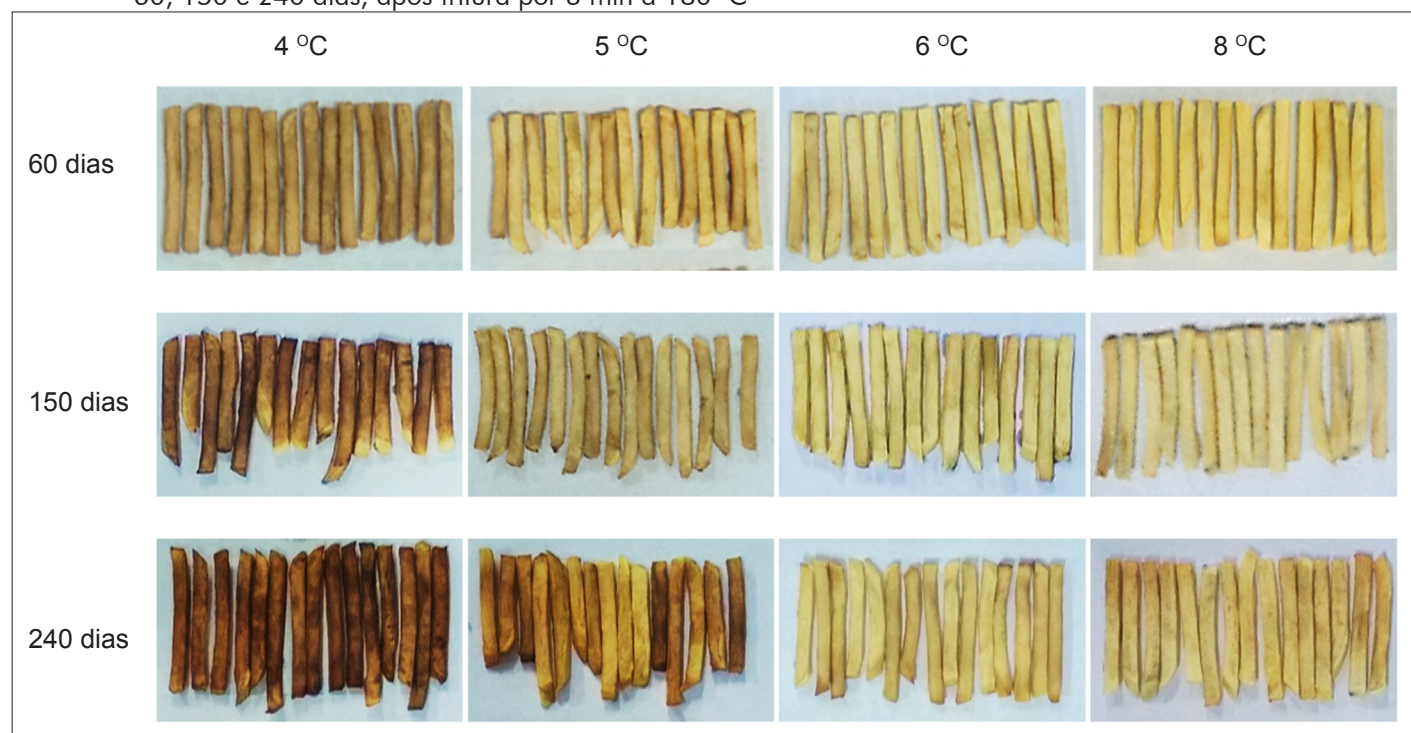
O controle de outros fatores pós-colheita, como composição de gases e iluminação, é importante para garantir a qualidade dos produtos hortícolas armazenados. O calor gerado pela respiração durante o armazenamento é um ponto crítico que influencia a razão entre CO₂ e O₂ no interior das câmaras frias. Em condições de armazenamento de batata, o acúmulo de CO₂ tem sido associado ao desenvolvimento do coração-negro, podridão e acúmulo de açúcares redutores

Tabela 2 - Vida útil de órgãos subterrâneos de armazenamento em condições ideais de temperatura e umidade relativa (UR)

Culturas	Temperatura (°C)	UR (%)	Tempo de armazenamento (dias)
Alho	0-4	65-70	180-210
Batata	7-10	90-95	150-300
Batata-doce	13-15	85-90	120-210
Beterraba	0-4	98-100	120-180
Cebola	0-4	65-70	30-240
Cenoura	0-4	98-100	210-270
Inhame	16	70-80	60-210
Taro	7-10	85-90	120-150

Fonte: Adaptado de López Camelo (2004).

Figura 6 - Coloração de palitos de batata cv. Markies armazenados nas temperaturas de 4, 5, 6 e 8 °C (UR ± 90 %) aos 60, 150 e 240 dias, após fritura por 3 min a 180 °C



nos tubérculos. Portanto, o controle dos níveis de CO_2 é essencial para manter as condições ideais de armazenamento do órgão vegetal. Além da composição dos gases, o controle da iluminação também é importante para manter a qualidade dos tubérculos de batata, evitando o esverdeamento e a produção de solanina, uma substância nociva à saúde humana.

CLASSIFICAÇÃO E EMBALAGENS

As hortaliças são classificadas de acordo com normas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Estas normas identificam os produtos por classe (tamanho) e tipo (qualidade), e estão sendo adequadas aos países-membros do Mercosul. Atualmente, dentre as hortaliças subterrâneas, estão disponíveis as normas para alho, batata, cebola e cenoura (LUENGO *et al.*, 1999).

As Centrais de Abastecimento de Minas Gerais (CeasaMinas), por meio do seu site, divulgam cartilhas de classificação para batata, batata-doce, cebola, cenoura e mandioquinha-salsa (baroa). Os produtos devem estar embalados e podem ser rotulados contendo as seguintes informações: produto, nome do produtor, endereço, número de inscrição do produtor, peso líquido do produto e data de acondicionamento (CEASAMINAS, 2020).

A Instrução Normativa Conjunta Sarc/Anvisa/Inmetro nº 9 de 12/11/2002 (BRASIL, 2002) estabelece que as normas para embalagens para a comercialização dos produtos hortícolas devem possuir dimensões externas que permitam o empilhamento em paletes comerciais de 1,0 x 1,2 m; ser íntegras e higienizadas; conter rótulo com informações sobre a qualidade; quantidade do produto armazenado e informações do produto. Todavia, na comercialização nas CeasaMinas ainda são utilizadas as embalagens definidas pela Portaria nº 127, de 4/10/1991 do MAPA (BRASIL, 1991).

As caixas de madeira do tipo K são as embalagens mais conhecidas e utilizadas no Brasil, principalmente para raízes tuberosas como cenoura, beterraba e mandio-

quinha-salsa. Esse tipo de caixa apresenta dimensões inadequadas, que impossibilitam o empilhamento de muitas camadas do produto, aumentando a pressão exercida sobre as camadas inferiores, com danos por amassamento. Além disso, apresenta superfície áspera e grande proliferação de patógenos, por ser retornável e não higienizada. Todavia, por obrigatoriedade, estas embalagens de madeira gradativamente estão sendo substituídas pelas de papelão ondulado (Fig. 7) ou pelas caixas plásticas retornáveis, como consequência das novas práticas pós-colheita e pela necessidade de modernização dos sistemas de carga e descarga dos produtos.

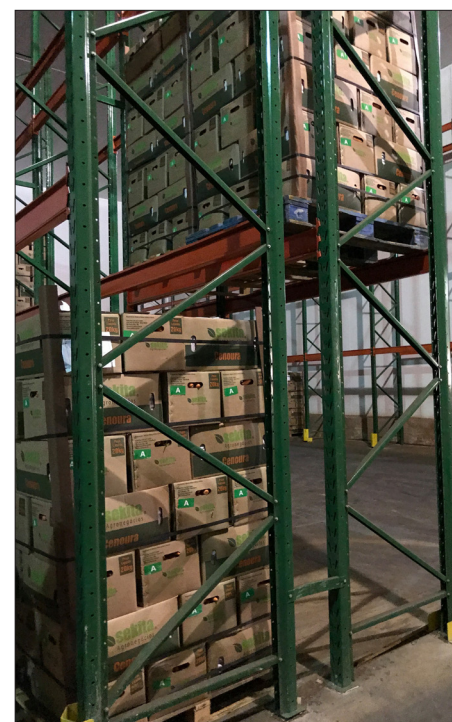
Os sacos confeccionados com fibras naturais ou sintéticas são utilizados basicamente para produtos resistentes a danos mecânicos, como cebola, batata, batata-doce e mandioca. Trata-se de uma embalagem de baixo custo e, em função dos grandes volumes produzidos, principalmente de batata e cebola, sua participação no mercado é expressiva.

Com o avanço tecnológico, outros tipos de embalagem foram desenvolvidos utilizando materiais que não só protegem, mas que também interagem com o produto e com o meio ambiente, conservando melhor suas funções e aumentando a sua vida útil. A modificação da atmosfera em volta do produto é um dos métodos mais utilizados para manter a qualidade e, em muitos casos, suplementar a refrigeração. O ar atmosférico contém 21% de O_2 , 0,03% de CO_2 , 78% de N_2 e pequenas concentrações de outros gases. Nesse sistema, a atmosfera ambiental é geralmente alterada pelo uso de filmes plásticos, permitindo que a concentração de CO_2 proveniente da respiração do próprio produto aumente, e a concentração de O_2 diminua, à medida que este é utilizado pelo processo respiratório, acarretando a redução da respiração e aumentando a vida útil do produto.

O filme de policloreto de vinila (PVC) reduziu a perda de matéria fresca, manteve o teor relativo de água e minimizou a degradação do amido, em raízes de

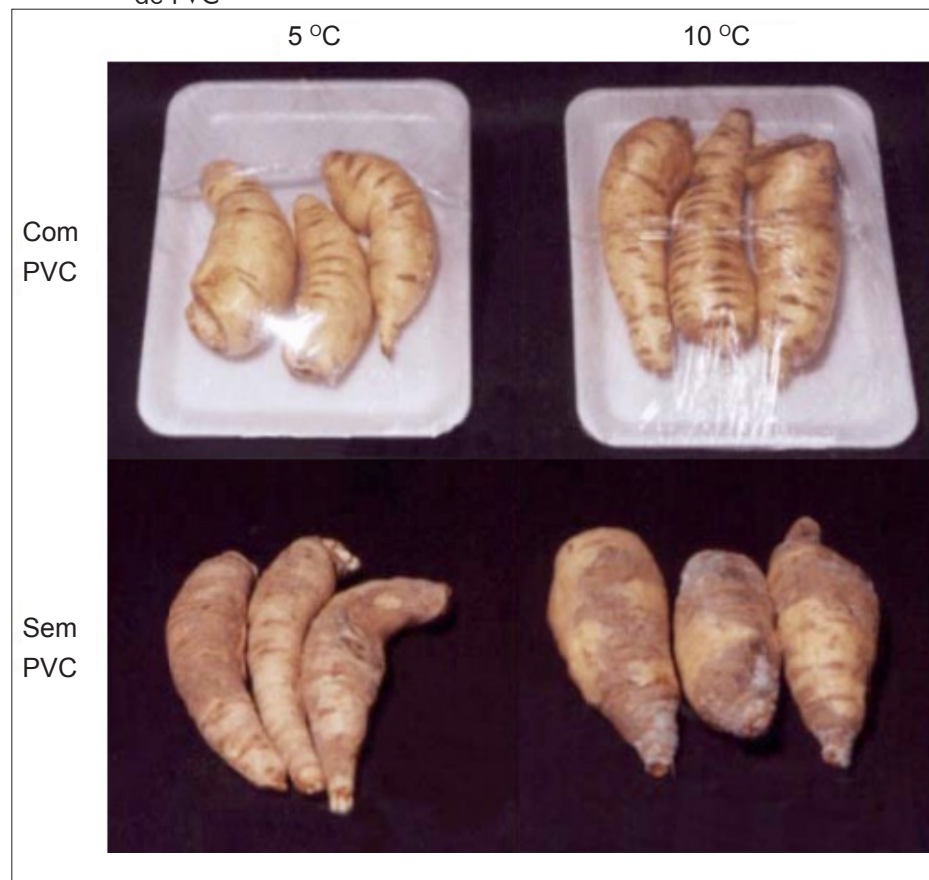
mandioquinha-salsa armazenadas a 5 °C e 10 °C por 60 dias (Fig. 8). Além disso, não teve desenvolvimento de danos visíveis causados por frio, nas raízes armazenadas por 60 dias, embaladas com filme de PVC (RIBEIRO *et al.*, 2007).

