



ISSN 1414-4530

Série
Produtor Rural

nº 62



Processamento mínimo de hortaliças: princípios e práticas

Ricardo Alfredo Kluge
Ana Cecília Silveira
Carlos Inestroza-Lizardo
Natalia Dallocca Berno

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Divisão de Biblioteca

ISSN 1414-4530

Universidade de São Paulo - USP

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ

Divisão de Biblioteca - DIBD

Ricardo Alfredo Kluge¹

Ana Cecília Silveira²

Carlos Inestroza-Lizardo³

Natalia Dallocca Berno⁴

¹ Professor Associado – Departamento de Ciências Biológicas – ESALQ/USP - rakluge@usp.br

² Professora adjunta – Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia – Universidade da República – Uruguai – anacesilveira@gmail.com

³ Professor – Departamento de Produção Vegetal – Universidade Nacional de Agricultura, Honduras – cinestrozalizardo@gmail.com

⁴ Cientista de Alimentos – Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos – ESALQ/USP – natalia.berno@usp.br

Processamento mínimo de hortaliças: princípios e práticas

DOI: 10.11606/9786562060928

Série Produtor Rural - nº 62

Piracicaba

2016

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Reitor - Prof. Dr. Marco Antonio Zago
Vice-reitor - Prof. Dr. Vahan Agopyan

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Diretor - Prof. Dr. Luiz Gustavo Nussio
Vice-diretor - Prof. Dr. Durval Dourado Neto

DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD
Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 9
13418-900 - Piracicaba - SP
biblioteca.esalq@usp.br • www.esalq.usp.br/biblioteca

Revisão e Edição Eliana Maria Garcia
Foto Capa Natalia Dalloca
Carlos Inestroza-Lizardo
Layout Capa José Adilson Milanêz
Editoração Eletrônica Maria Clarete Sarkis Hyppolito
Impressão e Acabamento Serviço de Produções Gráficas - ESALQ

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Processamento mínimo de hortaliças: princípios e práticas [recurso eletrônico] / Ricardo Alfredo Kluge ... [et al.]. - Piracicaba : ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2016.
84 p. (Série Produtor Rural, n. 62)

ISSN 1414-453
ISBN: 978-65-6206-092-8
DOI: 10.11606/9786562060928

1. Hortaliças 2. Processamento de alimentos I. Kluge, R. A. II. Silveira, A. C.
III. Inestroza-Lizardo, C. IV. Bero, N. D. V. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
Divisão de Biblioteca VI. Título VII. Série.

CDD 664.8

Índice para o catálogo sistemático:

1. Hortaliças : Processamento mínimo de alimentos CDD 664.8

Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359

Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Commons



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 O PRODUTO MINIMAMENTE PROCESSADO SE DETERIORA COM MAIS FACILIDADE QUE O PRODUTO INTEIRO	7
2.1 Perda de água	7
2.2 Respiração	8
2.3 Etileno	9
2.4 Senescência	9
2.5 Escurecimento enzimático	10
2.6 Proliferação de micro-organismos	10
3 O PROCESSAMENTO MÍNIMO INCLUI UMA SÉRIE DE ETAPAS QUE DEVE SER CUIDADOSA	13
3.1 Recepção da matéria prima	14
3.2 Seleção e classificação	15
3.3 Pré-lavagem e resfriamento rápido	16
3.4 Retirada de partes não comestíveis	16
3.5 Processamento	17
3.6 Lavagem e sanitização	19
3.7 Centrifugação	21
3.8 Embalagem	22
3.9 Armazenamento e distribuição	23
4 OS ASPECTOS SANITÁRIOS SÃO FUNDAMENTAIS PARA A ELABORAÇÃO DE PRODUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS	25
4.1 Sanitizantes químicos	29
4.1.1 Derivados de cloro	33
4.1.2 Compostos ácidos	36
4.1.2.1 Ácido peracético	37
4.1.2.2 Clorito sódico acidificado	37
4.1.3 Compostos de oxigênio ativo	38
4.1.3.1 Peróxido de hidrogênio	38
4.1.3.2 Água eletrolisada	38
4.1.3.3 Ozônio	39
4.2 Métodos físicos de sanitização	40

4.2.1 Tratamentos térmicos	40
4.2.2 Radiação UV-C	41
4.3 Métodos combinação de sanitização	42
5 OS PRODUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS DEVEM SER ACONDICIONADOS EM EMBALAGENS ADEQUADAS	45
5.1 Embalagem em atmosfera modificada	45
5.2 Exemplos de aplicação de AM convencionais	48
5.3 AM não convencionais	49
5.4 Desenvolvimento de embalagens de AM	51
5.5 Novos conceitos em embalagens	54
5.6 Revestimentos comestíveis	55
6 HÁ LEGISLAÇÃO PARA OS PRODUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS ?	57
REFERÊNCIAS	65

Os produtos minimamente processados (PMPs) já fazem parte do dia a dia dos consumidores, devido às mudanças contínuas dos hábitos alimentares. A redução de tempo para o preparo dos alimentos, à busca por uma alimentação mais saudável, e a redução no número de membros da família, abriu a possibilidade da entrada destes produtos no mercado, que não para de crescer. Os PMPs têm sido comercializados em pequenas porções e são rapidamente consumidos, devido a sua conveniência e às garantias de alimento seguro. O Ministério da Saúde, em seu guia alimentar para a população de 2014, preconiza a substituição dos produtos processados e ultraprocessados, por produtos mais saudáveis, como os *in natura* e os minimamente processados (BRASIL, 2014).

