



Capítulo 5.

Pós-colheita de hortaliças: inovações e perspectivas

Tatiana Marquini Machado

João Paulo Tadeu Dias

Devido à ampla divulgação pela imprensa sobre a relação entre alimentação e saúde, a preocupação da sociedade ocidental com os alimentos tem aumentado de forma exponencial. Dentro desse quadro, vem ocorrendo um aumento do consumo de legumes e verduras frescas e de boa qualidade, pois são essenciais para uma dieta saudável, já que fornecem vitaminas, minerais, antioxidantes e outros compostos importantes para a saúde.

Produtos são considerados de boa qualidade pelos consumidores quando apresentam forma perfeita; tamanho, cor e aroma ideais; e ausências de defeitos, como cortes, injúrias ou apodrecimento; além de serem seguros para o consumo (SIVAKUMAR; BAUTISTA-BAÑOS, 2014).

A Food and Agriculture Organization for the United Nations (FAO) alerta para o desperdício de alimentos em toda a cadeia de produção e afirma que o desafio da agricultura do século XXI é produzir mais alimentos e fibras para suprir uma

população em crescimento, uma vez que a estimativa é que a população mundial cresça mais de um terço entre 2009 e 2050. Ressalta, ainda, que muitos países em desenvolvimento dependem da agricultura e necessitam adotar medidas mais eficientes e métodos de produção sustentáveis, adaptando-se às mudanças climáticas (EMBRAPA, 2018; FAO, 2009; FAO, 2014; GUSTAVSSON, 2011).

A estimativa da FAO é que 28% dos alimentos que chegam ao final da cadeia em países latino-americanos são desperdiçados. O Brasil descarta mais do que o necessário para neutralizar a insegurança alimentar no país e, além de enfrentar perdas elevadas na pós-colheita, também apresenta grande desperdício no final da cadeia produtiva (EMBRAPA, 2018; FAO, 2009; FAO, 2014; GUSTAVSSON, 2011).

Na fase final da cadeia produtiva, a perda e o desperdício de alimentos têm muitos impactos econômicos e ambientais. Economicamente, representam um investimento desperdiçado que pode reduzir os rendimentos dos agricultores e aumentar as despesas dos consumidores (EMBRAPA, 2018; FAO, 2009; FAO, 2014; GUSTAVSSON, 2011).

Ambientalmente, esse desperdício causa uma série de impactos, inclusive emissões desnecessárias de gases de efeito estufa e uso ineficiente de água e terra, que, por sua vez, podem levar ao comprometimento dos ecossistemas naturais e dos serviços que eles fornecem (EMBRAPA, 2018; FAO, 2009; FAO, 2014; GUSTAVSSON, 2011).



O estudo apresentado pela FAO (2011) mostra o desperdício nas seguintes etapas: produção agrícola; manuseio pós-colheita e armazenamento; processamento e acondicionamento; distribuição e consumo. Os produtos agrícolas analisados foram cereais, raízes e tubérculos, oleaginosas e leguminosas, frutas e hortaliças, carnes, peixes e frutos do mar, leite e ovos.

Em 2009, de 1,3 bilhões de toneladas perdidas, 44% seria somente para frutas e hortaliças e 20% para raízes e tubérculos, globalmente. E, dentro do total de 1,5 quadrilhão de Kcal, a participação de diferentes regiões na perda de alimentos no mundo foi de 6% para a América Latina e 28% para a Ásia Industrializada (EMBRAPA, 2018; GUSTAVSSON, 2011).

Nesse cenário, a redução de perdas de produtos hortícolas na etapa de pós-colheita se faz necessária. Por isso, o desenvolvimento e aplicação de técnicas de conservação de hortaliças são imprescindíveis.

Na pós-colheita de produtos hortícolas, as incidências de decomposição em frutas e vegetais dependem do tipo de produto e cultivar, do estágio de amadurecimento, condições de armazenamento e transporte, e do varejista e suas condições de prateleira (SIVAKUMAR; BAUTISTA-BAÑOS, 2014). Na figura 1, temos exemplos da distribuição de produtos frescos em prateleiras.



Figura 1 – Exposição de frutas e hortaliças em gôndolas de feira livre na cidade de Padova/Itália. Nota-se a utilização de embalagens para a proteção dos produtos frescos.



Fonte: MACHADO; DIAS, 2012.

A vida de prateleira de um alimento é definida como o tempo em que o produto, conservado em determinadas condições de temperatura, mantém a qualidade inicial e permanece adequado ao consumo (GRIZOTTO *et al.*, 2006). Para se ter uma previsão desse intervalo para os produtos hortícolas, é necessário obter informações como o mecanismo e a cinética das principais reações de deterioração (MOURA *et al.*, 2007).

Após a colheita, para diversas espécies, a primeira providência para manter a vida pós-colheita é o resfriamento (retirada do calor de campo), pois temperaturas altas podem comprometer a vida de prateleira do produto. Esse fato é claramente constatado no caso de hortaliças e frutas mais sensíveis ao calor. Além disso, quanto maior o tempo de espera, mais será requerido do sistema de refrigeração para retirar o calor do produto (PATARO; SILVEIRA JUNIOR, 2004).



Todo esforço para conservação pós-colheita busca reduzir a taxa com que processos como a respiração ocorrem, pois, embora seja fundamental na manutenção da vida, deve ser mantida em nível baixo, de modo a retardar a senescência (CHITARRA, 2005). Esta é definida como a fase final da ontogenia do órgão da planta, durante a qual ocorre uma série de processos degenerativos ativos essencialmente irreversíveis, que, por fim, levam à destruição e à morte (DHATT; MAHAJAN, 2007 apud EL-RAMADY *et al.*, 2015; POGSON; MORRIS, 2004). Obando-Ulloa *et al.* (2009) afirmam que seria um efeito fisiológico e bioquímico natural presente em todos os seres vivos, cujos sintomas típicos de desordens são irreversíveis e visíveis a olho nu.

Estudos descrevem os tipos de índices e seus componentes medíveis, sendo eles os visuais (tamanho, forma e cor); físicos (firmeza) e as medições químicas, como teor em sólidos solúveis ou sólidos solúveis totais e acidez titulável (DHATT; MAHAJAN, 2007 apud EL-RAMADY *et al.*; 2015).

As mudanças negativas ou deteriorativas envolvidas na senescência incluem: escurecimento enzimático e não enzimático, descoloração, *off-flavour*, amolecimento, encolhimento e endurecimento, além de outras alterações químicas, termo-físicas e reológicas, que modificam o estado nutritivo, valor e sabor original, cor e aparência dos frutos e hortaliças (EL RAMADY *et al.*, 2015).

Porém, conforme El-Ramady *et al.* (2015), o estágio de desenvolvimento em que um produto é considerado maduro depende de seu uso final. Afinal, frutas e legumes são



consumidos em todos os estágios de desenvolvimento, portanto não há regras gerais quando se trata de definir a maturidade hortícola.

Segundo Pogson e Morris (2004), muitos pesquisadores consideram que a senescência de vegetais começa quando se atingem os limites em relação à perda da qualidade comercializável (ou aparência), ou seja, ela é o marco do tempo de armazenamento. Consequentemente, cada planta terá seus critérios de senescência. Nos vegetais folhosos, a senescência é indicada pela substancial perda de clorofila e o branqueamento das folhas. Nas raízes e órgãos de armazenamento, é indicada pelo desenvolvimento de brotação e aumento da infecção por patógeno.

A manutenção da qualidade dos produtos hortifrutícolas deve-se às técnicas de armazenamento pós-colheita que reduzem as taxas respiratórias, retardam o amadurecimento e previnem desordens fisiológicas (SANTOS *et al.*, 2006).