Figura 7 - Cenouras acondicionadas em caixa de papelão e a paletização da carga



Fotos: Fernanda Ferreira de Araújo

Figura 8 - Aparência externa das raízes de mandioquinha-salsa 'Carandaí', armazenadas a 5 e 10 °C por 60 dias, embaladas ou não com filme de PVC



Fonte: Adaptado de Ribeiro *et al.* (2007).

Nota: PVC - Policloreto de vinila.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estado fisiológico de dormência, o esverdeamento, a capacidade de formação de periderme de dano, bem como o secamento dos tecidos externos são algumas características típicas dos órgãos subterrâneos de reserva que influenciam diretamente na sua qualidade e vida útil pós-colheita. Portanto, o ponto de maturidade na colheita, o manejo da temperatura, da UR, da composição gasosa do ar e da iluminação, o uso adequado de embalagens e a adoção do sistema de classificação correta do produto são alguns dos fatores pós-colheita decisivos para alcançar o máximo potencial de armazenamento e reduzir as perdas durante o manuseio até a entrega do produto ao consumidor.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, N.O. de *et al.* Sucrose degradation pathways in cold-induced sweetening and its impact on the non-enzymatic darkening in sweet potato root. **Food Chemistry**, v.312, p.125904, May 2020.

BRASIL. Instrução Normativa Conjunta SARC/ANVISA/INMETRO nº 9, de 12 de novembro de 2002. As embalagens destinadas ao acondicionamento de produtos hortícolas "in natura" devem atender, sem prejuízo das exigências dispostas nas demais legislações específicas [cinco] requisitos. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, p.30, 14 nov. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria da Defesa Agropecuária. Portaria nº 127, de 4 de outubro de 1991. Aprova a norma de embalagens para acondicionamento, manuseio, transporte, armazenagem

e comercialização de produtos hortícolas destinados ao mercado atacadista interno. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 9 out. 1991.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. AGROSTAT - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. **Indicadores gerais AGROSTAT**. Brasília, DF: MAPA, 2020. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 5 set. 2020.

CARDOSO, D.S.C.P. **Cura artificial de cebola (*Allium cepa* L.)**. 2012. 78f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG 2012. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/4572>. Acesso em: 5 set. 2020.

CARDOSO, D.S.C.P. *et al.* Drying time and post-harvest quality of onion bulbs submitted to artificial curing. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.63, n.6, p.822-828, Nov./Dec. 2016.

CEASAMINAS. **Classificação de hortaliças**. Contagem: CEASAMINAS, [2020]. Disponível em: <http://www.ceasaminas.com.br/agroqualidadehortaliças.asp>. Acesso em: 5 set. 2020.

FINGER, L.F. *et al.* Action of essential oils on sprouting of non-dormant potato tubers. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.61, p.e18180003, 2018.

GONZÁLEZ-GALLEGOS, E. *et al.* Changes in the production of salicylic and jasmonic acid in potato plants (*Solanum tuberosum* L.) as response to foliar application of biotic and abiotic Inductors. **American Journal of Plant Sciences**, v.6, n.11, p.1785-1791, July 2015.

Jl, S.H. *et al.* The major postharvest disease of onion and its control with thymol fumigation during low-temperature storage. **Mycobiology**, v.46, n.3, p.242-253, 2018.

KITINOJA, L.; TOKALA, V.Y.; BRONDY, A. Challenges and opportunities for improved postharvest loss measurements in plant-based food crops. **Journal of Postharvest Technology**, v.6, n.4, p.16-34, Oct. 2018.

LIMA, P.C.C. **Avaliação da deterioração pós-colheita de batata-doce in natura e processada**. 2018. 103f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2018.

LIMA, P.C.C. *et al.* Sprouting and metabolism of sweet potatoes roots cv. BRS Rubissol during storage. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.14, n.3, p.e6204, 2019.

LÓPEZ CAMELO, A.F. **Manual for the preparation and sale of fruits and vegetables: from field to market.** Rome: FAO, 2004. (FAO Agricultural Services. Bulletin, 151).

LUENGO, R. de FA. *et al.* **Classificação de hortaliças.** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1999. 62p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/26382/1/do_22.pdf. Acesso em: 5 set. 2020.

MAW, B.W.; TOLLNER, E.W.; MULLINIX, B.G. **Factors influencing the curing of sweet onions.** Tifton, Ga: University of Georgia, 1998. (University of Georgia. Onion Research Extension Report. Cooperative Research-Extension. Publication, n. 3-98).

MENOLLI, L.N. *et al.* Atuação das enzimas oxidativas no escurecimento causado pela injúria por frio em raízes de batata-baroa. **Acta Scientiarum.** Agronomy, Maringá, v.30, n.1, p.57-63, 2008.

PETRUCCI, K.P. de O.S. **Cura e armazenamento de batatas destinadas ao processamento industrial.** 2018. 56f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2018. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/22008>. Acesso em: 5 set. 2020.

PUJATTI, M. **Olericultura: a arte de cultivar hortaliças.** Viçosa, MG: UFV-CEAD, 2019. 183p.

RAIGOND, P. *et al.* Chitosan: a safe alternative to synthetic fungicides to manage dry rot in stored potatoes. **Potato Research,** Leuven, v.62, n.4, p.393-409, Dec. 2019.

RIBEIRO, R.A. *et al.* Vida útil e metabolismo de carboidratos em raízes de mandioca-salsa sob refrigeração e filme de PVC. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, DF, v.42, n.4, p.453-458, abr. 2007.

SHARMA, R.R.; SINGH, D.; SINGH, R. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists: a review. **Biological Control,** v.50, n.3, p.205-221, Sept. 2009.

VERAS, M.L.M. **Avaliação da injúria por frio e brotação no armazenamento de batata-doce.** 2020. 67f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2020.

VIDIGAL, S.M. *et al.* Efeito da cura na perda pós-colheita de cebola armazenada em condição ambiental não controlada. **Revista Brasileira de Armazenamento,** Viçosa, MG, v.35, p.125-130, 2010.

Veja no próximo

INFORME AGROPECUÁRIO

Proteção química da lavoura

Fungicidas para controle de doenças de plantas

Proteção contra doenças bacterianas

Nematicidas

Herbicidas

Aplicação segura de agrotóxicos

Tecnologia de aplicação aérea

Drones para pulverização

Tipos de pulverizadores e calibração

Manejo integrado de pragas, uso racional de agrotóxicos e produção de alimento seguro

Leia e Assine o
INFORME AGROPECUÁRIO
(31) 3489-5002

publicacao@epamig.br

www.informeagropecuario.com.br

Pós-colheita de grãos e sementes

Madelon Rodrigues Sá Braz¹, Higino Marcos Lopes², Juliana Lobo Paes³, José Francisco Lopes Filho⁴

Resumo - A produção mundial de grãos e sementes é essencial e fundamental para o fornecimento de alimentação adequada para toda a população do Planeta. O Brasil é um dos maiores produtores e fornecedores para o mundo. Para a produção de grandes quantidades de grãos e sementes com qualidades ótimas para consumo e industrialização, são necessários conhecimentos técnicos, científicos e de desenvolvimento de variedades diferenciadas de várias espécies, como arroz, milho, trigo, soja, feijão, para atender às diferentes demandas mundiais. Dentre esses conhecimentos, destacam-se mecanismos de manejo de sementes e grãos após a colheita, passando por procedimentos de beneficiamento, diferenciação de produtos, de grãos, de sementes até o armazenamento, para então serem consumidos e/ou utilizados na produção da próxima safra. As sementes e os grãos provenientes do campo após a colheita geralmente apresentam alta umidade, contêm materiais indesejáveis que devem ser removidos durante o processamento para obter sementes adequadas para o plantio e grãos de alta qualidade. As principais etapas de beneficiamento, como a pré-limpeza, limpeza e classificação, a secagem, a embalagem e o armazenamento, são importantes para reduzir as perdas na pós-colheita.

Palavras-chave: Beneficiamento. Secagem. Classificação. Tratamento. Armazenamento. Qualidade.

Post-harvest of grains and seeds

Abstract - The world production of grains and seeds is essential and fundamental for the provision of adequate food for the entire population of the planet. Brazil is one of the largest producers and suppliers to the world. For the production of large quantities with optimum qualities for consumption and industrialization, technical, scientific and development knowledge of different varieties of different species, such as rice, corn, wheat, soybeans, beans, are needed to meet the different world demands. Among this knowledge, this article presents mechanisms for handling seeds and grains after harvest, going through conditioning procedures, differentiation of products, grains, seeds; until storage to then be consumed and/or used in the production of the next harvest. The seeds and grains from the field after harvesting generally have high moisture content, contain undesirable materials that must be removed during processing to obtain seeds suitable for planting and high-quality grains. Post-harvest loss factors are highlighted in the text, the main conditioning stages, such as pre-cleaning, cleaning and classification, drying, packaging and storage.

Keywords: Processing. Drying. Classification. Treatment. Storage. Quality.

INTRODUÇÃO

Os grãos e as sementes apresentam estruturas físicas iguais, porém, enquanto os grãos são utilizados para alimentação, as sementes precisam germinar para produzir uma nova planta. Sendo assim algumas particularidades devem ser levadas em consideração no que diz respeito

à manipulação dos grãos e das sementes. As sementes devem atender padrões mínimos de qualidade como o teor de água (% máxima), pureza e integridade física (% mínima), germinação (% mínima), sanidade (incidência máxima de doenças ou insetos) e pureza genética ou varietal (% mínima). Já os grãos devem-se enquadrar no padrão de classificação vegetal,

instituído pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), com base em padrões oficiais físicos ou descritivos, para assegurar qualidade, visando comercialização e processamento.

Além de atender padrões específicos, as sementes e os grãos de qualidade devem apresentar outros benefícios que aumentam seu valor de mercado, tais como: aparência

¹ Eng. Agrônoma, D.Sc., Prof^ª Associada UFRRJ, Seropédica, RJ, madelonsa@hotmail.com.

² Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Tit. UFRRJ, Seropédica, RJ, higinomlopes@gmail.com.

³ Eng. Agrícola e Ambiental, D.Sc., Prof^ª Associada UFRRJ, Seropédica, RJ, juliana.lobop@gmail.com.