O termo minimamente processado (MP), *fresh-cut* ou produtos de IV gama, identifica produtos vegetais que sofrem uma série de operações que os tornam pontos para o consumo ou preparo. Estas operações incluem: seleção e classificação da matéria prima, pré-lavagem, descascamento, corte, sanitização, enxague, centrifugação e embalagem, e visam à obtenção de produto fresco, conveniente para o preparo ou consumo e, ainda, com segurança alimentar.

A durabilidade deste tipo de produto é extremamente baixa, entre 3 a 10 dias, dependendo do produto, se comparada ao produto inteiro. Isso acontece porque, na superfície do corte, as células e as membranas celulares são danificadas, ocorrendo alterações no metabolismo celular. Isso torna essenciais os rigorosos processos de higienização durante o preparo, uso baixas temperaturas durante o preparo e a manutenção da cadeia de frio durante a comercialização.

2 O PRODUTO MINIMAMENTE PROCESSADO SE DETERIORA COM MAIS FACILIDADE QUE O PRODUTO INTEIRO

A fisiologia dos PMPs corresponde à fisiologia de tecidos vegetais que sofreram estresse, considerando que, geralmente, o produto é descascado e cortado durante o preparo, e acarreta em uma série de alterações metabólicas que o torna menos durável. Dentre estas alterações destacam-se: perda de água (desidratação); aumento na respiração e na produção de etileno; aceleração da senescência; formação de compostos secundários indesejáveis, escurecimento enzimático e aumento na proliferação de agentes microbiológicos contaminantes.

2.1 Perda de água

A maior parte dos vegetais é composta por água (85-95%) que pode perder-se após a colheita por causa da desidratação. A desidratação ocorre principalmente devido à perda de água na forma de vapor decorrente o déficit de pressão de vapor (DPV) entre os espaços intercelulares e o ambiente circundante. O DPV depende, principalmente, da temperatura e da umidade relativa (UR). Assim, altas temperaturas e/ou baixas UR fazem que os produtos percam mais água devido ao aumento do DPV. Nos PMPs a perda de água geralmente é mais intensa, considerando que o descascamento elimina as barreiras naturais que evitam as perdas, e o corte que expõe as células ao ambiente e aumenta a desidratação. Isso pode ser observado em beterraba e cenoura minimamente processada, denominada na literatura internacional de “white blush” (Figura 1).

A perda de água do interior da célula, quando se realiza o corte, pode carrear vários pigmentos e nutrientes importantes dos vegetais, levando à perda de qualidade.

O controle da desidratação dos PMPs é de extrema importância para sua vida útil, sendo necessário o uso de

baixas temperaturas durante o preparo, armazenamento, transporte e comercialização, bem como o uso de embalagens plásticas que, de certa forma, substituem a proteção natural retirada do produto quando do seu preparo. A embalagem também aumenta a UR ao redor do produto, diminuindo o DPV.



Ricardo A. Kluge

Figura 1 - Sintomas de excessiva perda de água ("white blush") em beterraba (A) e cenoura (B) minimamente processada

2.2 Respiração

A respiração é o principal processo fisiológico dos vegetais no período de pós-colheita. Consiste do uso das substâncias acumuladas durante o crescimento e produção de energia na forma de ATP para manutenção de suas funções vitais. A taxa respiratória de um produto vegetal geralmente pode ser medida através da liberação de CO_2 de uma quantidade de massa conhecida do produto por um determinado período de tempo e expressa em mL ou $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Quanto maior a taxa respiratória de um produto menor a sua conservação pós-colheita. Nos PMPs a taxa respiratória é rapidamente estimulada, levando ao esgotamento rápido das reservas do vegetal e, consequentemente, diminuindo significativamente a sua vida útil.

Assim, o controle da respiração é fundamental para a manutenção da vida útil dos PMPs. Ela pode ser reduzida utilizando-se baixas temperaturas deste o processamento do produto até a sua comercialização. Também podem ser aplicadas outras tecnologias como o uso de atmosferas modificadas, embalagens ativas e biorreguladores que ajudem na diminuição da respiração e uma maior longevidade dos PMPs.

2.3 Etileno

O etileno é um hormônio vegetal gasoso que participa de vários processos importantes para as plantas, incluindo a maturação de frutos climatéricos, senescência e sinalização contra estresse. Muitos vegetais, na sua forma inteira, tem produção de etileno tão baixa que não se permite a sua detecção. Quando cortados, os tecidos começam a produzir etileno como forma de sinalização para a restauração dos danos sofridos. A forma do corte é determinante para estimular a biossíntese de etileno, e quanto maior a intensidade do corte maior é a produção de etileno.

A produção de etileno decorrente do processamento mínimo pode acelerar os processos de deterioração, pois ele pode ativar algumas enzimas deteriorantes.