A vida de prateleira varia com o tipo de alimento, temperatura de estocagem, embalagem utilizada, entre outros fatores. Alguns danos devem ser observados durante o armazenamento, tais como contaminação microbiana ou por insetos e roedores, oxidação, hidrólise e reversão em gorduras, oxidação de pigmentos, reações de escurecimento não enzimático, alterações devido à umidade, atividade enzimática, perda de valor nutritivo, interações com os recipientes e perda da qualidade estética (MELLO *et al.*, 2003).



Em hortaliças, a perda de água é a mais importante causa da deterioração, porque afeta diretamente a aparência, a textura, o frescor e a qualidade nutricional (ANSORENA *et al.*, 2009). A colheita interrompe o suprimento de água para o órgão vegetal, causando a aceleração da degradação da clorofila e outras reações (SANTOS *et al.*, 2001).

Também podem ocorrer lesões nos tecidos durante o armazenamento, como reações enzimáticas que produzem alterações sensoriais, por exemplo, o surgimento de *off-flavour* (aromas estranhos), descoloração e perda de firmeza. O *off-flavour* é causado principalmente pela peroxidação dos ácidos graxos insaturados, catalisada por enzimas que ao final formam aldeídos e cetona (MELO *et al.*, 2003).

A oxidação é um processo metabólico que leva à produção de energia necessária para as atividades essenciais das células. Entretanto, o metabolismo do oxigênio nas células vivas também leva à produção de radicais livres e, se não controlados, podem provocar danos extensivos (ROESLER *et al.*, 2007). As reações oxidativas acontecem na presença de espécies reativas de oxigênio (ROS), que apresentam elevada reatividade. Entre essas ROS, encontram-se os radicais hidroxila como (OH[·]), peroxila (RO₂[·]), alcooxila (RO[·]) e as formas triplete (³O₂⁻) e singlete (¹O₂⁻) do oxigênio (BUCHANAM *et al.*, 2000).

Em sistemas biológicos, a membrana celular constitui um dos focos da atuação das ROS. Além da membrana que envolve a célula, as organelas intracelulares, como mitocôndria, retículo endoplasmático, núcleo etc., apresentam uma estrutura bilipídica e uma variedade de proteínas e açúcares. O



dano celular resulta basicamente do ataque da ROS sobre as macromoléculas, tais como açúcares $(\text{CHOH})_n$, DNA, proteínas e lipídios (VASCONCELOS *et al.*, 2007).

Nos ácidos graxos poliinsaturados das membranas, o ataque de radicais livres pode desencadear reações de oxidação, denominadas peroxidação lipídica (MELLO FILHO; HOFFMANN; MENECHINI, 1984). Essas reações são ocasionadas pelo peróxido de hidrogênio (VELLOSA *et al.*, 2007) e afetam a integridade estrutural e funcional da membrana celular, alterando sua fluidez e permeabilidade (VELLOSA *et al.*, 2007; VASCONCELOS *et al.*, 2007).

A definição mais aceita para antioxidantes é que seriam substâncias que, mesmo presentes em baixas concentrações em relação ao substrato oxidante, poderiam atrasar ou inibir as taxas de oxidação (ROCHA *et al.*, 2007). Entre os principais fitoantioxidantes, destacam-se o ácido ascórbico, flavonoides como a rutina e quercetina, derivados do ácido cinâmico, e outros compostos polifenólicos (BORA *et al.*, 2005).

Os compostos fenólicos são um amplo grupo de metabólitos secundários generalizado no reino vegetal (PODSEDEK, 2007). A ação antioxidante dos fenóis ocorre pela interferência no processo oxidativo por meio da quebra de cadeia de atividades de reação (oxidação primária) ou através de ligação com radicais livres (oxidação secundária) (HEREDIA; CISNEROS-ZEVALLOS, 2009). O conteúdo de fenólicos em frutos é afetado pela diminuição do ponto de maturação na colheita, diferenças genéticas (cultivar), condições ambientais da pré-colheita



e a situação do processo de armazenamento pós-colheita (ZADERNOWSKI *et al.*, 2009).

O grupo mais amplo e diversificado dos polifenóis são os flavonoides. A maior parte dos flavonoides tem a capacidade de reagir com os radicais livres, sequestrando-os ou neutralizando-os, e também faz parte da quelação de metais de transição (PIMENTEL *et al.*, 2005). Os flavonoides protegem as plantas contra a radiação UV, micro-organismos e herbivoria (HOUNSOME *et al.*, 2009).

As clorofilas são os pigmentos mais abundantes nas plantas e comuns em todas as células fotossintéticas. Os pigmentos envolvidos na fotossíntese são as clorofilas *a* e *b*, os carotenoides e as ficobilinas. A clorofila *a* é o pigmento utilizado na fase fotoquímica, enquanto os demais constituem os chamados pigmentos acessórios (CRUZ *et al.*, 2007).

Os pigmentos verdes são quimicamente instáveis e podem ser alterados ou destruídos facilmente, modificando a percepção e a qualidade dos produtos. Ou seja, são sensíveis à luz, aquecimento, oxigênio e a degradação química (SCHOEFS, 2002). A retenção da cor verde é um atributo de qualidade, principalmente dos vegetais folhosos e frutos. Essa manutenção também está relacionada com os níveis de ácido ascórbico no tecido, que é maior nos vegetais verdes (ANSORENA *et al.*, 2009).

Algumas enzimas também estão ligadas ao estresse oxidativo (KUMAR; MALHOTRA, 2008). As polifenoloxidasas (PPO) podem levar ao início de reações de deterioração, isto é, surgimento de cor indesejável ou alterações de sabor e nutricionais (ARAUJO,



2006). Escurecimento e senescência são relacionadas a reações enzimáticas de polifenóis e estresse oxidativo de espécies reativas de oxigênio (ROS) em tecidos da parede celular, o que ocasiona diminuição do tempo de vida útil pós-colheita. Um sistema antioxidante eficiente pode adiar esse processo, embora a atividade antioxidante em vegetais diminua com a senescência (SEGOVIA-BRAVO *et al.*, 2009).

O nível de compostos fenólicos e da polifenoloxidase é conhecido por ser o principal interveniente no processo de escurecimento da fruta e legumes crus ou processados minimamente (MISRA *et al.*, 2014). As polifenoloxidases promovem a oxidação enzimática de compostos fenólicos produzindo primeiro a quinona, que depois se condensa em pigmentos escuros e insolúveis (MENOLLI *et al.*, 2008). A reação de escurecimento, resultante de danos mecânicos durante o armazenamento ou do processamento de frutas e vegetais, é um fenômeno generalizado (SEGOVIA-BRAVO *et al.*, 2009).

Também existe o escurecimento não enzimático, resultado da descoloração provocada pela reação entre carbonila e os grupos amina livres que forma o pigmento denominado melanoïdina. A degradação oxidativa do ácido ascórbico e a adicional condensação com compostos carbonílicos, que podem conter grupos de amina, também produzem pigmentos escuros. São três os mecanismos das reações de escurecimento não enzimático: *Maillard* (aquecimento e armazenamento prolongados), caramelização (degradação do açúcar na ausência de aminoácidos ou proteínas) e oxidação da vitamina C (oxidação rápida na presença de ar, calor ou luz) (ARAÚJO, 2006).



Tendências e perspectivas de técnicas de conservação que podem trazer inovação na qualidade pós-colheita

Há diversas tecnologias disponíveis para a conservação de produtos hortícolas na pós-colheita, tais como: refrigeração, sanitização, utilização de óleos essenciais, radiação gama, radiação ultravioleta C (UV-C), modificação de atmosfera, utilização de embalagens e películas e tratamentos térmicos. Um dos métodos mais usados é a refrigeração, e esse tem sido o foco de numerosas investigações científicas em pós-colheita ao longo dos anos (HENRIOD, 2006).