⁴ Eng. Alimentos, Ph.D., Prof. Tit. UNESP - Depto. Engenharia e Tecnologia de Alimentos, São José do Rio Preto, SP, francisco.lopes@unesp.br.

visual melhorada, alto rendimento e a viabilidade estendida. Nesse caso, para que sejam atingidos tais benefícios, são necessários determinados cuidados e procedimentos desde a semeadura até a colheita, estendendo-se principalmente nas etapas pós-colheita.

Após a colheita, grãos e sementes devem passar por uma sequência de beneficiamento até chegar no armazenamento para posteriormente serem destinados à comercialização. No geral, devem passar por processos que compreendem: recepção, pré-limpeza, secagem, limpeza, separação e classificação. No caso específico de sementes, ainda há a etapa de tratamento químico. Há muitas semelhanças de maquinários nas etapas do beneficiamento de grãos e sementes, porém existem algumas particularidades que devem ser mais bem entendidas. Uma destas é a secagem, em que fatores como temperatura e velocidade do ar são determinantes para garantir a qualidade do produto final.

Independentemente dos equipamentos utilizados nas etapas pós-colheita, deve-se ficar atento a fatores responsáveis por afetarem a conservação dos grãos e das sementes, minimizando riscos de perdas qualitativas e quantitativas. Esses fatores envolvem a umidade, a temperatura, os danos físicos, os insetos, os fungos e a atividade fisiológica, interagindo entre si em todo momento durante a manipulação de grãos e sementes. Dessa forma, o conhecimento dos seus níveis e dos controles são essenciais para o sucesso na pós-colheita, uma vez que más condições de processamento e armazenamento modificam o potencial de conservação dos grãos e sementes.

O objetivo com este artigo é auxiliar os agricultores e as empresas a fornecerem um sistema eficiente de processamento que melhore o seu produto final.

FATORES DE PERDAS NA PÓS-COLHEITA

Quando grãos e sementes são originários de más condições de campo (deterioração no campo, alta umidade na colheita, temperaturas extremas, baixa germinação, baixo vigor e sanidade), mesmo as me-

lhores práticas na pós-colheita não podem compensar essas deficiências. No entanto, quando apresentam alta qualidade na colheita, esse estado pode ser mantido pela adoção de práticas apropriadas durante o beneficiamento e o armazenamento. Nesse sentido, fatores como umidade relativa (UR) e temperatura do ar, assim como teor de água, respiração, microrganismos e danos mecânicos devem estar em níveis controlados para que o sucesso na pós-colheita seja alcançado.

O teor de água é considerado o fator mais importante que atua na deterioração de grãos e sementes armazenados (SILVA *et al.*, 2008). Quando este se mantém baixo, há um menor ataque de microrganismos e diminuição da taxa de respiração. Para um armazenamento seguro, é importante que o teor de água esteja abaixo de 13% (inibe o desenvolvimento da maioria dos microrganismos) ou abaixo de 10% (limita o desenvolvimento da maioria dos insetos). Quando estes encontram-se acima de 14%, a respiração aumenta rapidamente, principalmente sob condições de temperaturas elevadas.

Os efeitos diretos da respiração são a perda de peso, aumento do teor de água, aumento do nível de dióxido de carbono no ar e aumento da temperatura do ar, acelerando o processo de deterioração.

Porém, como são altamente higroscópicos, o teor de água do produto se altera em função das variações de UR e da temperatura do ar. No geral, a deterioração diminui quando grãos e sementes são armazenados em condições frias e secas (exemplo: 15 °C e 50% UR do ar). Este efeito combinado é a base da regra prática de Harrington, em que a longevidade diminui pela metade a cada aumento de 1% no teor de água da semente ou do grão e a cada 5 °C na temperatura. Essa regra é válida para temperaturas entre 0 °C e 50 °C e teor de água do produto entre 5% e 14% (NASCIMENTO, 2011). Com valores superiores de teor de água de 13%, de UR do ar de 75% e de temperatura de 25 °C, há aumento da respiração, proliferação dos microrganismos e armazenamento comprometido.

Para efeito de armazenagem, os microrganismos são divididos em consumidores (insetos, pássaros e roedores) e decompositores (fungos e bactérias). Quando grãos e sementes estão armazenados, os decompositores estão normalmente em estado de dormência e os consumidores estão ou deveriam estar ausentes (FARONI; SILVA, 2008). A ação dos microrganismos afeta o poder germinativo das sementes, as qualidades organolépticas, o valor nutritivo e o aproveitamento dos grãos.

A infestação por insetos que contaminam o produto armazenado dá-se pela presença do inseto vivo ou morto e de seus produtos metabólicos. Quando estes desenvolvem-se consomem parte do produto que resulta em perda de peso e produção de calor, acelerando as atividades metabólicas. A maioria destes insetos são besouros (Coleoptera), considerados o maior grupo, ou mariposas (Lepidoptera). Estes insetos são geralmente divididos em pragas primárias e pragas secundárias. Os insetos de grãos primários atacam grãos inteiros; pragas secundárias atacam apenas grãos danificados, pó de grãos e produtos moídos. É fundamental identificar insetos em sementes ou grãos armazenados para determinar se o controle é necessário e quais métodos são mais econômicos. Os insetos também são responsáveis por transportar esporos de fungos na massa de grãos e sementes. Uma das alternativas para minimizar as perdas causadas por insetos está no conhecimento das condições de armazenagem dos grãos e sementes, na identificação de espécies e de populações de insetos ocorrentes e seus danos, na limpeza e na higienização das instalações de armazenagem, na associação de medidas preventivas e curativas de controle dos insetos (LORINI *et al.*, 2015).

Na colheita, grãos e sementes estão sujeitos aos danos mecânicos que podem resultar em trincas e quebras, sendo porta de entrada para fungos e insetos. Em condições desfavoráveis, durante a colheita e armazenagem, aliados ao teor de água elevado (acima de 14%), o desenvolvimento de fungos é favorecido. Os fungos de armazenamento mais importantes que

infectam as sementes e grãos pertencem aos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*. Estes provocam aquecimento da massa de grãos e sementes, descoloração do produto, perda de germinação em sementes, aumento do teor de ácidos graxos dos grãos e degradação das qualidades nutritivas. Em alguns casos produzem substâncias tóxicas (micotoxinas) que em altas concentrações, quando ingeridas pelo homem ou animais, podem causar a morte. Todos os fungos de armazenamento são completamente inativos < 65% UR e mostram muito pouca atividade ≤ 75% UR. À medida que a UR sobe acima desse nível, a infestação por fungos nos lotes pode aumentar exponencialmente. Portanto, para minimizar o risco de invasão de fungos, devem-se armazenar grãos e sementes com baixo teor de água, baixa temperatura e baixa UR do ar.

BENEFICIAMENTO

Para obter um lote de grãos e sementes de alta qualidade, é fundamental utilizar no processo de beneficiamento a sequência correta dos procedimentos e equipamentos, priorizando o uso mínimo de máquinas, ajustes corretos nas regulagens dos equipamentos, a fim de evitar danos físicos e, consequentemente, perdas, minimizando os custos (FAO, 2018; FREITAS; NASCIMENTO, 2012).

Todo beneficiamento pós-colheita inclui: recepção; pré-limpeza; secagem; limpeza; classificação; tratamento (somente no caso de sementes); pesagem; embalagem e armazenamento; e é realizado na Unidade de Beneficiamento (grãos) e Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) (sementes). Algumas operações de beneficiamento de sementes podem ser feitas manualmente. Mesmo assim, geralmente é preferível usar máquinas especializadas; estas são consistentes, eficientes, rápidas e capazes de lidar com grandes quantidades.

A Figura 1 apresenta o fluxograma básico de operações no beneficiamento de sementes e grãos (com exclusão da etapa de tratamento), destacando a necessidade de planejar uma sequência que contemple os seguintes pontos:

- os lotes de sementes e grãos devem receber, em sequência apropriada, todos os tratamentos necessários;
- o teor de água deve ser tal que reduza ao mínimo os danos mecânicos, como quebras e amassamentos, além de danos latentes;
- selecionar as máquinas, segundo a capacidade e a qualidade, de modo que a sequência operacional não seja interrompida;
- movimentar o produto sempre por gravidade e com baixa velocidade, para minimizar danos por excesso de manuseio;
- organizar o desenho e fluxograma da estrutura física e a distribuição dos equipamentos para facilitar a limpeza e higienização, e, dessa forma, evitar contaminações e misturas de sementes;
- todas as operações devem ser otimizadas de modo que permitam menor custo de produção.

RECEPÇÃO

O beneficiamento começa com a recepção dos produtos (grãos ou sementes) na Unidade de Beneficiamento, os quais podem chegar ensacados ou a granel, no entanto podem estar secos ou não, e com

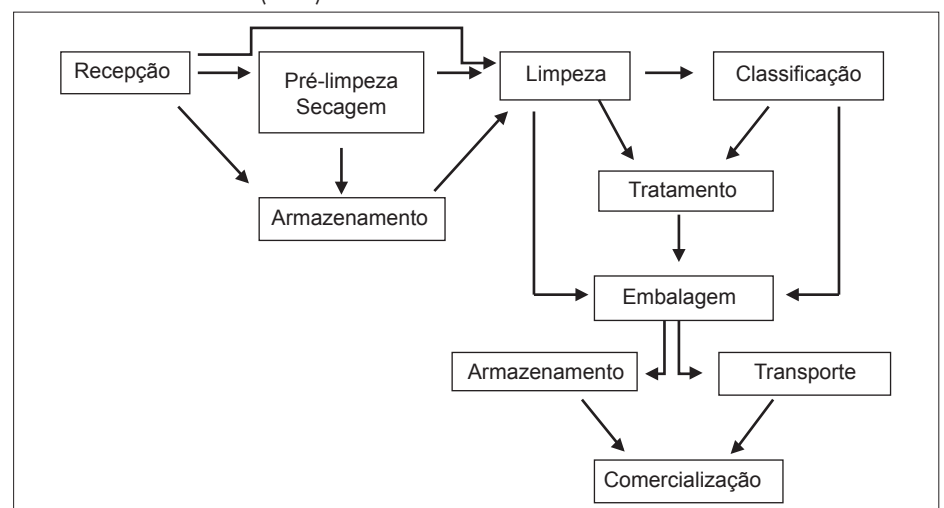
níveis variados de impurezas. Deve-se pesar, identificar adequadamente o lote, atribuir um número para rastreabilidade futura e realizar uma amostragem. A amostragem é necessária para determinação do teor de água e níveis de impurezas do lote.

No caso do produto ensacado, tem maior facilidade de identificação do que a granel, assim deve-se enviar os sacos selados e rotulados diretamente para limpeza ou armazenamento temporário sobre paletes de madeira para beneficiamento numa fase posterior. Para produtos a granel deve-se atentar para que não ocorra a mistura com outros lotes para as etapas seguintes.

Grãos e sementes recebidos a granel normalmente são despejados na moega, onde a descarga pode ser manual ou mecânica. As moegas devem permitir uma primeira separação entre os diferentes lotes por faixa de umidade, ou por níveis de avariados ou, ainda, por outro critério qualitativo do produto (DALPASQUALE, 2018)

No caso da colheita manual, dependendo do produto, há a necessidade da debulha, para separar grãos e sementes de frutos secos. No entanto, é necessária a secagem prévia ao sol ou à sombra, o que pode variar de acordo com a espécie e com o tipo do fruto. Essa debulha pode ser manual (onde os frutos são batidos repe-

Figura 1 - Fluxograma básico utilizado em uma Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS)



Fonte: Adaptado de Freitas e Nascimento (2012).