2.4 Senescência

A senescência é um processo natural dos vegetais, fazendo parte da fase final de seu desenvolvimento. É um processo marcado por reações de degradação de estruturas e substâncias celulares, que sobrepujam as reações de síntese. Quando se faz o processamento mínimo há uma aceleração da senescência, o que explica, em grande parte,

a sua menor durabilidade em comparação a um produto inteiro.

As principais alterações que ocorrem na senescência envolvem o estresse oxidativo, a desestruturação dos tecidos (morte celular programada) e aquelas decorrentes do ataque de patógenos.

2.5 Escurecimento enzimático

O descascamento e o corte, operações comuns no processamento mínimo, geram condições para que haja contato entre as enzimas presentes nos tecidos vegetais e seus substratos que anteriormente estavam separadas em compartimentos diferentes na célula. A consequência desse contato são reações de tipo oxidativas, que levam ao escurecimento dos tecidos, que geralmente afetam a qualidade do produto minimamente processado, com perdas de sabor, aroma e compostos bioativos. As principais enzimas de escurecimento são a polifenoloxidase (PPO) e a peroxidase (POD).

Esses processos de escurecimento podem ser atenuados por diversos tratamentos físicos e químicos.

2.6 Proliferação de micro-organismos

O processamento mínimo geralmente favorece o crescimento de microrganismos contaminantes o que pode ser prejudicial à saúde e causar doenças. Isso ocorre porque geralmente as operações de descascamento e corte expõem os tecidos internos dos vegetais e os tornam de maior acesso a microbiota contaminante. A alta atividade de água, presença de nutriente e o pH pouco ácido (especialmente nas

hortaliças), facilitam o desenvolvimento de microrganismos de deterioração e patogênicos.

Assim, quando se prepara um PMP se tem que levar em consideração não só a manutenção da qualidade nutricional e sensorial, mas também a segurança microbiológica. Daí a importância da redução da carga microbiana inicial durante o processamento dos PMPs utilizando sanitizantes específicos e manusear minimamente o produto. O uso de EPIs e temperaturas moderadas e baixas durante o processamento dos PMPs é essencial para evitar contaminações. A água de boa qualidade nos processos de lavagem do produto é outro fator essencial para manter a segurança do alimento.

3 O PROCESSAMENTO MÍNIMO INCLUI UMA SÉRIE DE ETAPAS QUE DEVE SER CUIDADOSA

As etapas de produção de hortaliças minimamente processadas são estabelecidas de acordo com as características da matéria prima e do produto final. No entanto, os processos devem ter como principal característica métodos físicos simples, a fim de não modificar as propriedades sensoriais do produto inteiro (GÓMEZ et al., 2007). Deve-se prezar pela manutenção da qualidade, utilizando equipamentos adequados e mão-de-obra treinada.

As principais etapas de produção no processamento mínimo das hortaliças estão apresentadas no fluxograma da Figura 5. Entretanto, estas operações podem variar de acordo com o produto a ser obtido e com a matéria-prima utilizada. Alguns fluxogramas já propostos poderão ser vistos no próximo capítulo.

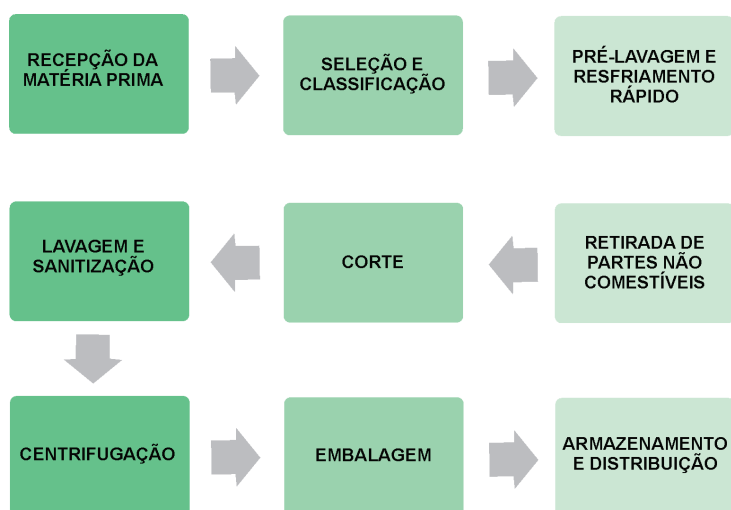
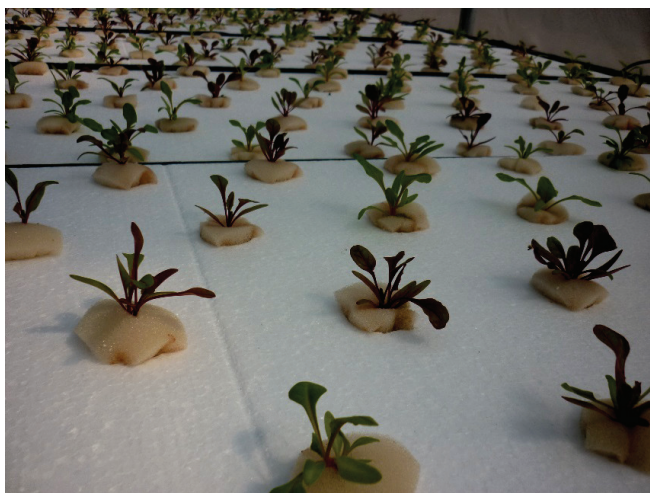