As hortaliças processadas minimamente são tendências no mercado e têm perspectivas de crescimento como é o caso das frutas selecionadas, a exemplo do figo pré-cozido (figura 2) e casca de laranja pré-cozida (figura 3) embalados e prontos para comercialização.



Figuras 2 e 3 – Hortaliças processadas minimamente são tendências no mercado.



Figo selecionado, pré-cozido e embalado pronto para comercialização.



Casca de laranja selecionada, pré-cozida e embalada pronta para comercialização.

Fonte: João Paulo T. Dias, maio de 2017.

A refrigeração diminui o metabolismo e evita a rápida deterioração dos alimentos. Uma vez colhidos, os vegetais devem ser armazenados e transportados a baixas temperaturas para estender sua vida útil após a colheita e, assim, chegar com boa qualidade aos mercados. Porém, somente a refrigeração pode não ser suficiente para retardar as mudanças que afetam a qualidade (SEIBERT *et al.*, 2008). Além do resfriamento, é necessário manter a alta umidade, já que durante armazenamento pode ocorrer redução da umidade, interferindo na taxa de transpiração do vegetal ou na evaporação subcuticular, especialmente em baixas temperaturas e sob ventilação (HENRIOD, 2006).

A redução da temperatura conserva os vegetais após a colheita por diminuir a diferença de pressão de vapor entre a planta



e o meio, reduzindo a perda de água (SANTOS *et al.*, 2001). Na madioquinha-salsa conseguiu-se reduzir a perda de matéria fresca, manter o teor relativo de água e minimizar a degradação do amido quando armazenada entre 5° e 10°C por 60 dias com a utilização de filme de PVC (RIBEIRO *et al.*, 2007).

Em armazenamentos mais prolongados, podem ocorrer perda de firmeza, distúrbios fisiológicos e incidência de podridões, sendo essas as principais causas de perdas (SESTARI *et al.*, 2008). Também são comuns injúrias pelo frio, desordens fisiológicas preocupantes em produtos hortícolas armazenados. Elas ocorrem quando os produtos são expostos a temperaturas inferiores à temperatura mínima de segurança, mas acima do ponto de congelamento (KLUGE *et al.*, 2006). O longo tempo de exposição de batatas-doces à baixa temperatura resultou no escurecimento do tecido interno, atribuído ao aumento do conteúdo de compostos fenólicos (PADDA; PICHA, 2008).

A desinfecção de frutas e vegetais frescos é passo essencial no manuseio pós-colheita, pois traz benefícios para o armazenamento e comercialização de hortaliças. O requisito mínimo dos procedimentos de desinfecção é manter os produtos e instalações livres de patógenos de fungos e patógenos humanos bacterianos e, assim, melhorar a segurança alimentar. Esse processo de assepsia da superfície da fruta traz um benefício direto e, em casos particulares, pode, por si só, impedir a decomposição após o armazenamento.

Os sanitizantes e fungicidas também podem ser considerados como tratamentos de pós-colheita para hortaliças e frutas, já que, ao eliminar os micro-organismos presentes na superfície



dos alimentos, diminui-se a velocidade de deterioração e conserva-se a qualidade. Todavia, alguns tipos de sanitizantes podem deixar resíduos (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Os mais utilizados são os liberadores de cloro ativo, como o hipoclorito de sódio ou cálcio, pois são de fácil utilização e baixo custo. Porém, podem gerar substâncias cancerígenas, os trihalometanos (THMs), formados no contato direto da água com os ácidos húmicos e fúlvicos, produtos de decomposição da matéria orgânica (PEREIRA *et al.*, 2006). Outros de uso comum são o ácido acético (vinagre) e o iodo (LÜDKE, 2009), além do ozônio e óleos essenciais.

O ozônio, a forma triatômica do oxigênio, apresenta-se como um gás incolor e de odor pungente. Em fase aquosa, decompõe-se rapidamente em oxigênio e espécies radicais. É um agente oxidante muito poderoso quando comparado a outros, pois reage com uma numerosa classe de compostos (KUNZ *et al.*, 1998). Quando o átomo de oxigênio livre (O^-) encontra a molécula de oxigênio (O_2), eles se combinam em uma molécula de ozônio (O_3) altamente instável. Essa instabilidade é o que confere seu alto poder antioxidante, uma vez que o ozônio retorna rapidamente ser uma molécula de oxigênio (O_2), liberando o átomo livre de oxigênio (O^-) que se junta a um igual e forma mais oxigênio (O_2) ou combina com outra metade química e causa oxidação (GUZEL-SEYDIM *et al.*, 2004).

O ozônio (O_3), gerado através de equipamentos específicos, também é muito utilizado no tratamento de água para reuso e de efluentes, na redução da demanda química e bioquímica



de oxigênio e de trihalometanos, na remoção de ferro e manganês solúveis e de gostos e odores indesejáveis (CHIATTONE *et al.*, 2008). Além disso, diminui *Salmonella typhimurium*, *Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* e *E. Coli* O157:H7 (SELMA *et al.*, 2008).

O efeito germicida do ozônio difere dos outros sanitizantes pelo seu mecanismo de ação: age diretamente na parede celular, causando sua ruptura e morte com menor tempo de contato, inviabilizando a recuperação após o ataque. Dependendo do tipo de micro-organismo, o ozônio pode agir até 3.125 vezes mais rápido que o cloro na inativação celular (CHIATTONE *et al.*, 2008).

Em solução aquosa, o ozônio é quase insolúvel e o gás escapa facilmente. Por isso, sua concentração na água é naturalmente limitada e de difícil regulagem. Por ser um gás nocivo, a agência americana Occupational Safety and Health Administration (OSHA) limita a exposição humana ao gás ozônio a $0,1 \mu\text{L L}^{-1}$ para exposição contínua durante um período de 8h, e para 15 minutos a concentração aceitável vai até $0,3 \mu\text{L L}^{-1}$. A exposição prolongada a $0,4 \mu\text{L L}^{-1}$ é letal (FELIZIANI *et al.*, 2016).

Alguns estudos estão sendo feitos com ozônio diretamente sobre o produto de forma contínua, em concentrações menores que $1,0 \mu\text{L L}^{-1}$ para minimizar os problemas de segurança de exposição do trabalhador. Foi constatado que em baixas concentrações o gás retarda o crescimento micelial aéreo da maioria dos fungos, mas ocasionalmente estimula a



produção de conidial (FELIZIANI *et al.*, 2016). Na figura 4, temos um exemplo de ozonizador acoplado a um tanque para acondicionar água.

Figura 4 – Aparelho de ozonizador acoplado a tanque de água e com circulação de água movimentada por bomba hidráulica.

1. Processo de inserção de água do abastecimento público no tanque
2. Tanque de água lacrado e início do processo de ozonização da água e sanitização dos vegetais



Fonte: MACHADO; DIAS, 2010.

Em estudo com cenouras tratadas com ozônio em gás ou diluído em meio aquoso, não houve alteração na porcentagem de perda de peso, firmeza e cor do vegetal. Os tratamentos do ozônio gasoso não afetaram o pH das cenouras, e evitaram aumento acentuado de sólidos solúveis durante o armazenamento, aumentando a vida de prateleira. Entretanto, quando dissolvido em água, as concentrações de ozônio e sua interação com a temperatura afetaram temporariamente o pH das cenouras (SOUZA *et al.*, 2018).

Pesquisas sobre o impacto na textura de hastes de aspargos brancos utilizaram tratamentos com água ozonizada e



aplicação de UV-C. Os procedimentos testados foram: UV-C a 1 kJ m⁻² por 8 minutos; água ozonizada (3 ppm) por 30 segundos e uma combinação dos dois. Foram realizadas análises bioquímicas e biofísicas para determinar compostos totais da parede celular das hastes e a taxa de respiração durante o armazenamento de quatro dias. Verificou-se que a respiração diminuiu durante o armazenamento das hastes, porém esse efeito não foi significativo estatisticamente. Além disso, a rigidez das hastes diminuiu durante todo o período de armazenamento, independentemente do tratamento aplicado (HUYSKENS-KEIL *et al.*, 2011).