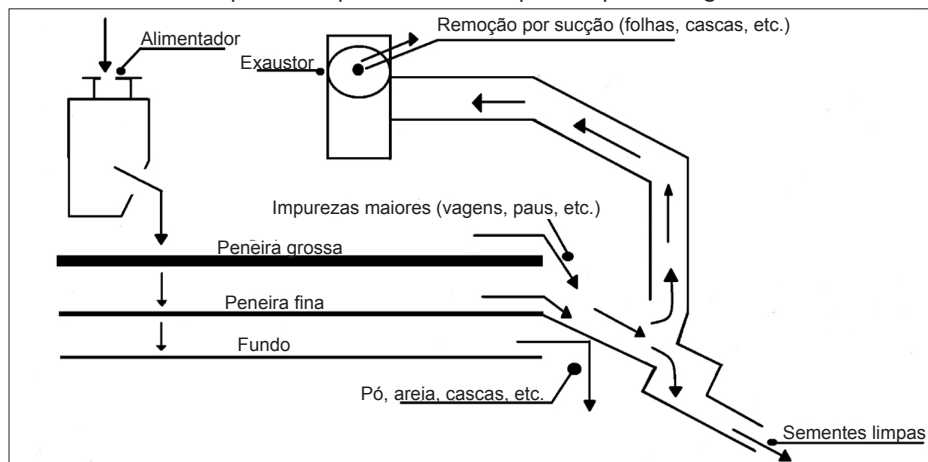
tidamente no chão); debulha com animais (onde burros ou bois pisam nos frutos) e debulha mecânica (sendo mais indicada para grande quantidade de material).

PRÉ-LIMPEZA E LIMPEZA

A pré-limpeza tem como norma reduzir o nível de avariados (impurezas) do produto para menos de 4,0%, partindo de um lote com 8,0% destes. A pré-limpeza envolve a remoção rápida de impurezas mais grosseiras, materiais maiores ou muito menores, sementes malformadas, assim como de outras espécies e/ou cultivares de plantas invasoras. De certa forma, essa etapa reduz o tamanho dos lotes; simplifica o processo de limpeza; diminui a perda durante a limpeza; remove partículas que podem ser problemáticas durante o armazenamento intermediário, como por exemplo, material verde causador de deterioração e insetos vivos vindos do campo e, assim, facilitar as operações subsequentes. Algumas máquinas são consideradas de pré-limpeza como a de ventilação e peneiras (Desenho 1), que é composta por duas peneiras e ambas têm seu desempenho dependente da largura e do comprimento. Parâmetros como dimensões da peneira, inclinação de trabalho das peneiras e tamanho dos furos são fundamentais no desempenho final de uma máquina de pré-limpeza e devem ser rigorosamente investigados na compra (DALPASQUALE, 2018).

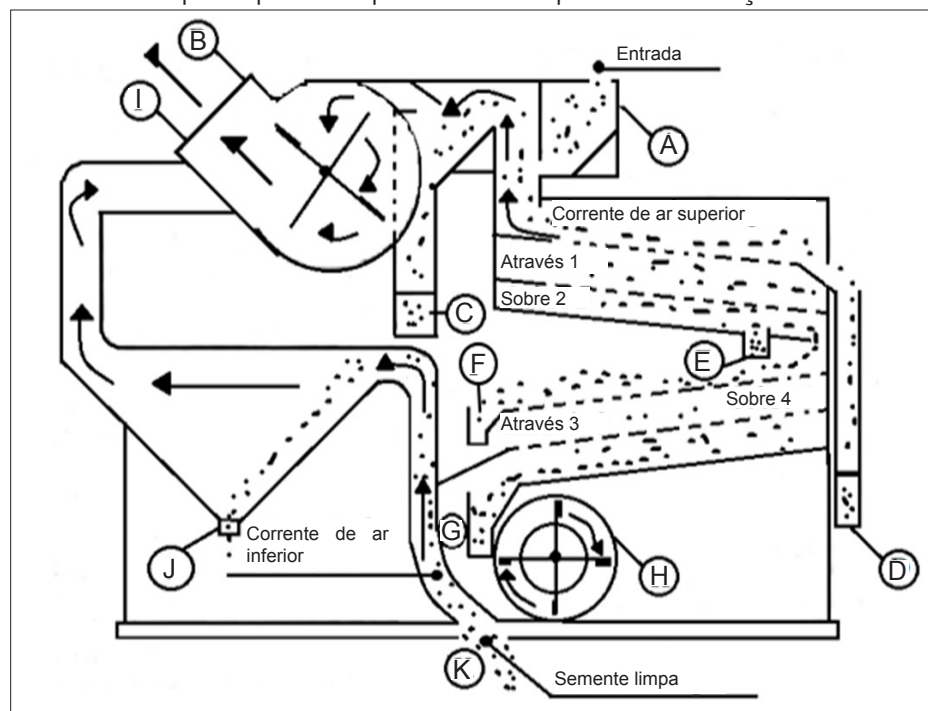
A limpeza, propriamente dita, normalmente ocorre após a secagem e em alguns casos é chamada pós-limpeza. Esta tem a função de receber o produto com 4,0% de avariados e reduzir para 1,0%, ou seja, em uma condição recomendável mais segura para armazenagem. Uma máquina de limpeza opera segundo os mesmos princípios de uma máquina de pré-limpeza e o produto é separado de outros materiais por ação de uma corrente de ar e por peneiras. Na pré-limpeza é utilizado um único ventilador, enquanto que na limpeza são utilizados dois. A máquina de limpeza (Desenho 2) é básica na Unidade de Beneficiamento, pois a maioria dos lotes passa por essa máquina (PESKE; BAUDET, 2006). A composição

Desenho 1 - Modelo de separação de impurezas em uma máquina de ventilador e peneiras para realizar a pré-limpeza de grãos e sementes



Fonte: Adaptado do Catálogo da Caliver do Brasil *apud* Nascimento (2011).

Desenho 2 - Esquema de separação de uma máquina de dois ventiladores e quatro peneiras que realiza a limpeza e classificação de sementes



Fonte: Adaptado de Welch *apud* Nascimento (2011).

Nota: 1 - Primeira peneira superior; 2 - Primeira peneira inferior; 3 - Segunda peneira superior; 4 - Segunda peneira inferior; A - Moega de alimentação; B - Ventilador direito, corrente de ar superior; C - Impurezas leves, eliminadas pela corrente de ar superior; D - Impurezas graúdas, que passam sobre a primeira peneira superior; E - Sementes miúdas que passam através da primeira peneira inferior; F - Impurezas graúdas e sementes de tamanho acima do normal, que passam sobre a segunda peneira superior; G - Sementes miúdas, que passam através da segunda peneira inferior; H - Ventilador inferior, sincronizado com ventilador esquerdo "I"; I - Ventilador esquerdo; J - Sementes leves e impurezas pesadas, eliminadas pela corrente de ar inferior; K - Descarga de sementes limpas.

desta é de acordo com o fabricante, porém a mais comum é a composição de 4 peneiras e 2 ventiladores. Um lote de grãos e sementes pode conter variados tamanhos e diferentes materiais indesejáveis, sendo assim, as peneiras utilizadas vão variar de acordo com as características de cada lote. A escolha do tipo de peneira e tamanho do furo depende da semente e do grão. As combinações de peneiras com diferentes tipos de furos também podem ser usadas em uma única operação, por exemplo: para sementes de trigo, peneira superior com furos redondos (diâmetro $\leq 6,00$ mm) e tela inferior com orifícios com fendas (largura $\geq 2,2$ mm). O Desenho 2 apresenta o esquema de operação de uma máquina de limpeza – Máquina de Ventilação e Peneiras (MVP).

SECAGEM

A secagem de grãos e sementes pode ser considerada uma das etapas de maior importância na cadeia do processamento, tendo como vantagens a redução de perdas quantitativas e qualitativas. No entanto, esse processo deve ser conduzido de forma que não afete o produto, mantendo as propriedades físico-químicas e nutricionais ao longo de todo o período de armazenamento até a destinação final. Em adicional, para o caso de secagem de sementes, deve-se manter suas características morfológicas, viabilidade e vigor.

Esse é um processo simples e consiste na redução por evaporação do teor de água até níveis comerciais específicos para cada tipo de produto, prevendo a segurança durante a etapa de armazenamento.

Para tal, nos processos de secagem adotam-se os conceitos físicos simultâneos de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem. Ao final do processo, espera-se atingir o equilíbrio higroscópico entre o produto e o ar ambiente, a fim de evitar reumidificações, e, consequentemente, perdas econômicas. Nos estudos sobre a transferência de calor e massa, é necessário avaliar a cinética de secagem por meio de modelos matemáticos, a fim de possibilitar a redução do tempo e

custos operacionais, ao determinar o período ideal de secagem dos grãos e sementes.

Essa secagem pode ser classificada em natural ou artificial. A secagem natural consiste na utilização da energia solar para a redução do teor de água ainda no campo. No entanto, o produto fica sujeito a intempéries do tempo, como chuvas, temporais e geadas, e a contaminações microbiológicas, podendo causar danos irreversíveis. Em alguns casos, os grãos e as sementes são espalhados em lonas expostas à radiação solar e ao vento. Para as sementes, mesmo sendo um processo natural, é necessário ter cuidados especiais para que não sofram aquecimento excessivo.

Já na secagem artificial, podem-se adotar diferentes tipos de secadores visando promover a aceleração do processo, segurança fitossanitária e melhora do processo com relação à secagem natural. A secagem artificial pode ser conduzida tanto com ventilação natural, quanto com ventilação forçada ou por convecção. Ao adotar o sistema de secagem artificial por ventilação forçada, podem-se classificar os secadores em camada fixa, cruzado, concorrentes, contra-correntes, cascata, rotativo, fluidizado e solar, com sistema de operação intermitente ou contínuos e combinados entre si. É importante atentar que no caso específico das sementes, a temperatura da câmara de secagem não deve exceder 40 °C (Tabela 1).

Para a escolha de um determinado secador deve ser levado em consideração diversos fatores, tais como, tipo de produto (tamanho, forma, massa específica e porosidade), teor de água inicial e final, disponibilidade de combustível e capacida-

de operacional de qualificação da mão de obra e do equipamento (temperatura, UR, velocidade e vazão do ar de secagem) e financeira para a instalação de determinado tipo de secador.

Os secadores comerciais obtêm energia térmica oriunda de resistências elétricas ou combustíveis fósseis não renováveis, onerando os custos de produção com consumo de energia elétrica convencional, com aquisição de combustíveis e, em alguns casos, sem atender ao apelo de processos ambientalmente corretos. Além disso, a lenha, um dos principais combustíveis utilizados na secagem de produtos agrícolas, assim como outras fontes de energia não renováveis, libera durante o processo de combustão grande quantidade de produtos tóxicos, corrosivos e contaminantes, podendo comprometer a qualidade final do produto, o secador e o meio ambiente.

Assim, podem-se utilizar secadores que funcionam com energia fototérmica e fotovoltaica, tendo como combustível a energia solar, uma fonte alternativa limpa, renovável, gratuita energeticamente, e, no Brasil, disponível na maioria dos períodos do ano.

Os secadores solares permitem a secagem de produtos agrícolas de maneira ecologicamente viável e eliminam, em grande parte, a dependência energética, sendo geralmente de baixo custo de instalação, operação e manutenção.