Figura 2 - Principais etapas do processamento mínimo de hortaliças

3.1 Recepção da matéria prima

A qualidade de qualquer produto dependerá, inicialmente, da qualidade da matéria-prima. Por isso, as matérias primas destinadas ao processamento mínimo devem ser sempre da melhor qualidade, com monitoramento na fase de produção (nutrição mineral, controles fitossanitários, manejo de água e fundamentalmente na seleção de um cultivar adequado), na colheita (grau de maturação, condições de manuseio) e durante o processamento (Figuras 3 e 4). A utilização de uma matéria-prima inadequada, ou seja, aquelas descartadas durante a seleção e classificação, gerará um produto de qualidade e durabilidade inferiores. Isso acarretará em um produto sem garantia de segurança microbiológica, podendo afetar diretamente a saúde do consumidor.



Carlos Inestroza-Lizardo

Figura 3 - Produção de rúculas em bandeja flutuante utilizadas para processamento mínimo



Natalia Berno

Figura 4 - Cebolas em contentores plásticos na área de recepção

A recepção ocorre na área suja da planta de processo, ou seja, numa sala a parte ou fora do ambiente higienizado do processamento. Na recepção também se realiza a pesagem para o controle da produção e uma inspeção de qualidade inicial, visando o cumprimento dos requisitos pré-estabelecidos. É importante que o produto esteja o menor tempo possível nesta etapa, sendo ideal seu processamento o mesmo dia da colheita; para isso se requer de uma boa organização e coordenação das operações. Caso contrário, é necessário que os produtos sejam armazenados em câmara de resfriamento, para manter sua qualidade mais elevada possível.

3.2 Seleção e classificação

Nesta etapa se seleciona o material vegetal em função de sua qualidade visual, descartando aquele produto com danos mecânicos (rachados, quebrados ou amassados), danos por inseto (presença de furos na superfície), doenças (presença de podridão ou fungos), coloração inadequada (fundamental nas folhosas), pouca turgescência, entre outros. O material selecionado geralmente é classificado por aparência e/ou tamanho, visando à adequação da matéria-prima ao processamento. A Figura 5 exemplifica

um produto adequado e outro inadequado para o processamento mínimo.



Carlos Inestroza-Lizardo

Figura 5 - Matéria-prima adequada (a) e inadequada (b) para o processamento mínimo

3.3 Pré-lavagem e resfriamento rápido

Para remover a matéria orgânica e impurezas provenientes do campo e que ficam aderidas ao produto, os vegetais devem ser lavados com água potável e detergente neutro. Deve-se usar preferentemente água à baixa temperatura (5 a 10°C), a fim de propiciar a redução da temperatura inicial do vegetal. Desta forma, o resfriamento rápido do produto ocorre simultaneamente com a pré-lavagem, o que acarretará na redução do metabolismo da hortaliça e causará menores perdas decorrentes ao processamento. O resfriamento rápido com água é o método mais usual nas hortaliças destinadas ao processamento mínimo, por ser um método econômico, eficaz e simples.

3.4 Retirada de partes não comestíveis

Nessa etapa são retiradas todas as partes da hortaliça que não são comestíveis, como cascas, região de inserção do pedúnculo e raízes. Pode ser realizada de forma manual (Figura 6), semiautomática ou automática. No entanto, as

facas ou lâminas empregadas devem ser de aço inoxidável e estar bem afiadas e sanitizadas. Isto diminuirá o grau de dano ao tecido vegetal, assim como o risco de contaminação cruzada.



Natalia Berno

Figura 6 - Descascamento manual de cebolas

3.5 Processamento

Durante todas as etapas envolvidas no processamento mínimo, os manipuladores devem utilizar luvas, aventais, toucas e máscaras, para evitar ao máximo a contaminação e garantir produtos com qualidade.

Dependendo da matéria prima e das características do produto final, pode-se realizar o corte das hortaliças, reduzindo seu tamanho (Figura 7). Da mesma forma que o descascamento, esta operação pode ser feita de forma manual, semiautomática ou automática (Figura 8). O corte ocasiona dano nos tecidos, aumentando a taxa respiratória, a produção de etileno e, conseqüentemente, tornando-os mais susceptíveis à deterioração. Também ocorre liberação dos líquidos intracelulares, com o início de reações indesejáveis. Por isso é imprescindível que todo o

processamento mínimo seja feito em ambiente refrigerado e que, imediatamente após o corte, estejam sob refrigeração (0 - 5°C) (MORETTI, 2007).



Carlos Inestroza-Lizardo (a)
Natalia Berno (b, c)

Figura 7 - Folhas de rúcula cortadas (a), cebolas em fatias (b) e cubos (c)



Natalia Berno (a)
Carlos Inestroza-Lizardo (b)

Figura 8 - Equipamento semiautomático (a) e automático (b) utilizado para cortar hortaliças

3.6 Lavagem e sanitização

O principal objetivo da lavagem é a eliminação da matéria orgânica e a redução da carga microbiana presente na superfície do vegetal. Uma boa lavagem de hortaliças consta de três fases: lavagem com água potável, lavagem com solução sanitizante (Figura 9) e lavagem com água potável para eliminar os resíduos da aplicação do sanitizante, também chamada de enxague (DEVILIEGHIERE et al., 2009; INESTROZA-LIZARDO; ESCALONA, 2015). A água é útil na redução da contaminação das hortaliças e sua qualidade é fundamental para a efetividade do sanitizante. A empresa processadora deve estar em conformidade com a legislação pertinente no que se refere à qualidade da água que entrará em contato com os produtos a serem processados. A periodicidade da limpeza da caixa d'água também é fundamental para que se mantenha a qualidade da água utilizada. Dentre alguns fatores, a qualidade pode ser determinada pelo pH, temperatura, turbidez e matéria orgânica.