A utilização de óleos essenciais (OEs) pode ser um método alternativo para o controle da degradação de produtos hortícolas. São produtos vegetais naturais e estão ganhando popularidade, chamando a atenção de pesquisadores ao redor do mundo devido à sua biodegradabilidade, por serem ecológicos e econômicos e possuírem características de segurança. Os OEs exibem propriedades antimicrobianas, alelopáticas, antioxidantes e biorreguladoras. São obtidos de diferentes plantas e suas propriedades fungicidas podem suprimir o crescimento e desenvolvimento de fungos *in vitro* e *in vivo*, em diferentes produtos frescos (SIVAKUMAR; BAUTISTA-BAÑO, 2014; GATTO *et al.*, 2011). As propriedades antimicrobianas de extratos vegetais, que contêm diferentes classes de compostos fenólicos, representam uma rica fonte de biocidas e conservantes. Sua eficácia está ligada aos derivados do ácido hidroxibenzóico ou do ácido cúmarico e caféico, aos flavonóides e cumarinas, a catequina, epicatequina, proantocianidinas e taninos (GATTO *et al.*, 2011).



Vários estudos têm relatado a eficácia do uso de óleos essenciais em controle de doenças em frutas e hortaliças. Em pesquisa sobre podridão em tomate, foram empregados tratamentos com Boscalida e óleos essenciais de alecrim (*Rosmarinus officinalis*), canela (*Cinnamomum zeulanicum*), cravo-da-índia (*Caryophyllus aromaticus*) e copaíba (*Copaifera* sp.). Os autores perceberam que a boscalida inibiu a respiração celular, induzindo o processo de fermentação, e o óleo de copaíba apresentou resultados interessantes, porém são necessários mais estudos sobre sua dosagem (MACHADO *et al.*, 2017).

Barbosa *et al.* (2016), utilizando óleos essenciais de orégano (*Origanum vulgare* L.) e alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), isoladamente ou em combinação, em concentrações subinibitórias contra três bactérias patogênicas: a *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* e *Salmonella enterica* Serovar Enteridis, em acelga (*Beta vulgaris* L. var Cicla) e alface (*Lactuca sativa* L.), confirmaram que houve interação sinérgica para os dois OEs, assim como a combinação deles. Foram eficazes em diminuir as contagens dessas bactérias patogênicas em caldo de legumes e em vegetais folhosos frescos e também a deterioração da flora nativa.

O trabalho realizado utilizando fumigação em abacates com óleo de tomilho (*Thymus vulgaris*) demonstrou controle efetivo da antracnose (*C. gloesporiodes*) (SELLAMUTHU *et al.*, 2013 apud SIVAKUMAR; BAUTISTA-BAÑO, 2014).

A radiação gama é uma alternativa para tratamento pós-colheita de frutas e hortaliças. Consiste na exposição do produto à radiação ionizante, proveniente tanto de uma



máquina de feixes de elétrons como de fontes radioativas. Apenas as fontes de ^{60}Co e ^{137}Cs são consideradas para o uso comercial. Porém, a que tem maior aceitação é a de ^{60}Co , pois se apresenta na forma metálica e é insolúvel em água, portanto proporciona maior segurança ambiental (SILVA; ROZA, 2010).

Esse procedimento tem o propósito de esterilizar ou reduzir a carga microbiana, desinfetar os vegetais de insetos e parasitas, retardar o amadurecimento do fruto e inibir o brotamento de raízes. É um processo seguro que não deixa resíduos nos alimentos, que podem ser consumidos imediatamente após o tratamento, então não apresenta risco para a saúde humana (SILVA; ROZA, 2010; TEZOTTO-ULIANA *et al.*, 2015). Não há alteração da temperatura do produto irradiado, possibilitando o uso em produtos já embalados e evitando recontaminação ou reinfestação (TEZOTTO-ULIANA *et al.*, 2015).

Em estudo de pimenta dedo-de-moça *in natura* e em polpa, com dosagens de 1 a 3 kGy de ^{60}Co , verificou-se que não houve prolongamento da vida de prateleira nos produtos *in natura*. Porém, na polpa, com dosagem de 3 kGy, houve um aumento de 6 dias na vida útil do produto (MILAGRES *et al.*, 2016).

Mandiocas minimamente processadas e pré-cozidas foram submetidas à radiação gama em diversas doses. As amostras irradiadas com 1 e 3 kGy obtiveram os melhores resultados, não houve alterações indesejáveis nas características sensoriais do produto, micro-organismos foram destruídos e diminuiu a atividade enzimática, contribuindo para o controle do escurecimento (SILVA *et al.*, 2005 apud SILVA; ROZA, 2010).



Em batatas da cultivar *Ágata*, a dosagem 0,15 kGy foi a mais eficiente, não alterou o nível nutricional ou as propriedades sensoriais e contribuiu para o aumento de vida de prateleira (SOARES *et al.*, 2016).

A irradiação UV-C é uma alternativa não química que aumenta a durabilidade no armazenamento de várias frutas através de diferentes mecanismos. Age como germicida, alterando o DNA do micro-organismo e afetando divisão celular. Esse controle efetivo de organismos fúngicos e bacterianos melhora a segurança e qualidade em produtos minimamente processados e modula o amadurecimento de frutos, além de provocar respostas como acúmulo de fitoalexinas, reforço das paredes celulares e indução de enzimas defensivas e compostos. A utilização da irradiação UV-C pode aumentar o prazo de validade, pois reduz a respiração da fruta, o amolecimento e a lesão pelo frio e também retarda a senescência (ANDRADE-CUVI *et al.*, 2017; CHARLES *et al.*, 2016).

Tomates de cinco cultivares diferentes foram tratados com uma dosagem de UV-C e armazenados por 15 dias. As análises foram feitas nos tempos 0, 10 e 15 dias e foram examinados açúcares simples (glicose, frutose e sacarose) e ácidos orgânicos (ascórbico, cítrico, málico e oxálico). Foi constatado que o teor de açúcar, em geral, foi menor nos frutos tratados com UV-C, enquanto a titulação ácida tendeu a ser maior (CHARLES *et al.*, 2016).

Em frutas dos Andes – *uvilla*, *naranjilla* e *mortiño* – a radiação UV-C melhorou a retenção de qualidade da *uvilla* e *naranjilla* e, em menor grau, em *mortiño*. A dose de 12,5 kJ m⁻² foi



selecionada para avaliar as propriedades físico-químicas e antioxidantes durante o armazenamento. O tratamento com UV-C foi altamente eficaz para atrasar o amolecimento em *naranja* e aumentou o conteúdo de sólidos solúveis em *uvilla*. Mantidos em armazenamento por longos períodos de tempo, *uvilla* e *mortiño* tiveram maior atividade antioxidante do que frutas não tratadas. O aumento de atividade antioxidante encontrado em *uvilla* poderia resultar da ativação da biossíntese de compostos fenólicos em resposta à radiação UV. No geral, os resultados indicam que a exposição curta a UV-C pré-armazenamento pode ser uma abordagem para suplementar a conservação em baixa temperatura, de modo a manter a qualidade e estender a vida pós-colheita de frutas dos Andes (ANDRADE-CUVI *et al.*, 2017).

As embalagens desempenham um papel vital na contenção e proteção dos alimentos à medida que se deslocam pela cadeia até o consumidor. Várias funções podem ser atribuídas às embalagens, entre elas prevenção de deterioração e contaminação; fornecimento de transporte e varejo; e aumento de prazo de validade.