A fim de se ter um processo que preze a sustentabilidade e independência energética, o Grupo Energias Renováveis e Alternativos Rurais (Gerar) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), cadastrado no Diretório dos Grupos de Pes-

Tabela 1 - Parâmetros para secagem de sementes de arroz, feijão e milho em secador de câmara fixa

Produto	Temperatura (°C)	Forma	Camada (cm)	Revolvimento (min)
Milho	40	Espiga	100	-
Feijão	40	Rama	60	30
Feijão	40	Granel	40	60
Arroz	40	Granel	40	60

Fonte: Silva e Lacerda Filho (1984).

quisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e com base na UFRRJ, desenvolveu um secador híbrido solar-elétrico (SHSE) para todos os tipos de produtos agrícolas (CAMELO *et al.*, 2019; PAES *et al.*, 2020). Apresenta-se na Figura 2 o SHSE constituído por câmara de secagem, coletor solar (energia fototérmica), painel fotovoltaico (energia elétrica) com seguidor solar, sistema de armazenamento de energia e exaustor. O SHSE é caracterizado como um secador híbrido pelo fato de o exaustor instalado na parte superior da câmara de secagem, com a finalidade de circulação do ar de secagem, poder ser acionado tanto pela energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico quanto pela convencional. O presente secador tem sido utilizado para secagem de frutas e grãos com resultados positivos em redução do teor de água e manutenção dos parâmetros de qualidade. A secagem de sementes no SHSE torna-se restrita, pois em determinados períodos do ano a temperatura na câmara de secagem ultrapassa o limite permitido para estas.

CLASSIFICAÇÃO DE SEMENTES

A classificação das sementes é realizada segundo as suas características físicas, tais como tamanho (largura, espessura e comprimento), densidade (peso específico), forma (sementes redondas, achatadas ou oblongas) e cor. A separação somente é possível entre materiais que apresentem uma ou mais características diferenciais que possam ser detectadas pelos equipamentos (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Nesta etapa, considerando que as sementes já estão limpas, são utilizados: mesa densimétrica que classifica e separa as sementes pelo seu peso; sopradores que eliminam as impurezas mais leves e separam as sementes de acordo com seu peso específico; separador helicoidal que as separa de acordo com o formato, chatas e arredondadas; separador eletrônico que faz a separação levando em conta as cores das sementes; jogo de peneiras manuais, entre outros equipamentos que podem ser usados de acordo com a necessidade e a finalidade do beneficiamento. Outros tipos de máquinas também são utilizados

na classificação de sementes, como o desaristador, trieur, rolo de flanela, separador helicoidal e catadora eletrônica.

CLASSIFICAÇÃO DE GRÃOS

A classificação dos grãos é instituída pela Lei nº 9.972, de 25/5/2000 (BRASIL, 2000) e regulamentada pelo Decreto nº 6.268, de 22/11/2007 (BRASIL, 2007). A lei exige que os grãos sejam classificados quando: destinados à alimentação humana; nas operações de compra e venda do poder público e nos portos, aeroportos e postos de fronteiras, quando da importação, desde que possuam padrão oficial de classificação estabelecido pelo MAPA. Poderão ainda ser dispensadas da classificação obrigatória, conforme orientações do MAPA, as pequenas quantidades de produtos vegetais, seus subprodutos e resíduos de valor econômico. A classificação é realizada sempre no recebimento e/ou expedição, quando se avalia o estado dos grãos por meio da análise de uma amostra representativa do lote.

O MAPA estabelece regulamentos técnicos e normas específicas para cada grão, definindo o padrão oficial de classificação. Esse padrão é definido por parâmetros como: a identidade, o emprego, a forma, a cor, o peso, o tamanho, a apresentação e a qualidade. Nas especificações desses padrões são definidos os termos: grupo, subgrupo, classe, umidade, tipo, abaixo do padrão, desclassificado, defeitos, matéria estranha, impurezas, renda do benefício, rendimento do grão e peso hectolítrico. Porém, algumas dessas análises são específicas para determinados produtos, como por exemplo o peso hectolítrico é específico para grãos de trigo. Alguns equipamentos e instrumentos são utilizados, como o determinador de umidade, balança eletrônica, amostradores, homogeneizadores, peneiras, pinças, entre outros.

A classificação de grãos é realizada nas amostras coletadas dos lotes de grãos secos e limpos. Esta pode ser executada por todas as pessoas físicas ou jurídicas, desde que estejam credenciadas no MAPA. O resultado da classificação é expresso

Figura 2 - Secador híbrido solar-elétrico (SHSE)



Nota: Gerar - Grupo Energias Renováveis e Alternativas Rurais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

O Gerar é de propriedade das professoras Juliana Lobo Paes e Madelon Rodrigues Sá Braz.

no certificado ou laudo de classificação emitido pelo órgão fiscalizador ou por entidade habilitada para a prestação do serviço. Este deve acompanhar o produto e de certa forma assegura a sua qualidade.

TRATAMENTO DE SEMENTES

O tratamento de sementes, no sentido amplo, é a aplicação de processos e substâncias que preservem ou aperfeiçoem o desempenho das sementes, permitindo a expressão máxima do potencial genético das culturas. Inclui a aplicação de defensivos (fungicidas, inseticidas e nematicidas), produtos biológicos (*Trichoderma*), inoculantes (bactérias do gênero *Rhizobium* fixadoras de nitrogênio (N)), estimulantes (hormônios), micronutrientes (cobre (Cu), zinco (Zn)), etc. ou a submissão a tratamentos físicos (termoterapia). No sentido mais restrito, refere-se à aplicação de produtos químicos eficientes contra microrganismos.

Um eficiente sistema de monitoramento é possível com o uso do Manejo Integrado de Pragas (MIP) em grãos ou em sementes. Essa técnica, cujas etapas são descritas por Lorini (2000), consiste na adoção de uma série de medidas, para evitar danos causados por insetos.

Uma outra medida é o uso dos fungicidas, que podem controlar os patógenos transmitidos pela semente, e costumam ser os meios mais baratos e eficazes de controle. Matam ou inibem o crescimento de fungos de armazenamento e podem ter ação sistêmica ou não sistêmica. Fungicidas sistêmicos altamente seletivos são mais eficazes. No entanto, devem-se adotar medidas preventivas primeiro, já que os fungicidas são o último recurso.

Os tratamentos adequados aderem às sementes e têm uma cor distinta para indicar que a semente foi tratada quimicamente. Os produtos têm a forma de: pós-aplicados diretamente nas sementes (raramente usados pelo risco de o operador inalar o pó); pó/sementes molháveis ou líquidos diluíveis – misturados com água e aplicados ao semear com máquinas de tratamento.

O MAPA disponibiliza aos produtores os agrotóxicos registrados na plataforma Agrofit (BRASIL, 2020), onde se podem consultar as opções por marca comercial, cultura, ingrediente ativo, classificação toxicológica e classificação ambiental, permitindo obter informações sobre produtos registrados para controle de pragas (insetos, doenças e plantas invasoras).

ARMAZENAMENTO

O armazenamento de grãos e sementes em condições ambientais controladas visa manter a viabilidade (germinação e vigor) por longos períodos, desde a colheita até o destino final. Para isso, os controles efetivos da temperatura e da UR do ar, além da limpeza e do teor baixo de água do produto, são fatores essenciais.

Sementes e grãos podem ser armazenados a granel ou em embalagens (permeáveis, semipermeáveis ou impermeáveis). A escolha dá-se pela análise das possíveis trocas de vapor d'água que podem ocorrer entre o produto e o ambiente.

Quando armazenados a granel não necessitam de uma embalagem propriamente dita, pois são dispostos em local fixo. Para as sementes são mais usados os silos metálicos e depósitos de madeira ou concreto. Para os grãos, além dos silos, há os graneleiros e os granelizados.

Os silos são unidades armazenadoras caracterizadas por compartimentos estanques ou herméticos ou ainda semi-herméticos que permitem o controle das características dos grãos, podendo ser armazenados separadamente. Estes podem ser metálicos, de concreto, silos horizontais, silos bolsa e silos-pulmão.

Os silos metálicos são usados para sementes ou para depósitos de grãos de capacidade pequena a média de armazenamento. São estruturas cilíndricas e normalmente horizontais onde o diâmetro é menor que a altura. Os fundos podem ser plano ou cônico (para facilitar a descarga). Pelo material usado na sua estrutura, podem apresentar problemas quanto à migração da umidade e de condensação de vapor d'água, sendo nesses casos a

aeração uma técnica possível de minimizar os problemas.

Os silos de concreto são estruturas de média a grande capacidade de armazenamento, formadas por uma torre e um conjunto de células de estocagem. Essas células são de grande altura e com fundo em formato de cone. O funcionamento desses silos é automático e indica todas as etapas que os grãos ou as sementes passam dentro da unidade.

Uma estrutura mais simplificada que os silos de concreto e também de grande capacidade são os silos horizontais, também chamados graneleiros. Esse sistema é formado por grandes compartimentos de concreto ou alvenaria e os grãos são estocados em montes, sobre lajes de concreto assentadas diretamente no terreno. Apresenta como limitações a necessidade de aeração e dificuldades na descarga do produto.

Para uma situação emergencial e visando maior economia, tem-se usado os chamados silo-bolsa ou silo-bag. Este é um tubo flexível de polietileno que pode ser instalado de modo rápido, com investimento inicial baixo e capacidade de até 180 mil toneladas (PATURCA, 2014).

Quando se pretende armazenar os grãos úmidos temporariamente, a estrutura mais empregada é o silo-pulmão. Este é usado, por exemplo, quando é preciso desafogar a carga que está na moega por insuficiência no fluxo do setor de secagem. Os que possuem fundo inclinado são mais eficientes por facilitar o processo de descarga, já que normalmente comportam o grão úmido.

Quanto às embalagens, as permeáveis compreendem sacos de tecido (algodão ou juta), de papel multifoliado e plástico, que permitem a troca de umidade entre o produto e o ambiente. São empregadas para curtos períodos e de preferência em climas secos. Podem ser usadas em sementes, porém são mais utilizadas em grãos.

As embalagens mais usadas para sementes são as semipermeáveis e impermeáveis, sendo escassa a utilização de embalagens permeáveis (NASCIMENTO, 2011). As semipermeáveis possuem resistência à penetração de umidade, porém

ainda permitem alguma troca entre a semente e o ambiente, alguns exemplos dessas embalagens são: sacos plásticos de polietileno, sacos de papel multifoliados laminados com polietileno e embalagens de polietileno (BAUDET; VILLELA, 2006). Já as embalagens impermeáveis não permitem a troca de umidade da semente com o ambiente, e são formadas por materiais, como vidro, envelopes de alumínio e latas. Essas embalagens são as que permitem preservar ao máximo o potencial de armazenamento das sementes. Para a sua utilização, é preciso que o teor de água esteja entre 4% e 8%, o que reduz a deterioração do produto (NASCIMENTO, 2011).

Além da escolha dos tipos de embalagens, deve-se atentar para as técnicas disponíveis para a otimização da ocupação dos espaços no armazém, dos requisitos administrativos, dos procedimentos de inspeções e limpeza, para o sucesso da armazenagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estima-se que 25%-33% da safra mundial de grãos, incluindo sementes, é perdida na pós-colheita e no armazenamento, e isso tem um efeito significativo na segurança alimentar global. O impacto é ainda maior em países em desenvolvimento com déficit alimentar, onde cada ano os agricultores lutam para preservar suas sementes como insumo básico necessário para a produção de alimentos.

As empresas de processamento pós-colheita de grãos e sementes precisam de orientação técnica, trabalhadores qualificados, conhecedores e experientes, capazes de decidir as melhores tecnologias aplicadas em situações distintas. É fundamental no planejamento, identificar o fluxograma adequado do processo para cada lote de sementes e grãos e seguir as instruções nos manuais de máquinas e equipamentos.