Carlos Inestroza-Lizardo

Figura 9 - Etapas de sanitização (a) e detalhe da sanitização por aspersão (b)

O sanitizante majoritariamente usado na indústria do processamento mínimo é o hipoclorito de sódio, em concentrações de 100 a 200 mg L⁻¹, por aproximadamente cinco minutos. No entanto, existe uma preocupação crescente com seu uso, devido que a eficácia máxima dele estar limitada a um pequeno intervalo de pH (6,5 a 7,0). Por isso, recomenda-se ajustar o pH para a faixa ideal mediante a adição dos ácidos cítrico ou isocítrico. Outra recomendação também é a troca da solução sanitizante quando o nível de cloro ativo esteja menor que 100 mg de cloro ativo L⁻¹ (MORETTI, 2007).

Devido às limitações que apresenta o hipoclorito de sódio, tem sido feitas numerosas pesquisas com o objetivo de encontrar sanitizantes alternativos (HINOJOSA et al., 2012; TOMÁS-CALLEJAS et al., 2012; GOODBURN; WALLACE, 2013). Neste sentido, surgem como alternativas, o uso de dióxido de cloro (ClO₂), peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e ozônio (O₃), entre outros.

O interesse pelo dióxido de cloro como sanitizante nas hortaliças é baseado principalmente em sua eficácia contra os microrganismos e o amplo intervalo de pH, no qual mantém sua atividade. O peróxido de hidrogênio é um bactericida de grande alcance e que não produz resíduos, já que é decomposto em água e oxigênio. O ozônio é eficaz contra uma ampla variedade de microrganismos, mesmo em baixas

concentrações (1-5 mg L⁻¹) e com tempos de exposição de curta duração (1 a 5 min), sendo que sua atividade antimicrobiana não é dependente do pH (ÖLMEZ; KRETZSCHMAR, 2009).

3.7 Centrifugação

Esta etapa tem por objetivo a remoção do excesso de água acumulada na superfície dos produtos durante a etapa de lavagem e sanitização (Figura 10). O tempo ideal geralmente está entre 30 e 60 segundos, mas é dependente do tipo de centrífuga usado, velocidade de rotação, e, principalmente, do produto vegetal. Em alguns casos pode haver desidratação (melancia) ou desintegração (brócolis e couve-flor). Como alternativa ao processo de centrifugação, os vegetais podem ser colocados sobre uma grelha ou peneira para drenar a água que está na superfície, sem danificar o produto.



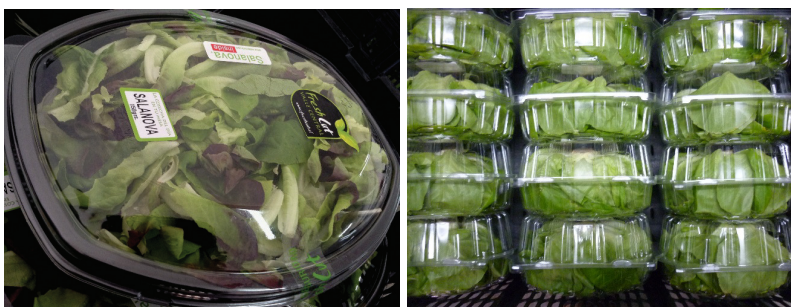
Carlos Inestroza-Lizardo

Figura 10 - Etapa de centrifugação

3.8 Embalagem

As embalagens dos produtos minimamente processados devem ter a função de proteger e retardar o metabolismo, estendendo ao máximo sua vida útil. Em hortaliças minimamente processadas geralmente são usados embalagens

com atmosfera modificada, bandejas ou bandejas envoltas com filme plástico (Figura 11). Quanto aos tipos de materiais, os mais usados são filmes esticáveis de cloreto de polivinila (PVC), filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) e filmes de polipropileno (PP) (Figura 12) (SARANTÓPOULUS, 2011).



Carlos Inestroza-Lizardo

Figura 11 - Embalagem para hortaliças folhosas minimamente processadas



Natalia Berno

Figura 12 - Cebolas minimamente processada acondicionada em diferentes embalagens. (a) recipiente de polipropileno (PP); (b) filme de policloreto de vinila (PVC); (c) filme de PP; (d) filme de polietileno de baixa densidade (PEBD)

Antes do embalamento é recomendável assegurar que não aumente a temperatura do produto, o que frequentemente acontece devido às operações do processamento. Isto prejudica o comportamento da hortaliça dentro da embalagem. Recomendasse, dessa forma, esfriar usando ar forçado com as devidas precauções de não desidratar o produto, ou com aporte de nitrogênio líquido (ARTÉS-HERNÁNDEZ; ARTÉS, 2005).