Com relação a embalagens, há as que possuem inovações ativas, tecnologias inteligentes que prolongam a vida de prateleira ou melhoram a segurança, ou ainda, as propriedades sensoriais, mantendo a qualidade do produto hortícola (VERGHESE *et al.*, 2015).



Alguns exemplos de tecnologias de embalagem para estender a vida útil dos produtos alimentares, segundo Verghese *et al.* (2015):

- Embalagem com barreiras em multicamadas: contém várias camadas para fornecer as barreiras necessárias contra umidade, gases e odores. Os requisitos específicos podem ser atendidos com a combinação de polímeros, folha de alumínio e/ou revestimentos. Mantém a umidade e o oxigênio e atrasa a degradação do produto, diminuindo o desperdício.
- Embalagem com atmosfera modificada: os gases são adicionados à embalagem antes de ser selada para manter a atmosfera em seu interior. Reduz as taxas de respiração no produto e o crescimento de micro-organismos.
- Absorvedor de etileno: uma gama de diferentes tecnologias envolve reagentes químicos adicionados a filmes poliméricos ou embalagens para absorver o etileno. É usado para frutas e legumes. Remove o etileno atrasando o amadurecimento e estendendo a vida útil do produto fresco.
- Absorvedor de oxigênio: substância que remove o oxigênio da embalagem. Está frequentemente em pó em um sachê. Novas tecnologias incluem absorvedores de oxigênio no próprio filme. O oxigênio acelera a degradação de alimentos, causando *off-flavour*, mudança de cor, perda de nutrientes e ataque de bactérias e fungos. Quando se remove o oxigênio, se



retarda o processo de degradação da hortaliça ou fruta e se prolonga a vida útil do produto.

- Embalagem asséptica: embalagem que tenha sido esterilizada antes do preenchimento com alimentos tratados com temperatura ultra alta (UHT). Proporciona vida útil de mais de seis meses sem conservantes. Os formatos incluem papel cartão líquido, bolsas e bag-in-box. Altas temperaturas matam os micro-organismos e lacres na embalagem impedem a entrada deles e também de gás ou umidade que poderiam promover a degradação.

Os produtos minimamente processados geralmente envolvem a colheita de vegetais inteiros, que são cortados em um tamanho específico e embalados usando sacos com atmosferas modificadas (SIMKO *et al.*, 2018). As operações de higienização, descamação e corte promovem alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas que aceleram o processo de deterioração, com escurecimento, descoloração e alteração de odor e sabor. Tais processos podem levar à perda de valor nutricional e firmeza, reduzindo a vida de prateleira do produto (BECARO *et al.*, 2015). Portanto, o uso de embalagens com atmosfera modificada e isenta de micro-organismos é imprescindível.

Outra técnica que pode ser utilizada em conjunto com o uso de embalagens é o tratamento térmico. Reduz os níveis de patógenos e o desenvolvimento de doenças e mantém a qualidade de frutos, como tomate, manga e morango. Consiste no uso de água quente ou exposição ao ar quente (PAN *et al.*, 2004).



A esterilização de embalagens também ajuda a aumentar a vida de prateleira de frutas e hortaliças *in natura* ou minimamente processadas, já que elimina a carga microbiana que possa existir nas embalagens e evita, assim, a contaminação e deterioração dos produtos. Uma das técnicas que vem sendo estudadas é a utilização de *cold plasma*. O plasma seria o estado da matéria obtido pela ionização das moléculas de gás. Estudos mostram que o efeito de plasma frio em esporos bacterianos é mais eficiente do que as técnicas convencionais e não causa danos às superfícies plásticas, como acontece com a utilização de calor, produtos químicos e tratamento UV (THIRUMDAS *et al.*, 2014). Devido a isso, pesquisadores iniciaram estudos sobre a utilização do *cold plasma* em frutas e hortaliças (MISRA *et al.*, 2014).

Além das embalagens, também podem-se utilizar revestimentos comestíveis. É criada uma camada fina e seca de materiais comestíveis na superfície dos alimentos, diminuindo a troca gasosa, de água e contaminação por micro-organismos. Dessa forma, melhoram-se a integridade e a aparência, além de se protegerem o sabor e os nutrientes, prolongando a vida útil do produto fresco (ZHAO, 2018).

O uso de reguladores vegetais também pode promover o retardamento do amadurecimento e da senescência do vegetal. O ácido giberélico (GA_3) pode ser usado para atrasar o amadurecimento, por impedir a ação das clorofilases e inibir a produção do etileno. Além disso, retarda o amolecimento da polpa e o acúmulo de carotenoides, o que evita perdas excessivas na comercialização (AQUINO *et al.*, 2016).



Em um estudo sobre a influência da aplicação de doses de GA₃ na extensão da vida pós-colheita em banana-maçã, concluiu-se que a dosagem mais alta (100 mg L₋₁) foi a mais favorável à conservação das características ângulo hue, teor de clorofila, firmeza e sólido solúveis (AQUINO *et al.*, 2016).

O ácido abscísico (ABA) age durante o desenvolvimento da fruta e desempenha um papel importante na regulação do amadurecimento em frutos climatéricos e não climatéricos. Em frutos climatéricos, há um aumento do conteúdo de ABA precedendo uma indução da produção de etileno, enquanto em frutos não climatéricos o ABA parece ter um papel mais forte do que o etileno na maturação. Novos estudos mostram a ação do ABA relacionada à lesão causada pelo armazenamento a baixas temperaturas (CARVAJAL *et al.*, 2017).

CARVAJAL *et al.* (2017) estudaram duas variedades de abobri-
nha, *Natura* e *Sinatra*, utilizando ácido abscísico (ABA) para a diminuição da sensibilidade ao frio (*chilling*) e concluíram que a variedade *Natura* teve um aumento da concentração de ABA durante o primeiro dia de armazenamento refrigerado e também houve um aumento da expressão de genes para os componentes da via de sinalização do ABA. Além disso, houve inibição da sensibilidade ao frio induzida pela biossíntese de ABA nessa variedade, enquanto o tratamento melhorou a qualidade de sensibilidade ao frio do fruto *Sinatra*.

Também estão sendo testados os inibidores de etileno, entre eles, o 1-metilciclopropeno (1-MCP), que é um pó solúvel em água, capaz de bloquear a ação do etileno e



responsável por competir por seus sítios de ligação nos receptores das membranas.

Em estudo de frutos de atemoia *Gefmer* tratados com 1-MCP e atmosfera modificada por filme polietileno de baixa densidade associados à refrigeração, foram obtidos resultados eficientes no atraso do amadurecimento dos frutos, tanto com o uso associado ou não da atmosfera modificada com 1-MCP. Houve atraso no acúmulo de sólidos solúveis e na degradação do amido.

Estudo utilizando embalagens ativas antimicrobianas à base de poliamida com nanotubos de haloiseno (HNTs) contendo óleo essencial (cavracol) testou *in vitro* e *in natura*. Para o experimento *in vitro*, os filmes de poliamida apresentaram atividade inibitória fúngica contra uma ampla gama de fungos, tais como: *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium digitatum*, *Penicillium expansum* e *Aspergillus niger*. *In natura*, as embalagens ativas foram testadas com tomate-cereja, lichia e uva e resultaram em redução da deterioração e sua vida útil foi significativamente maior (SHEMESH *et al.*, 2016).

Foram avaliados os efeitos da irradiação gama (Co_{60}) em embalagens, tanto a vácuo quanto com atmosfera modificada (MAP) enriquecida com 100% de N_2 e ar, em compostos fenólicos de agrião (*Nasturtium officinale* R. Br.) minimamente processados e armazenados a frio por 7 dias. O ácido *p*-cumárico foi o composto mais abundante no agrião fresco. Amostras armazenadas sob vácuo e irradiadas a 2 kGy revelaram menores níveis de fenólicos. A MAP e as condições de controle preservaram o conteúdo de fenólico inicial, e na dose



de 5 kGy mantiveram-se as concentrações de flavonoides e fenólicos totais, mas aumentou o teor de ácidos fenólicos. Adicionalmente, os flavonoides foram encontrados fortemente correlacionados com a atividade antioxidante (DPPH%) e capacidade de inibição do branqueamento de β -caroteno (PINELA *et al.*, 2018).