Um sistema eficiente de processamento significa que pode fornecer sementes e grãos de alta qualidade aos agricultores e ao mercado consumidor. Em alguns países, os técnicos de beneficiamento de sementes e grãos recebem treinamento profissional e

devem ter licença para operar unidades de processamento. A preservação de sementes em condições ambientais controladas para maximizar a sua viabilidade por longos períodos pode ser necessária desde a colheita até o plantio. Recomenda-se também a consulta complementar de referências específicas existentes ou documentação similar.

REFERÊNCIAS

BAUDET, L.; VILLELA, F.A. Armazenamento de sementes. *In*: PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.A.L.; BARROS, A.C.S.A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2.ed.rev. e ampl. Pelotas: Ed. Universitária: UFPeL, 2006. cap.7, p.427-470.

BRASIL. Decreto nº 6.268, de 22 de novembro de 2007. Regulamenta a Lei nº 9.972, de 25 de maio de 2000, que institui a classificação de produtos vegetais, seus subprodutos e resíduos de valor econômico, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 23 nov. 2007, p.24-51. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCiVil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6268.htm#art117. Acesso em: 10 set. 2020.

BRASIL. Lei nº 9.972, de 25 de maio de 2000. Institui a classificação de produtos vegetais, subprodutos e resíduos de valor econômico, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 25 maio 2000, p.1-3. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9972.htm. Acesso em: 10 set. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: Sistema de Agrotóxico Fitossanitário. Brasília, DF: MAPA, 2020. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 10 set. 2020.

CAMELO, R.S. da S. *et al*. Kinetics drying of silver banana (*Musa* spp.) in hybrid dryer. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.50, n.3, p.353-360, July/Sept. 2019.

CARVALHO, N.M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

DALPASQUALE, V.A. Procedimentos essenciais de recepção e limpeza de grãos. *In*: LORINI, I. *et al.* (ed.). **Armazenagem de grãos**. 2.ed. Jundiá: Instituto Bio Geneziz, 2018. cap.3.1, p.149-184.

FAO. **Seeds toolkit - Module 6**: seed storage.

Rome: FAO, 2018. 102p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/CA1495EN/ca1495en.pdf>. Acesso em: 10 out. 2020.

FARONI L.R.A.; SILVA, J.S. Manejo Integrado de Pragas no ecossistema de grãos armazenados. *In*: SILVA, J. de S. e (ed.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. 2.ed. Viçosa, MG: Editora Aprenda Fácil, 2008. cap.15, p.371-406.

FREITAS, R.A. de; NASCIMENTO, W.M. **Beneficiamento de sementes de hortaliças**. *In*: CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS, 12., 2012, Mossoró. **Palestras [...]**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/941298/1/palestra3.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2020.

LORINI, I. **Manejo Integrado de Pragas de grãos armazenados**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2000. 4p. (EMBRAPA-CNPT. Comunicado Técnico, 17).

LORINI, I. *et al.* **Manejo Integrado de Pragas de grãos e sementes armazenadas**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. 81p.

NASCIMENTO, W.M. (ed.). **Hortaliças: tecnologia de produção de sementes**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2011. 314p. Título da capa: Tecnologia de sementes de hortaliças.

PAES, J.L. *et al.* Thermal performance of a solar hybrid dryer for Conilon coffee (*Coffea canephora*). **Agronomy Research**, Estônia, v.18, n.3, p.2166-2184, 2020.

PATURCA, E.Y. **Caracterização das estruturas de armazenagem de grãos: um estudo de caso no Mato Grosso**. Piracicaba: USP-ESALQ, 2014. 35p.

PESKE, S.T.; BAUDET, L. Beneficiamento de sementes. *In*: PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.A.; BARROS, A.C.S.A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2.ed.rev. e ampl. Pelotas: Ed. Universitária: UFPeL, 2006. cap.6, p.373-425.

SILVA, J. de S. e; LACERDA FILHO, A.F. **Construção de secador para produtos agrícolas**. Viçosa, MG: UFV, 1984. 17p. (UFV. Informe Técnico, 41).

SILVA, J. de S. e *et al.* Indicadores da qualidade dos grãos. *In*: SILVA, J. de S. e (ed.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. 2.ed. Viçosa, MG: Editora Aprenda Fácil, 2008. cap.4, p.63-107.

Certificação, rastreabilidade e agregação de valor

Gabriel Vicente Bitencourt de Almeida¹, Sabrina Leite de Oliveira², Thiago de Oliveira³, Fabiane Mendes da Camara⁴

Resumo - O valor de frutas e hortaliças in natura é determinado não apenas pela oferta e demanda, mas também pelo valor percebido pelo cliente, que inclui sua qualidade intrínseca (atributos sensoriais e valor nutricional), demanda temporária (datas festivas, clima) e aspectos diferenciais (certificações e rastreabilidade). Dessa forma, um produto hortícola apto a ocupar os melhores nichos do mercado é o que consegue atender aos três níveis de exigências dos consumidores, que são qualidade, alimento com apelo de segurança, seja por certificação seja por origem rastreada, e que, no ponto de venda, demonstre compromisso com as questões socioambientais.

Palavras-chave: Comercialização. Mercado. Fruta. Hortaliça. Consumidor.

Certification, traceability and adding value

Abstract - The value of fresh fruit and vegetables is determined not only by supply and demand, but also by the value perceived by the consumer which includes its intrinsic quality (sensorial attributes and nutritional value), temporary demand (festive dates and weather) and differential aspects (certifications and traceability). Therefore, a horticultural product which may occupy the best niches on the market is the one that manages to meet the three levels of consumer demands: food quality and safety, either by certification or traceability, and commitment to socio-environmental issues at the point of sale.

Keywords: Commercialization. Market. Fruit. Vegetables. Consumer.

INTRODUÇÃO

Diferente das commodities agrícolas que têm como característica a homogeneidade e fácil classificação pelos agentes comercializadores, os produtos hortícolas destacam-se por atributos de qualidade sensorial e nutricional, pelos aspectos de manejo no processo produtivo, cuidados na pós-colheita, rastreabilidade e compromisso ambiental e social. Produtores que associam seus nomes ou marcas a produtos com estes diferenciais conseguem se estabelecer em nichos de mercado com melhores oportunidades, garantindo maior preço e lucratividade. Este artigo aborda aspectos da certificação e rastreabilidade na agregação de valor ao produto e algumas limitações para seu emprego.

AGREGAÇÃO DE VALOR E CERTIFICAÇÃO

Frutas e hortaliças frescas são produtos cuja determinação de preço monetário, ou valor, não são consequência direta apenas da demanda e oferta como ocorre nas grandes commodities agrícolas. Além da variação das características qualitativas decorrentes do sistema de produção, cultivares, certificações, a demanda dos produtos hortícolas apresenta grandes variações ao longo do tempo (CRISOSTO; MITCHELL, 2007). Tradições como a bacalhoadada na Semana Santa, por exemplo, elevam a procura e o preço da batata, cebola e pimentão nos dias que antecedem a sexta-feira Santa. O consumo e, conseqüentemente, a cotação da uva cresce no

Natal e *Réveillon*. Em períodos quentes, é natural que a população busque frutas refrescantes como abacaxi, melão, melancia, citros. Nos dias frios do inverno há maior procura de ingredientes de sopa, como a mandioquinha-salsa, a cenoura, outros tubérculos e raízes. Estes eventos climáticos e festivos aumentam a demanda e, conseqüentemente, os preços das frutas e hortaliças.

Uma estratégia para garantir o fornecimento nas épocas de maior demanda é utilizar técnicas agronômicas de produção combinadas à tecnologia de conservação pós-colheita. Entretanto, é importante salientar que numa mesma condição de oferta e demanda ocorre uma grande variação de preços ou valoração para um mesmo

¹ Eng. Agrônomo, D.Sc., Chefe CEAGESP - Centro de Qualidade Hortigranjeira, São Paulo, SP, gabriel.bitencourt@ceagesp.gov.br.

² Eng. Agrônoma, M.Sc., Engenheira CEAGESP, São Paulo, SP, sabrina.leite@ceagesp.gov.br.

³ Químico, Técn. CEAGESP, São Paulo, SP, thiago.oliveira@ceagesp.gov.br.

⁴ Eng. Alimentos, D.Sc., Engenheira CEAGESP, São Paulo, SP, fabiane.camara@ceagesp.gov.br.

produto, de acordo com a qualidade intrínseca e outras características agregadas, como, por exemplo, o sistema de produção certificado e embalagens diferenciadas. E é justamente na diferenciação, ou seja, na ocupação de nichos, onde estão as maiores oportunidades da obtenção de melhores preços e maior lucratividade (ALMEIDA, 2006).

Atualmente o preço de formação dos produtos vai além dos custos de produção e das margens esperadas de lucratividade; reflete também a percepção de valor dos clientes.

O valor percebido é uma construção multidimensional derivada das percepções de preço, qualidade, quantidade, benefícios e sacrifícios cujas dimensões devem ser analisadas e estabelecidas para cada categoria de produto. (SINHA; DESARBO, 1998).

Assim, além da discussão sobre quais atributos dos produtos e serviços são importantes para os clientes e as satisfações decorrentes do seu uso ou consumo, deve-se ainda buscar o entendimento das razões pelas quais os atributos são considerados importantes ou não pelos clientes.

Neste contexto, a agregação de valor de um produto só ocorre efetivamente quando o consumidor percebe modificações consideradas importantes nos atributos que são adicionados e entregues no produto. Logo, agregar valor a um produto pode ser compreendido como um aumento, incremento ou modificação nos atributos perceptíveis ao consumidor, que passa a perceber essa modificação em relação aos outros produtos similares como justificativa para um preço adicional.

No mercado de frutas in natura essa agregação de valor pode ser dividida e, por conseguinte, compreendida em dois enfoques: no atacado e no varejo tradicional (supermercado, feiras, hortifrúteis etc.). Dessa forma, nem todas as ações para agregação de valor realizadas pelo produtor consegue ser perceptível ao consumidor final no momento de compra no varejo. Algumas dessas ações promovidas pelos

produtores se perdem, pois não podem ser perceptíveis de imediato aos olhos do consumidor, dentre as quais destacam-se as que envolvem as embalagens em que os produtos são comercializados.

A modificação nas embalagens, tanto na composição (madeira, plástico e papelão) quanto na capacidade de proteger o produto, vem sendo cada vez mais utilizada não só pela compreensão dada a sua importância, mas também por apelo do marketing de produto diferenciado. A embalagem contém informações de que os produtos foram colhidos no ponto certo, estão classificados corretamente, a empresa respeita o meio ambiente (*Eco-friendly*) (embalagens recicláveis, de fonte renovável, etc.) entre outros atributos, que os atacadistas estão dispostos a pagar. Entretanto, esses atributos não são diretamente perceptíveis aos consumidores do varejo, pois todo esse apelo vem transportado na embalagem que comumente é omitida no ponto de venda e, dessa forma, não é perceptível ao consumidor final.