3.9 Armazenamento e distribuição

O uso de temperatura baixa é imprescindível para a diminuição do elevado metabolismo que apresentam as hortaliças minimamente processadas, decorrente das operações a que foram submetidas. Os produtos devem ser armazenados em condições refrigeradas, com temperatura entre 0 e 5°C, que devem ser mantida durante o armazenamento, transporte, distribuição e comercialização. Para isso, é necessário que as embalagens sejam transportadas em caminhões refrigerados (Figura 13) e que os produtos sejam comercializados dentro de gôndolas refrigeradas (Figura 14).



Carlos Inestroza-Lizardo

Figura 13 - Caminhão refrigerado utilizado para o transporte de hortaliças minimamente processadas



Carlos Inestroza-Lizardo

Figura 14 - Comercialização de hortaliças minimamente processadas em gôndolas refrigeradas

As baixas temperaturas diminuem o crescimento de uma ampla variedade de microrganismos patogênicos e deterioradores, e ajudam na diminuição do escurecimento enzimático. Contrariamente, temperaturas mais elevadas aceleram o metabolismo dos produtos, reduzindo a sua vida útil. Além disso, as mudanças na temperatura podem promover modificações severas e prejudiciais na atmosfera interna da embalagem, ocasionando a fermentação, o que limitaria drasticamente a viabilidade comercial dos produtos.

4 OS ASPECTOS SANITÁRIOS SÃO FUNDAMENTAIS PARA A ELABORAÇÃO DE PRODUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS

Durante as etapas de produção, colheita e transporte, os produtos vegetais ficam expostos à contaminação por diferentes microrganismos. A contaminação superficial varia em tipo e número, dependendo das condições de manejo em cada fase e pode atingir valores elevados de até 10^9 UFC g⁻¹ (unidades formadoras de colônias por grama de produto) (GARG et al., 1990; GARMENDIA; VERO, 2006). A remoção pode ser fácil quanto os microrganismos estão apenas associados às sujidades aderidas na superfície do produto (terra, restos florais e foliares). Porém, alguns microrganismos se aglomeram formando biofilmes ou, ainda, ocupando aberturas naturais ou injúrias das hortaliças. Nesse caso, sua remoção se torna mais difícil (GARMENDIA; VERO, 2006; VELÁZQUEZ et al., 2009). A microflora característica dos produtos vegetais persiste após a colheita e pode até mesmo manter-se após o processamento mínimo, se a carga inicial for muito alta ou ainda se as etapas de higienização não forem realizadas corretamente.

Basicamente dois grupos de microrganismos estão presentes em PMP: os deteriorantes, que deterioram e degradam os alimentos, e os causadores de doenças nas pessoas, também chamados de patogênicos. Os deteriorantes podem ser bactérias, bolores e leveduras, sendo os dois últimos grupos os de maior importância. São eles que limitam a vida útil dos PMP. Entre os microrganismos patogênicos estão os vírus e, principalmente, as bactérias. Neste grupo pode-se citar *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, cuja presença pode causar intoxicações e infecções alimentares e, nos casos mais graves, ocasionar até a morte.

A qualidade final dos PMP depende significativamente da qualidade da matéria prima considerando que, na etapa de lavagem e sanitização, só ocorre diminuição da carga microbiana inicial até determinados valores (BEUCHAT, 1996). Consequentemente, é fundamental que a matéria prima inicial possua boa qualidade, ou seja, não apresente sujidades superficiais, esteja íntegra (sem ferimentos, rachaduras, ataques de pragas, amassados, partes em decomposição) e possua as características esperadas do produto. Adotar medidas preventivas em todas as etapas que antecedam o processamento é primordial, e isso auxilia na redução da contaminação microbiana. Se tais cuidados forem tomados, após a lavagem e sanitização, poderá ser alcançada a máxima vida útil dos produtos e, principalmente, ser garantida a segurança dos consumidores.

Uma ferramenta disponível para o setor produtivo são as Boas Práticas Agrícolas (BPA), que são um conjunto de práticas aplicadas no campo, a fim de garantir o fornecimento de alimentos seguros, entre outros aspectos (MORETTI, 2007). Algumas recomendações que direta e indiretamente reduzem a carga microbiana das hortaliças que serão destinadas ao processamento mínimo (descritas no manual de BPA) são relatadas abaixo.

A redução da carga microbiana pode estar associada à escolha do local de cultivo. Devem ser escolhidos locais afastados de potenciais fontes de contaminação. Durante a produção, o uso de coberturas nos canteiros (*mulching*) evita o contato direto da planta com o solo e, assim, auxilia na redução de sujidades aderidas à superfície do produto. Na etapa de crescimento da cultura destacam-se controlar e garantir a qualidade da água, a qual deve estar dentro dos parâmetros adequados para sua finalidade, de acordo com a legislação. Destaca-se ainda a prática de fertilização,

especialmente quando são empregados adubos orgânicos, que devem sofrer compostagem antes de serem utilizados; e a higienização das ferramentas e utensílios, que deve ser realizada através de estabelecimento de protocolos de limpeza e sanitização.