Em outro estudo, cenouras fatiadas foram embaladas em filmes simples de polietileno de baixa densidade contendo nanopartículas de prata (AgNPs), com adição de dióxido de silício (SiO_2) ou dióxido de titânio (TiO_2), chamados de MS e MT respectivamente, para manter as qualidades físico-químicas e microbiológicas. Cenouras embaladas com filmes MT apresentaram menor contagem de coliformes aeróbicos e totais mesófilos e menos perda de peso, indicando melhores propriedades físico-químicas e microbiológicas. Também mantiveram o mesmo teor de ácido ascórbico da cenoura *in natura*. A presença de AgNP não influenciou significativamente os valores de pH e firmeza (BECARO *et al.*, 2015).

Tomates-cerejas embalados e tratados com plasma frio (*cold plasma*) em diferentes tempos de exposição (30, 60, 180 e 300s) apresentaram diferenças insignificantes de perda de peso, pH e firmeza em relação ao controle e o final do armazenamento a frio. Além disso, mudanças nas taxas de respiração e cor dos tomates foram registradas em função do tratamento, mas não foram significativas. Os autores afirmam a necessidade de estudos futuros tanto em relação às embalagens para o controle dos produtos respiratórios quanto análises mais aprofundadas em relação à qualidade



e vida de prateleira de tomates-cerejas tratados com plasma a frio (MISRA *et al.*, 2014).

Em uma pesquisa com tomates (*S. lycopersicum* Mill. 'MicroTom'), os frutos foram embalados e tratados somente com radiação de UV-C, com 2 mL L⁻¹ de 1-metilciclopropeno (1-MCP) e depois o uso de radiação UV-C e controle. Foram armazenados por 12 dias a frio. Os autores relatam que a radiação UV-C aumentou os transcritos da ACC oxidase e estimulou a produção de etileno e a evolução do amadurecimento foi retardada. Os frutos tratados UV-C apresentaram menos acúmulo de licopeno, β -caroteno, luteína + zeaxantina, δ -tocofero, mas retiveram os níveis mais altos de ácido clorogênico, ácido *p*-cumárico e quercertina após o sexto dia. Além disso, apresentaram maiores teores de poliaminas (putrescina e espermidina). Entre as 14 transcrições de fator de resposta ao etileno (ERFs) estudadas, 11 exibiram maior acumulação de transcritos. Os perfis de transcrição de tomates tratados com 1-MCP e/ou UV-C demonstraram que o etileno desempenha um papel importante na expressão de ERFs (SEVERO *et al.*, 2015).

O tratamento térmico é um dos importantes métodos usados para estender a vida útil de frutas e hortaliças, pois reduz as injúrias causadas pela exposição ao frio; elimina as contaminações causadas por insetos (larvas); controla a decomposição fúngica e microbiana e promove mudanças nos processos fisiológicos como a degradação de enzimas (OKE; WORKENCH, 2013; EL-RAMADY *et al.*, 2015; MAJAHAN *et al.*, 2014). Alguns dos métodos são: imersão em água quente (branqueamento e pasteurização), calor e vapor de água, ar quente (desidratação) e água quente com escovação (OKE; WORKENCH, 2013;



EL-RAMADY *et al.*, 2015). Podem ser utilizados não apenas em frutas, como também em batatas, tomates, cenouras, aspargos, brócolis, alface, espinafre, rúcula entre outros (MAJAHAN *et al.*, 2014).

Brócolis foram tratados com ar quente nas temperaturas de 37, 42, 45, 48 e 50°C por 1 ou 3 horas e armazenados em bandejas cobertas com filme PVC e avaliados diariamente por quatro dias a 20°C. Foram analisados os seguintes parâmetros nas flores: medição de cor, determinação de proteína total, proteína solúvel, clorofila, atividade antioxidante, açúcares totais, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico e a taxa de respiração. Em conclusão, o tratamento a 48°C por 3 horas atrasou a senescência do brócolis e contribuiu para a manutenção de uma melhor qualidade geral do produto.

Gan-Mor *et al.* (2011) desenvolveram um sistema inovador para a aplicação uniforme de desinfecção a vapor de curta duração e alta temperatura em cenouras. O equipamento utiliza uma monitoração precisa da temperatura em tempo real de segmentos individuais dos produtos por imagem térmica. A alta temperatura foi aplicada de maneira uniforme em curta duração por cima, através de jatos de vapor combinados com refletores elétricos de secagem. As cenouras receberam esse tratamento antes da refrigeração ou imediatamente após resfriadas mergulhando em água a 4°C por 10 minutos, simulando o processo de hidro-resfriamento no *packinghouse*. A aplicação do vapor imediatamente após o hidro-resfriamento, reduziu a mudança de cor fitotóxica pós-armazenamento em 60/80% e resultou em diminuição significativa de podridões moles no pós-armazenamento causadas por *S.*



sclerotiorum. A germinação de cenoura não foi aumentada pelo tratamento com vapor, sugerindo a retenção do efeito fisiológico do hidro-resfriamento.

Em um estudo com cebolas amarelas espanholas (*Allium cepa*) cv. “Sabroso” fatiadas sob efeito de tratamentos de alta pressão, foram expostas a 50, 200, 300 e 600 MPa por um tempo de espera de 5 minutos e em água quente (aquecidas em banho-maria a 40, 50, 60, 70 ou 90°C por 30 minutos). Os parâmetros avaliados foram a textura e a perda da integridade da membrana do vacúolo, tonoplasto e tecido do parênquima através de técnicas citológicas e anatômicas; e a firmeza pela quantidade de metanol presente no tecido de cebola como resultado da atividade da pectina metil esterase (PME). Nos tratamentos de alta pressão, a perda de integridade da membrana começou em 200 MPa e a perda total da integridade da membrana ocorreu a 300 MPa e acima. Nos tratamentos térmicos, a integridade da membrana foi perdida entre 50 e 60°C (GONZALES *et al.*, 2010).

Considerações finais

Há grande desperdício de alimentos no Brasil e no mundo, o que leva a um desgaste dos nossos recursos naturais. Além disso, alimentos frescos e de boa qualidade, que muitas vezes não apresentam boa aparência para cumprir as exigências do mercado, estão sendo descartados dentro das próprias produtoras e nem sequer chegam à mesa do consumidor. Em um mundo de desigualdade social, o desperdício torna-se um assunto importante. Cada dia novas tecnologias para a conservação pós-colheita de frutas e hortaliças estão sendo



estudadas e desenvolvidas e muitas já visam à diminuição de impactos ambientais e do custo para os produtores.

Neste levantamento, o que se torna claro é que a combinação de várias técnicas pode ser a saída para aumentar a vida de prateleira, as qualidades sensoriais, físico-químicas e bioquímicas de produtos hortícolas. Desta forma, é um caminho possível a ser trilhado pelos produtores para minimizar as perdas e levar ao consumidor final produtos frescos ou *fresh-cut* de boa qualidade e seguros para o consumo que está se abrindo com os estudos.



Referências

ANDRADE-CUVI, M. J. *et al.* Improvement of the antioxidant properties and postharvest life of three exotic andean fruits by UV-C Treatment. **Journal of Food Quality**, v. 2017, p. 1-10, 2017.

ANSORENA, M. R. *et al.* Application of the General Stability Index Method to assess the quality of butter lettuce during postharvest storage using a multi-quality indices analysis. **Journal of Food Engineering**, v. 92, p. 317-323, 2009.