É evidente que, se o principal cliente do produtor rural é o atacadista na central de distribuição, o objetivo em agregar valor ao produto foi obtido, porém, é cada vez mais comum ações de marketing (degustações, demonstrações da marca, da produção, da colheita, etc.) dentro do varejo, objetivando esclarecer aos consumidores a diferenciação de valor e, conseqüentemente, evidenciar os atributos adicionados ao produto. Já é perceptível também a adoção de embalagens primárias, ou seja, a unitização dos produtos com o uso de adesivos, emprego de embalagens menores, utilizando informações que evidenciem a qualidade, a segurança alimentar, o respeito ao meio ambiente, a rastreabilidade, as informações nutricionais, a rememoração e a evidenciação do ambiente agrícola, dentre outras ações voltadas para atingir o consumidor final (Fig. 1).

As exigências ou desejos dos consumidores situam-se em três níveis básicos:

- a) características qualitativas extrínsecas e intrínsecas, ou seja, as que

Figura 1 - Embalagem diferenciada para a banana 'Prata' do Sul de Minas Gerais



Nota: Regiões mais altas produzem bananas mais doces e aromáticas e na embalagem consta esta informação para o consumidor.

levam inicialmente a uma maior atratividade no ponto de venda e, posteriormente, maior satisfação e prazer no momento do consumo: os atributos sensoriais (coloração, formato, gosto, aromas, sabor), o valor nutritivo, os constituintes químicos, as propriedades funcionais ou nutracêuticas, e os defeitos (ABOTT, 1999). O grande sucesso de produtores que conseguiram associar seus nomes ou marcas a produtos com estes atributos superiores indica que este é o primeiro passo no caminho da diferenciação. Nos últimos anos são vários os exemplos, como o melão, o mamão 'Formosa', as mangas colhidas maduras, os tomates italianos, entre tantos outros. Provavelmente a grande quantidade de programas especializados em culinária e gastronomia nas televisões abertas e pagas, juntamente com publicações e sites da internet voltados para estes temas estejam criando rapidamente uma maior cultura gastronômica no País e, conseqüentemente, consumidores mais exigentes e predispostos à experimentação e à busca por produtos diferenciados, tanto em características intrínsecas quanto no sistema de produção;

- b) segurança do alimento, ligada a fatores como a quantidade de resíduos de agrotóxicos, presença de microrganismos causadores de doenças e de metais pesados;
- c) aspectos ambientais e sociais da produção. Esses consumidores evitam a compra de produtos cujo processo produtivo afete demasiadamente o meio ambiente ou cuja empresa não cumpra adequadamente as obrigações sociais. Além disso, dão preferência por adquirir produtos de alguns grupos sociais e étnicos como agricultura familiar, orgânica ou agroecológica, indígenas e quilombolas.

Neste contexto, diversos protocolos de certificações, como a Produção Integrada e a Produção Orgânica do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), ou de instituições independentes, nacionais ou estrangeiras, como a Global GAP e a Rainforest Alliance, foram disponibilizados para garantir ao consumidor que o diferencial anunciado realmente foi atribuído ao produto (Fig. 2 e 3).

RASTREABILIDADE

Rastreabilidade é um sistema de identificação que permite resgatar a origem e a história do produto em todas as etapas do processo produtivo adotado, que vai da produção ao consumo (MATTOS *et al.*, 2009), sendo fundamental para garantir a segurança dos alimentos.

Diversas práticas produtivas podem ser registradas e monitoradas por meio de

Figura 2 - Embalagens de uva com a certificação Rainforest Alliance à venda na Ceagesp – São Paulo



Lilian Uyema Mateus

Nota: Ceagesp - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo.

Figura 3 - Embalagem de morango com a certificação da Produção Integrada – Brasil Certificado



Alexandre Hoffmann

Nota: Certificação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

sistemas de rastreabilidade, incluídas aí a adubação, o uso de água na irrigação, a aplicação de defensivos agrícolas, os procedimentos de colheita e pós-colheita, os aspectos sociais e ambientais, dentre várias informações que podem ser anotadas e rastreadas. Sistemas de protocolos de Boas Práticas Agrícolas (BPA) mais completos e complexos como a Produção Integrada do MAPA e vários outros privados, como o da Global GAP, exigem o registro de uma ampla gama de informações visando garantir a segurança do alimento.

No Brasil, a rastreabilidade é obrigatória para o monitoramento e controle de resíduos de defensivos em frutas e hortaliças frescas e destinadas ao consumo humano. Foi instituída pela Instrução Normativa Conjunta nº 2, de 7/2/2018 (BRASIL, 2018) publicada pelo MAPA e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e modificada pela Instrução Normativa Conjunta nº 1 de, 15/4/2019 que apenas alongou prazos (BRASIL, 2019). Estas instruções normativas estabelecem a obrigatoriedade da rastreabilidade para todos os entes das cadeias produtivas de frutas e hortaliças para consumo humano, incluindo-se aí o produtor, todos os tipos de atravessadores e consolidadores, atacadistas e distribuidores localizados ou não em Centrais de Abastecimento (Ceasas), varejistas como feirantes, supermercados, hortifrúteis (sacolão ou verdurão), ambulantes, importadores, exportadores e os serviços de alimentação.

A rastreabilidade obrigatória exige que os produtores adotem BPA no uso de defensivos. Há a necessidade de um caderno de campo em que devem ser anotadas todas as aplicações realizadas; as notas fiscais de compra dos insumos; e as receitas agrônomicas que justificaram o uso do defensivo também devem ser arquivadas. Para propriedades pequenas o caderno de campo pode ser único, enquanto nas propriedades maiores é recomendável a divisão por talhões, devendo ser confeccionado um caderno de campo para cada talhão.

Deve haver a identificação única e inequívoca de cada lote expedido pela

propriedade, cujo registro deve corresponder à informação presente no caderno de campo (Fig. 4).

O produtor também deverá atrelar aos seus registros o recebedor ou comprador do lote e emitir nota fiscal constando a identificação do lote. A partir daí cada participante da cadeia deverá, de alguma maneira, ter as informações do fornecedor e do próximo destinatário do produto e arquivar todas as notas fiscais que comprovem estas informações, seguindo desta forma até o consumidor final. Se o sistema estiver funcionando perfeitamente é possível, a partir de uma amostra recolhida no varejo, identificar todos os distribuidores e consolidadores que fizeram parte da cadeia e chegar até o produtor e seu caderno de campo. Todas as informações devem ser preservadas por pelo menos 18 meses.

Na rotulagem, além das informações obrigatórias na legislação, para atender a rastreabilidade, deve constar o número do lote. A rotulagem pode ser feita pelo produtor ou pelo beneficiador (packing house), o que é comum no caso da bananicultura. Algumas regiões do Brasil ainda comercializam banana a granel. Apesar da prática não ser recomendável em termos de pós-colheita, é possível comercializar desta forma e atender às instruções normativas. Neste caso, mesmo não havendo rotula-

gem, todos os registros devem ser preservados da mesma maneira.

É importante frisar que rastreabilidade é um processo que pode ser analógico ou digital e não obrigatoriamente inclui a adoção de qualquer software. Pode-se ter, ao menos em tese, uma rastreabilidade perfeita com anotações manuais em cadernos físicos e etiquetas de rotulagem preenchidas manualmente.

A obrigatoriedade da rastreabilidade normalmente é associada ao fato de que os consumidores estão cada vez mais exigentes quanto à segurança do alimento, e o conhecimento da origem do produto tem sido cada vez mais reivindicado por este tipo de consumidor. Essa associação direta, entretanto, não está correta, uma vez que não há menção da obrigatoriedade da disponibilização das informações acerca da rastreabilidade para os consumidores finais. A Instrução Normativa Conjunta nº 2, de 7/2/2018 (BRASIL, 2018) apesar de trazer o benefício da possibilidade de conseguir rastrear o caminho percorrido pelo produto, da comercialização no varejo ao produtor, seu principal objetivo é criar mecanismos para localização do produtor rural, beneficiador ou classificador, caso a análise de monitoramento de resíduos de defensivos agrícolas em alimentos

Figura 4 - Rotulagem associada à sistema de rastreabilidade



Nota: Pelo número do lote ou pela leitura ótica do código QR é possível rastrear a produção e todo conteúdo do caderno de campo.

apresente alguma inconformidade. Há três infrações possíveis quanto à presença de resíduos: produto não permitido para a cultura, produto acima do limite máximo de resíduo (LMR) e produto proibido.

O Entrepasto Terminal de São Paulo (ETSP), mais conhecido como Ceasa de São Paulo e que pertence à Companhia de Entrepastos e Armazéns Gerais de São Paulo (Ceagesp), concentra 38% das frutas e 30% das hortaliças comercializadas nas principais Ceasas brasileiras. A Ceasa de São Paulo é um dos maiores entrepostos de abastecimento de frutas e hortaliças do mundo em volume comercializado. Os números são expressivos: nos últimos três anos, horticultores de 2.500 dos 5.560 municípios brasileiros e de 25 das 27 Unidades da Federação enviaram produtos para serem comercializados no entreposto paulistano. O ETSP ocupa uma área de 700 mil metros quadrados na Vila Leopoldina, próxima às marginais Pinheiros e Tietê. Os espaços de comercialização são obrigatoriamente especializados e comercializam apenas um grupo de produtos: frutas; verduras (hortaliças de folha, brássicas, aromáticas e milho verde); legumes (hortaliças de fruto e subterrâneas, com exceção de batata, alho e cebola), diversos (batata, cebola, alho e coco seco); flores e plantas ornamentais, abóbora e pescado (GUTIERREZ, 2009). Por estas características, a Ceagesp de São Paulo torna-se um excelente lugar para observações e trabalhos que apontem para as tendências na comercialização e no marketing de hortícolas no Brasil. E é de se esperar que as convergências observadas em São Paulo se repitam nas outras Centrais de Abastecimento brasileiras.

Em dias de maior movimentação adentram no ETSP da Ceagesp cerca de 3 mil veículos carregados e saem outros 12 mil carregados, com entrada e saída concentrada em alguns horários. Assim, quanto maior o número de fornecedores e compradores maior terá que ser o controle dos processos adotados para inserção das

informações exigidas pela Instrução Normativa Conjunta nº 2, de 7/2/18 (BRASIL, 2018) de maneira adequada.

Ao observar a participação de mercado da banana (*market share*) dos atacadistas da Ceagesp (2020), nota-se que 12 empresas são responsáveis por 90% do volume comercializado. Escolhendo-se esses atacadistas como exemplo quanto a adesão e adequação do sistema de rastreabilidade, os resultados foram: 75% desses atacadistas comercializam principalmente produtos oriundos da produção própria, ou em sistema de parceria; 83,3% dos atacadistas possuem sistema próprio informatizado de rastreabilidade, pertencente a duas empresas de tecnologia da informação; 8,3% fazem o controle de todas as saídas das mercadorias atrelado ao sistema de rastreabilidade; 91,7% vende ao menos uma caixa por dia sem controle de rastreamento (vendas avulsas sem indicar o comprador).

Outro fato a ser considerado é a rotulagem. Não existe rastreabilidade sem rotulagem. O próprio texto da Instrução Normativa Conjunta nº 2, de 7/2/2018 (BRASIL, 2018) ratifica a necessidade, pois a identificação inequívoca do produto, produtor e origem inicia-se na rotulagem adequada. Entretanto, observam-se ainda no ETSP alguns casos de comercialização de produtos em embalagens sem rótulos ou com a rotulagem incompleta, mesmo em empresas detentoras de sistema informatizado de rastreabilidade. A rotulagem, mesmo dentro da legislação pertinente, não garante a rastreabilidade, para que isto ocorra é obrigatório que se conste o número do lote no rótulo.