Também são incluídas ações vinculadas com a higiene e saúde dos trabalhadores, onde se incluem os processos de educação e conscientização, mostrando que eles podem ser veículo de contaminação no campo e durante o manuseio da matéria-prima; assim como o fornecimento de instalações sanitárias adequadas (banheiros, lava mãos, etc), entre outras medidas. Finalmente, se inclui o estabelecimento de protocolos de limpeza e sanitização dos veículos de transporte da matéria-prima até a planta de processamento (ALVARENGA et al., 2006; ALVARENGA; TOLEDO, 2011).

Durante o processamento dos PMP, o elevado manuseamento nas etapas pode resultar em um alto risco de contaminação. Isso porque, as características de preparo desses produtos (descascados e cortados), geram exposição de superfícies e liberação de líquidos celulares, favorecendo o crescimento de microrganismos. Adicionado a isso, as condições das instalações onde o processamento é feito, a qualidade e as características dos insumos utilizados no processo também constituem fatores que podem representar um risco de contaminação microbiológica (CAPOZZI et al., 2009; LETHO et al., 2011).

O controle da contaminação nesta fase é conseguido através da implementação de Boas Práticas de Fabricação (BPF), que incluem todas as ações tomadas para garantir a segurança e qualidade da matéria-prima, da unidade de processamento (plantas de processamento e arredores) e do próprio processo. Com a sua implementação é possível

minimizar, reduzir ou eliminar riscos microbiológicos (CENCI et al., 2006; ALVARENGA; TOLEDO, 2011).

No que diz respeito à matéria-prima, as BPF consideram aspectos como o monitoramento do fornecedor, da qualidade microbiológica e recomendações para o armazenamento. Em relação à unidade de processamento, deve-se garantir as condições higiênico-sanitárias adequadas, a qual se inicia com o desenho da planta, conferindo um fluxo do processo contínuo, sem que haja contaminação cruzada (cruzamento de matéria-prima com o produto acabado). Além disso, a escolha correta dos materiais para a sua construção, os quais devem ser de fácil limpeza e sanitização e o desenho deve permitir entre outros aspectos, a eliminação da água e a manutenção da temperatura e umidade requeridas para a elaboração e conservação do produto. Enquanto ao processo propriamente dito, inclui-se a implementação de protocolos de monitoramento da qualidade da água, manejo de sanitizantes e outros aditivos, monitoramento de pragas e roedores e manejo de resíduos (CENCI et al., 2006; PEREIRA et al., 2013).

Tanto as BPA como as BPF são pré-requisitos para a implementação do sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), o qual também pode ser implementado nas indústrias.

Cada etapa da produção de PMP deve ser atenciosamente estudada pela empresa antes da elaboração do produto. Abaixo serão descritas as principais etapas e os cuidados que se deve ter para alcançar um produto com a menor carga microbiana possível.

As operações de lavagem e sanitização são normalmente realizadas simultaneamente permitindo a limpeza, a redução da carga microbiológica, a remoção de fluídos celulares, a prevenção da contaminação cruzada e a

diminuição do metabolismo do produto, quando a temperatura da água é baixa ($\pm 5^{\circ}\text{C}$). Dentro do processo de produção constitui um dos pontos críticos, uma vez que se deve garantir por meio dessa etapa a segurança dos produtos e dos consumidores.

Existem vários métodos para reduzir o número de microrganismos presentes na superfície dos produtos vegetais a níveis seguros baseados em processos físicos e/ou químicos e mesmo em combinações de ambos (GARMENDIA; VERO, 2006; ARTÉS et al., 2009).

4.1 Sanitizantes químicos

Entre os métodos químicos, os derivados do cloro como o hipoclorito de sódio (NaClO) e oxicloreto de cálcio ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) são os mais utilizados nas indústrias de alimentos em geral, visto que são eficientes e de baixo custo (ARTÉS et al., 2009). Os sanitizantes químicos são geralmente aplicados em solução aquosa, mas existem alguns exemplos de produtos gasosos, como o ozônio (O_3).

Os principais agentes químicos empregados no processo de elaboração de produtos MP se apresentam na Tabela 1.

Ao decidir empregar um método de sanitização químico se deve levar em conta uma série de fatores, como a qualidade da água empregada (características químicas e qualidade microbiológica), a quantidade necessária para garantir a eficácia do processo, assim como as características do produto a ser usado considerando aspectos como pH ótimo de ação, reação com a matéria orgânica e dose autorizada (IZUMI, 1999; GARMENDIA; VERO, 2006). Todos os produtos químicos utilizados para lavagem e sanitização de PMP devem ser autorizados para esse fim e utilizados nas concentrações recomendadas. As

informações disponibilizadas pelos fabricantes dos produtos sanitizantes devem ser seguidas para que a eficácia da aplicação seja garantida. Assim, o tempo de ação e a quantidade do sanitizante poderão variar de acordo com a marca e tipo de produto.