AQUINO, C. F. *et al.* Qualidade pós-colheita de banana 'maçã' tratada com ácido giberélico avaliada por redes neurais artificiais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 7, p. 824-833, 2016.

ARAUJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**, 3 ed. revisada e ampliada, Viçosa: Editora UFV, 478 p. 2006.

BARBOSA, I de M. *et al.* Efficacy of the combined application of orégano and Rosemary essential oils for the control of *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enteritidis* in leafy vegetables. **Food Control**, v. 59, p. 468-477, 2016.

BECARO, A. A. *et al.* Postharvest quality of fresh-cut carrots packaged in plastic films containing silver nanoparticles. **Food and Bioprocess Technology**, v. 9, n. 4, p. 637-649, 2015.

BORA, K. *et al.* Determinação da concentração de polifenóis e do potencial antioxidante das diferentes frações do extrato de folhas de *Dicksonia sellowiana*, (Presl.) Hook, Dicksoniaceae. **Visão Acadêmica**, v. 6, n. 2, p. 6-16, 2005.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Maryland: American Society of Plant Physiologists, 2000.

CARVAJAL, F. *et al.* Unravelling the role of abscisic acid in chilling tolerance of zucchini during postharvest cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 133, p. 26-35, 2017.



CHARLES, M. T. *et al.* Postharvest UV-C treatment of tomato fruits: changes in simple sugars and organic acids contents during storage. **LWT – Food Science na Technology**, v. 65, p. 557-564, 2016.

CHIATTONE, P. V.; TORRES, L. M.; ZAMBAZI, R. C. Aplicação do ozônio na indústria de alimentos. **Alimentação e Nutrição**, v. 19, n. 3, p. 341-349, 2008.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**, 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 785 p., 2005.

CRUZ, A. C. F. *et al.* Métodos comparativos na extração de pigmentos foliares de três híbridos de *Bixa orellana* L. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 777-779, 2007.

DHATT, A. A.; MAHAJAN, B. V. C. **Horticulture post harvest technology harvesting, handling and storage of horticultural crops**. Punjab Horticultural Postharvest Technology Centre, Punjab Agricultural University Campus, Ludhiana, 2007.

EL-RAMADY. *et al.* Postharvest Management of Fruits and Vegetable Storage. *In*: Lichfhouse E. (eds) Sustainable Agriculture Reviews. **Sustainable Agriculture Reviews**. v. 15, Springer. p. 65-152, 2015. Disponível em: DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-09132-7_2. Acesso em: 1 ago. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Perdas e desperdícios de Alimentos: Espaço temático**, 2018, Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-perdas-e-desperdicio-de-alimentos/sobre-o-tema>. Acesso em: 1 ago. 2018.

FELIZIANI, E. *et al.* Disinfecting agentes for controlling fruit and vegetable diseases after harvest. **Postharvest Biology and Technology**, n. 122, p. 53-69, 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION FOR THE UNITED NATIONS – FAO, **Global agriculture towards 2050**. Roma: Food and Agriculture Organization for The United Nations, 4 p, 2009. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf. Acesso em: 1 ago. 2018.



FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION FOR THE UNITED NATIONS – FAO.

Food losses and waste in the Latin America and the Caribbean.

Food and Agriculture Organization for the United Nations, Rome. 2014.
Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i3942e.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2018.

GAN-MOR, S. *et al.* Adapted thermal imaging for the development of postharvest precision steam-disinfection technology for carrots.

Postharvest Biology and Technology, v. 59, p. 265-271, 2011.

GATTO, M. A. *et al.* Activity of extracts from wild edible herbs against postharvest fungal diseases of fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 61, p. 72-82, 2011.

GONZALES, M. E. *et al.* Influence of cell integrity on textural properties of raw, high pressure and thermally processed onions. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 7, p. E409-E416, 2010. Disponível em: DOI <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01765.x>. Acesso em: 1 ago. 2018.

GRIZOTTO, R. K. *et al.* Estudo da vida-de-prateleira de fruta estruturada e desidratada obtida de polpa concentrada de mamão. **Ciência Tecnol. Aliment.**, v. 26, n. 3, p. 709-714, 2006.

GUSTAVSSON, J. *et al.* Global food losses and food waste: extent, causes and prevention, **Food and agriculture organization of the United Nations – FAO**, 2011.

GUZEL-SEYDİM, Z. B.; GREENE, A. K.; SEYDİM, A. C. Use of ozone in the food industry. **LWT – Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 37, p. 453-460, 2004.

HENRIOD, R. E. Postharvest characteristics of navel oranges following high humidity and low temperature storage and transport. **Postharvest Biology and Technology**, v. 42, p. 57-64, 2006.

HEREDIA, J. B.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. The effect of exogenous ethylene and methyl jasmonate on pal activity, phenolic profiles and antioxidant of carrots (*Daucus carota*) under different wounding intensities. **Postharvest Biology and Technology**, v. 51, p. 242-249, 2009.



HOUNSOME, N. *et al.* Changes in antioxidant compounds in white cabbage during winter storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 52, p. 173-179, 2009.

HUYSKENS-KEIL, S.; HASSEMBERG, K.; HERPPICH, W. B. Impact of postharvest UV-C and ozone treatment on textural properties of white asparagus (*Asparagus officinalis* L.). **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 84, p. 229-234, 2011.

KLUGE, R. A. *et al.* Efeitos de tratamentos térmicos aplicados sobre frutas cítricas armazenadas sob refrigeração. **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 1388-1396, 2006.

KUMAR, S.; MALHOTRA, S. P. Partial purification of superoxide dismutase and peroxidase from ber (*Zizyphus mauritiana* Lamk.) fruit using anion exchange chromatography. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 14, n. 3, p. 167-172, 2008.

KUNZ, A. *et al.* **Design and assembly of an ozonation system for the production and utilization of ozone on a bench scale.** PI 9802076-5 Brazilian Patent. 1998.

LÜDKE, I. **Produção orgânica de alface americana fertirrigada com biofertilizantes em cultivo protegido.** Dissertação (mestrado em Agronomia). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

MACHADO, R. F. C. *et al.* Óleos essenciais na qualidade e no controle de podridões pós-colheita em tomate. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 15, n. 1, p. 32-42, 2017.

MACHADO, T. M. **Antioxidante em pós-colheita de *Brassica aleracea* var. *Italica* cultivada em sistema orgânico e convencional submetidos a tratamentos de sanitização e enzimas oxidativas em diferentes variedades de *Chicorium intybus* L.** 103 p., Tese (doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências de Botucatu, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/102603>. Acesso em: 1 ago. 2018.



- MAJAHAN, P. V. *et al.* Postharvest treatment of fresh produce. **Philosophical Transactions of The Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 372, p. 1-19, 2014. Disponível em: DOI <https://doi.org/10.1098/rsta.2013.0309>. Acesso em: 1 ago. 2018.
- MELLO, J. C. *et al.* Efeito do cultivo orgânico e convencional sobre a vida-de-prateleira de alface americana (*Lactuca sativa* L.) minimamente processada. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 418-426, 2003.
- MELLO FILHO, A. C.; HOFFMAN, M. E.; MENECHINI, R. Cell killing and DNA damage by hydrogen peroxide are been mediated by intracellular iron. **Biochemical Journal**, v. 5, p. 218-273, 1984.
- MENOLLI, L. N. *et al.* Atuação das enzimas oxidativas no escurecimento causado pela injúria por frio em raízes de batata-baroa. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 57-63, 2008.
- MILAGRES, R. C. R. de M. *et al.* Irradiação e pasteurização de pimenta dedo-de-moça in natura e em polpa. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 6, n. 4, p. 34-44, 2016.
- MISRA, N. N. *et al.* In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of cherry tomatoes. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 118, n. 2, p. 177-182, 2014. Disponível em: DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiosc.2014.02.005>. Acesso em: 1 ago. 2018.
- MOURA, S. C. S. R. de. *et al.* Determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados. **Ciência e Tecnol. Aliment.**, v. 27, n. 1, p. 787-792, 2007.
- OBANDO-ULLOA, J. M. *et al.* Aroma volatiles associated with the senescent of climacteric or non-climacteric melon fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 52; p. 146-155, 2009.
- OKE, M. O.; WORKNEH, T. S. A review on sweet potato postharvest processing and preservation technology. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, p. 4990-5003, 2013. Disponível em: https://academicjournals.org/article/article1381917124_Oke%20and%20Workneh.pdf. Acesso em: 1 ago. 2018.