Apesar da adoção da rastreabilidade na cadeia da banana ser grande, ainda não é adotada por todos os agentes, seja por falta de acesso às informações mais coerentes para que possam compreender que a rastreabilidade não é simplesmente um sistema e sim um processo capaz de possibilitar o acesso às informações de maneira inequívoca, seja pela “pseudo inércia” desses agentes, na qual a adesão da rastreabilidade apesar de legal só ocorre

depois de alguma ação fiscalizatória ou forçada mandatoriamente pelo comprador do varejo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um produto hortícola apto a ocupar os melhores nichos do mercado é o que consegue atender aos três níveis de exigências dos consumidores, quais sejam, qualidade, segurança e compromisso socioambiental. Selos de entidades certificadoras contribuem para proporcionar segurança ao consumidor quanto à veracidade das características atribuídas ao produto. A rastreabilidade é um processo que contribui para a agregação de valor, porém seu emprego ainda é deficiente na maioria dos produtos hortícolas, sendo necessária maior ação por parte dos agentes governamentais e dos envolvidos na cadeia de comercialização para a compreensão e solução dos problemas, a fim de garantir maior efetividade para sua adoção.

REFERÊNCIAS

- ABOTT, J.A. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Pullman, WA, v.15, n.3, p.207-225, Mar. 1999.
- ALMEIDA, G.V.B. de. Fruta tem que ser gostosa! **Frutas e Derivados: comercialização, estratégias para o futuro**, São Paulo, ano 2, n.1, p.40, jun. 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Conjunta ANVISA/SDA nº 2, de 7 de fevereiro de 2018. Define os procedimentos para a aplicação da rastreabilidade ao longo da cadeia produtiva de produtos vegetais frescos destinados à alimentação humana, para fins de monitoramento e controle de resíduos de agrotóxicos, em todo o território nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p.148, 8 fev. 2018. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/normativos-cgqv/fisc_monitoramento/inc-02_2018-rastreabilidade.pdf/view. Acesso em: 9 out. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Conjunta ANVISA/SDA nº 1, de 15 de abril de 2019. Altera a Instrução Normativa Conjunta ANVISA/SDA nº 2, de 7 de fevereiro de 2018. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p.3, 2 maio 2019. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/normativos-cgqv/fisc_monitoramento/atos-que-alteram-as-normas-e-regulamentos-dessa-lista/instrucao-normativa-conjunta-no-1-de-15-de-abril-de-2019-altera-a-incno2_2018.pdf. Acesso em: 9 out. 2020.

CEAGESP. Sistema de Informação e Estatística de Mercado. Seção de Economia e De-

envolvimento. [Volume e origem de entrada de banana]. São Paulo: CEAGESP, 2020. Documento interno.

CRISOSTO, C.H.; MITCHELL, J.P. Factores precosecha que afectan la calidad de frutas y hortalizas. In: KADER, A.A. (Ed.). **Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas**. 3.ed. Davis: University of California, 2007. cap. 5, p. 55-62. (Séries de Horticultura Postcosecha).

GUTIERREZ, A.S.D. As Ceasas brasileiras e o negócio de frutas frescas. In: REUNIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA FRUTURA, 1., 2009. São Paulo. [Anais...] Madrid: FRUTURA, [2009]. cap.4, p.31-37. Tema: Detección de problemas asociados a la calidad: frutas y hortalizas. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Pilar->

Barreiro/publication/47901033_Control_de_la_temperatura_en_el_transporte_de_alimentos_mediante_sistemas_RFID/links/5922b0ac0f7e9b99794455d4/Control-de-la-temperatura-en-el-transporte-de-alimentos-mediante-sistemas-RFID.pdf#page=35. Acesso em: 6 jul. 2021.

MATTOS, L.M. *et al.* Produção segura e rastreabilidade de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.27, n.4, p.408-413, out./dez. 2009.

SINHA, L.; DESARBO, W.S. An integrate approach toward the spatial modeling of perceived customer value. **Journal of Marketing Research**, v.35, n.2, p.236-249, May 1998.

Frescor do

CAMPO À MESA



Conservadoras DaColheita:

- Aumento do shelf-life em até 30%
- Redução do desperdício de alimentos
- Eficiência no transporte e armazenamento
- EPS 100% reciclável
- Redução de até 9,52% nas emissões de CO₂ eq. no transporte de frutas

Termotécnica

@termotecnicabr

(47) 99994-1113

termotecnica.ind.br

DaColheita

Soluções para o Agronegócio - Termotécnica

Conheça o Relatório de Sustentabilidade Termotécnica

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

INTRODUÇÃO

O Informe Agropecuário é uma publicação seriada, periódica, trimestral, de caráter técnico-científico. Tem como objetivo principal difundir tecnologias geradas ou adaptadas pela EPAMIG, seus parceiros e outras instituições, para o desenvolvimento do agronegócio de Minas Gerais. Trata-se de um importante veículo de orientação e informação para todos os segmentos do agronegócio, bem como de todas as instituições de pesquisa, universidades, escolas federais e/ou estaduais de ensino agropecuário, produtores rurais, empresários e demais interessados. É peça importante para difusão de tecnologia, devendo, portanto, ser organizada para atender às necessidades de informação de seu público, respeitando sua linha editorial e a prioridade de divulgação de temas resultantes de projetos e programas de pesquisa realizados pela EPAMIG e seus parceiros.

A produção do Informe Agropecuário segue uma pauta e um cronograma previamente estabelecidos pelo Conselho de Publicações e Informação Tecnológica da EPAMIG e pela Comissão Editorial de Publicações e Informação Tecnológica, conforme demanda do setor agropecuário e em atendimento às diretrizes do Governo. Cada edição versa sobre um tema específico de importância econômica para Minas Gerais.

Do ponto de vista de execução, cada edição do Informe Agropecuário terá de um a três Editores-técnicos, responsáveis pelo conteúdo da publicação, pela seleção dos autores dos artigos e pela preparação da pauta.

APRESENTAÇÃO DOS ARTIGOS ORIGINAIS

Os artigos devem ser enviados no pen-drive ou por e-mail, no programa Microsoft Word, fonte Arial, corpo 12, espaçamento entre-linhas 1,5, parágrafo automático, justificado, em páginas formato A4 (21,0 x 29,7cm).

As tabelas e quadros devem ser feitos também em Word, utilizando apenas o recurso de tabulação. Não se deve utilizar a tecla Enter para formatar o quadro, bem como valer-se de “toques” para alinhar elementos gráficos de uma tabela/quadro.

Os gráficos devem ser feitos em Excel e ter, no máximo, 15,5 cm de largura (em página A4). Para tanto, pode-se usar, no mínimo, corpo 6 para composição dos dados, títulos e legendas.

As fotografias a serem aplicadas nas publicações devem ser recentes, de boa qualidade e conter crédito do autor. Enviar os arquivos originais das câmeras digitais em JPG fora do Word. O uso de imagens de pessoas identificáveis não pertencentes ao quadro da EPAMIG e não sendo autores do artigo, só será permitido mediante envio de Autorização de Uso de Imagem, devidamente assinada. As fotografias digitalizadas devem ter resolução mínima de 300 DPIs no formato mínimo de 15 x 10 cm na extensão JPG.

Os desenhos feitos no computador devem ser enviados na sua extensão original, acompanhados de uma cópia em PDF, e os desenhos feitos em nanquim ou papel vegetal devem ser digitalizados em JPG.

Mapas desenvolvidos por meio de softwares ou capturados na internet devem ser enviados em PDF ou JPG.

PRAZOS E ENTREGA DOS ARTIGOS

Os autores da revista Informe Agropecuário devem observar os prazos estipulados formalmente para a entrega dos trabalhos, bem como priorizar o atendimento às dúvidas surgidas ao longo da produção da revista, levantadas pelo Editor-técnico, pela Revisão de Português e pela Normalização. A não observância a essas normas trará as seguintes implicações:

- os autores convidados pela Empresa terão seus trabalhos excluídos da edição;
- os autores da Empresa poderão ter seus trabalhos excluídos ou substituídos, a critério do respectivo Editor-técnico.

O Editor-técnico deverá entregar ao Departamento de Informação Tecnológica (DPIT), da EPAMIG, os originais dos artigos no pen-drive ou por e-mail, já revisados tecnicamente, 120 dias antes da data prevista para circular a revista. Não serão aceitos artigos entregues fora desse prazo ou após o início da revisão de português e normalização da revista.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

ESTRUTURAÇÃO DOS ARTIGOS

Os artigos devem obedecer à seguinte sequência:

- título (português/inglês):** deve ser claro, conciso e indicar a ideia central do artigo, podendo ser acrescido de subtítulo. Devem-se evitar abreviaturas, parênteses, fórmulas e nomes científicos que dificultem a sua compreensão;
- nome do(s) autor(es):** deve ser completo com entrada pelo prenome, acrescido de numeração sobrescrita para indicar, no rodapé, sua formação e títulos acadêmicos, profissão, instituição a que pertence e e-mail.
Exemplo: Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, epamigsul@epamig.br;
- resumo/abstract:** constitui um texto conciso, com dados relevantes sobre o conteúdo do artigo. Deve conter de 100 a 250 palavras;
- palavras-chave/keywords:** logo após o resumo, devem constar palavras ou expressões que representem o conteúdo do artigo, com iniciais maiúsculas e separadas por ponto. Não devem ser utilizadas palavras já contidas no título do artigo e expressões com mais de três palavras;
- texto:** dever ser constituído de: Introdução, Desenvolvimento e Considerações finais. A Introdução deve ser breve e focar o objetivo do artigo;
- agradecimento:** elemento opcional;
- referências:** devem ser padronizadas de acordo com o “Manual para Publicações da EPAMIG”, que apresenta adaptação das normas da ABNT.

Com relação às citações de autores e ilustrações dentro do texto, também deve ser consultado o Manual para Publicações da EPAMIG.

NOTA: Estas instruções, na íntegra, encontram-se no “Manual para Publicações da EPAMIG”. Para consultá-lo, acessar: www.epamig.br, em Publicações.

Plantas Alimentícias Não Convencionais

Acesse

www.epamig.br

em publicações disponíveis
e baixe gratuitamente estas cartilhas.



Minha conta

Assinatura Informe Agropecuário

Seja um consignado

Pontos de vendas



Publicações - Categorias

<p>Revista Informe Agropecuário</p>	<p>LIVROS</p>	<p>BOLETIM TÉCNICO</p>	<p>Publicação DIGITAL PDF</p>	<p>DIFUSÃO DE TECNOLOGIA PDF</p> <p>DOWNLOAD</p>
--	----------------------	-------------------------------	--------------------------------------	---

Novidades

<p>Boletim Técnico BT 109 – Aspectos econômicos e silviculturais do cedro-rosado</p>	<p>Informe Agropecuário IA 313 – Avanços tecnológicos na irrigação</p>	<p>Informe Agropecuário IA 312 – Vinhos de colheita de inverno</p>	<p>Informe Agropecuário IA 311 – Certificação, rastreamento e agregação de valor</p>	<p>Informe Agropecuário IA 310 – Produção de vinhos espumantes na Serra da Mantiqueira</p>	<p>Informe Agropecuário IA 309 – Cafés Conilon e Robusta: potencialidades e desafios</p>
--	--	--	--	--	--

A Livraria Epamig foi reestruturada para proporcionar maior acessibilidade ao público e ampliar a visibilidade das publicações. Com um novo layout que facilita a navegação, traz comodidades para os clientes como a opção de pagamento pelo Pix.



Confira na Livraria Epamig a **Revista Informe Agropecuário** também em versão digital, a partir da edição de nº 300!