OLIVEIRA, M. N. S. de. *et al.* Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 380-386, 2006.

PADDA, M. S.; PICHÁ, D. H. Effect of low temperature storage on phenolic composition and antioxidant activity of sweet potatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, p. 176-180, 2008.

PAN, J. *et al.* Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84, p. 1831-1838, 2004.

PATARO, L. L.; SILVEIRA JÚNIOR, V. Relação entre o período de pós-colheita e o Degree-Time no resfriamento de rúcula. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 6, n. 2, p. 157-164, 2004.

PEREIRA, M. F. C. *et al.* Procedimentos pós-colheita na produção integrada de citros. **EMBRAPA**, documento 56, 2006.

PIMENTEL, C. V. de M. B. *et al.* **Alimentos funcionais**: Introdução às principais substâncias bioativas em alimentos. 1. ed. Lavras: Editora Varela, 2005. 95 p.

PINELA, J. *et al.* Postharvest changes in the phenolic profile of watercress induced by post-packaging irradiation and modified atmosphere packaging. **Food Chemistry**, v. 254, p. 70-77, 2018.

PODSĘDEK, A. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: a review. **LWT – Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 40, p. 1-11, 2007.

POGSON, B. J.; MORRIS, S. C. Postharvest senescence of vegetables and its regulation. *In*: LD Noodén, editor. **Plant cell death processes**. Academic Press. P. 319 – 29. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780125209151500254>, 2004. Acesso em: 1 ago. 2018.

RIBEIRO, R. A. *et al.* Vida útil e metabolismo de carboidratos em raízes mandioquinha-salsa sob refrigeração e filme de PVC. **Pesq. Agropec. Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 453-458, 2007.



- ROESLER, R. *et al.* Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.
- ROCHA, F. D. *et al.* Produtos naturais de algas marinhas e seu potencial antioxidante. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 4, p. 631-639, 2007.
- SANTOS, C. M. S. *et al.* Influência da atmosfera controlada sobre a vida pós-colheita e qualidade de banana 'Prata Ana'. **Ciência Agrotec.**, v. 30, n. 2, p. 317-322, 2006.
- SANTOS, R. H. S. *et al.* Conservação pós-colheita de alface cultivada com composto orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 521-525, 2001.
- SCHOEFS, B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis. **Trends in Food Science & Technology**, v. 13, p. 361-371, 2002.
- SEGOVIA-BRAVO, K. A. *et al.* Browning reactions in olives: mechanism and polyphenols involved. **Food Chemistry**, v. 114, p. 1380-1385. 2009.
- SEIBERT, E. *et al.* Efecto del acondicionado previo al almacenaje refrigerado sobre la calidad de ciruelas 'Constanza'. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 233-242, 2008.
- SELMA, M. V. *et al.* Reduction by gaseous ozone of Salmonella and microbial flora associated with fresh-cut cantaloupe. **Food Microbiology**, v. 25, p. 558-565, 2008.
- SESTARI, I. *et al.* Condições de atmosfera controlada para pêssegos 'Maciel' colhidos em dois estádios de maturação. **Ciência Rural**, v. 38, n. 5, p. 1240-1245, 2008.
- SEVERO, J. *et al.* UV-C radiation modifies the ripening and accumulation of ethylene response factor (ERF) transcripts in tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 102, pp. 9-16, 2015.
- SHEMESH, R. *et al.* Active packaging containing encapsulated carvacrol for control of postharvest decay. **Postharvest Biology and Technology**, v. 118, p. 175-182, 2016.



SILVA, G. M. C. *et al.* Uso do 1-MCP e atmosfera modificada na pós-colheita de atemoia 'Gefner'. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n. 2, p. 67-72, 2016.

SILVA, M. A. *et al.* Avaliação sensorial de mandioca pré-cozida submetida a diferentes doses de radiação. **Arq. Inst. Biol.**, v. 72, n. 2, p. 1-64, 2005.

SIMKO, I. *et al.* Molecular markers reliably predict post-harvest deterioration of fresh-cut lettuce in modified atmosphere packaging. **Horticulture Research**, n. 5, v. 21, p 1-13, 2018.

SIVAKUMAR, D.; BAUTISTA-BAÑOS, S. A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. **Crop Protection**, v. 64, p. 27-37, 2014.

SOARES, I. G. M. *et al.* Physico-chemical and sensory evaluation of potato (*Solanum tuberosum* L.) after irradiation. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 88, n. 2, p. 941-50, 2016.

SOUZA, L. P. de. *et al.* Effects of ozone treatment on postharvest carrot quality. **LTW – Food Science and Technology**, v. 90, p. 53-60, 2018.

TEZOTTO-ULIANA, J. V. *et al.* Radiação gama em produtos de origem vegetal. **Revista Virtual de Química**. v. 7, n. 1, p. 267-277, 2015.

THIRUMDAS, R. *et al.* Cold Plasma: a novel non-thermal technology for food processing. **Food Biophysics**, v. 10, n. 1, p. 1-11, Springer, 2014.

VASCONCELOS, S. M. L. *et al.* Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: principais métodos analíticos para a sua determinação. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1323-1338, 2007.

VELLOSA, J. C. R.; BARBOSA, V. de F.; OLIVEIRA, O. M. M. de F. Pesquisa de produtos naturais: plantas e radicais livres. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 4, n. 2, p. 119-130, 2007.

VERGHESE, K. *et al.* Packaging's role in minimizing food loss and waste across the supply chain. **Packaging Technology and Science**, Science, v. 28, n. 7, p. 603-620, 2015.



ZADERNOWSKI, R.; CZAPLICKI, S.; NACZK, M. Phenolic acid profiles of mangosteen fruits (*Garcinia mangostana*). **Food Chemistry**, v. 112, p. 685-689, 2009.

ZHAO, Y. Edible Coatings for Extending Shelf-Life of Fresh Produce During Postharvest Storage. **Food Science**, 2018, Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081005965222622>. Acesso em: 27 jul. 2018.

Leitura recomendada

ANJO, D. F. C. Functional foods in angiology and vascular surgery. **Jornal Vasculiar Brasileiro**, v. 3, n. 2, p. 145-54, 2004.

CARVALHO, P. G. B. *et al.* Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 397-404. 2006.

COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M.; BURNQUIST, H. L. Impactos Socioeconômicos de Reduções nas Perdas Pós-colheita de Produtos Agrícolas no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, SP, v. 53, n. 3, p. 395-408, 2015.

COSTA, M. L. *et al.* Effect of hot air treatments on senescence and quality parameters of harvested broccoli (*Brassica oleracea* L var *Italica*) heads. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, p. 1154-1160, 2005. Disponível em: DOI <https://doi.org/10.1002/jsfa.2081>. Acesso em: 1 ago. 2018.

LIPINSKI, B. *et al.* **Reducing Food Loss and Waste**. Working Paper, Installment 2 of Creating a Sustainable Food Future. Washington, DC: World Resources Institute. Disponível em: <https://www.wri.org/publication/reducing-food-loss-and-waste>. Acesso em: 1 ago. 2018.

TOIVONEN, P. M. A.; BRUMMELL, D. A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, n. 1, p. 1-14, 2008.