Tabela 1 - Principais sanitizantes químicos utilizados em produtos MP

Produto	Concentração	pH
Hipoclorito de sódio e oxicleto de cálcio	100 - 200 ppm	6 - 7
Dióxido de cloro	3 ppm	8 - 10
Clorito sódico acidificado	500 - 1200 ppm	2,5 - 3
Ozônio	0,3 ppm (mínimo)	-
Ácido peracético	80 ppm	Maior que 7,5
Água eletrolisada ácida	10 - 90 ppm (cloro livre)	2 - 4,5
Água eletrolisada neutra	50 - 120 ppm (cloro livre)	7,5 - 8,5

Fonte: Krasaekoopt e Bhandari (2011)

No que se refere à água deve ser levado em consideração o pH e a dureza, determinada pela presença de sais de cálcio e de magnésio. O pH deve ser neutro ou um pouco alcalino (pH entre 7 e 8,3) para preservar os equipamentos, e melhorar a eficiência dos agentes de limpeza e sanitização. Se a água for classificada como dura deve-se fazer um tratamento de redução da dureza antes da sua utilização, já que a dureza prejudica os equipamentos pela formação de incrustações, as quais também podem ser corrosivas (ANDRADE et al., 2007).

A qualidade microbiológica da água é outro fator importante a ser considerado, já que ela é usada como um veículo para a maioria dos sanitizantes químicos e se não for de boa qualidade, pode ser fonte de contaminação primária dentro da planta de processamento. A água fornecida pelas empresas de saneamento das cidades é considerada potável e, atendendo aos níveis estabelecidos pelos padrões microbiológicos para a água potável, é considerada “segura e limpa”. Em casos onde haja recirculação, este ponto se torna mais importante e deve ser monitorado periodicamente (BASTOS; ALVES, 2007; ANDRADE et al., 2007).

A implementação de Boas Práticas de Fabricação (BPF) auxilia significativamente no controle da qualidade da água, já que a análise microbiológica periódica, a troca de água regularmente, a manutenção das superfícies que entram em contato com água limpas, entre outros, encontram-se nas premissas da BPF (BASTOS; ALVES, 2007).

Para aumentar a eficiência do sanitizante é necessário assegurar o contato da hortaliça com o produto. Por isso se recomenda que a água esteja em contínua agitação, o que é conseguido através da injeção de ar através de bicos de injeção ou por tambores rotativos (Figura 15). Assim, a eliminação dos microrganismos aderidos à superfície é facilitada (GARMENDIA; VERO, 2006).

A concentração é um dos principais pontos a serem considerados, pelo fato de ser afetada de maneira direta por outros fatores que determinam sua variação. Também, deve ser levado em consideração que a concentração recomendada dependerá da marca e do tipo de sanitizante selecionado (LEÓN et al., 2003; CASTRO, 2003).

A presença de matéria orgânica também deve ser monitorada, já que influencia a efetividade de muitos

sanitizantes de uso comum, especialmente os hipocloritos. Deve-se estabelecer também um limite para o uso da água. Em casos de hortaliças que liberam muitos pigmentos na água de sanitização, esta não deverá ser utilizada mais que duas vezes. Em casos de hortaliças que não liberam pigmentos na água, poderá ser utilizada por até três vezes. Em sistemas com recirculação da água, a matéria orgânica deverá ser monitorada e reduzida quando necessário.



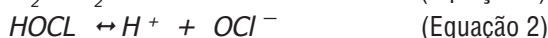
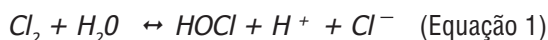
Ana Cecília Silveira

Figura 15 - Lavagem de hortaliça folhosa com sistema de tambor rotativo

O tempo de exposição ao sanitizante determinará também a efetividade do processo de sanitização, visto estar diretamente relacionado com a capacidade de eliminação dos microrganismos por parte de agente sanitizante. Quanto maior o tempo de exposição, maior capacidade de eliminação, entretanto, isso também aumenta o risco de gerar injúrias nos produtos vegetais, já que a maioria dos sanitizantes possui alto poder oxidante (LEÓN et al., 2003; CASTRO, 2003).

4.1.1 Derivados de cloro

Tanto o cloro, os hipocloritos, quanto como as cloraminas orgânicas funcionam como sanitizantes, embora o composto mais utilizado seja o hipoclorito de sódio (NaClO). Quando o NaClO está em solução aquosa é formado o ácido hipocloroso (HOCl) e ácido clorídrico (HCl), estabelecendo um equilíbrio entre os dois (Equação 1). Ao mesmo tempo, o HOCl encontrasse em equilíbrio com sua forma dissociada, os íons H^+ e hipoclorito (OCl^-), tal como se mostra na Equação 2 (GARMENDIA; VERO, 2006; ARTÉS et al., 2009).



A forma ativa frente aos microrganismos é o HOCl, portanto é necessário que o equilíbrio apresentado na equação 2 seja deslocado para a formação de HOCl. Isto é possível através da manipulação do pH. Em valores de pH baixos, o equilíbrio é deslocado à formação de HOCl. A formação de HOCl em pH 6,0 e 8,0 são de 97% e 22%, respectivamente (Tabela 2). Por outro lado, se o pH é baixo, há formação de cloro gasoso liberado ao ambiente, o que pode causar intoxicações nos manipuladores. Para atingir alta estabilidade e eficiência o pH deve ser mantido em torno de 6,0 (SUSLOW, 1997; GERMANDIA; VERO, 2006). Sendo assim, o pH deve ser continuamente monitorado para garantir que o processo de sanitização seja efetivo, através de um peagâmetro ou potenciômetro. Também podem ser empregadas fitas indicadoras de pH, mas nesse caso, os valores obtidos são menos precisos e subjetivos ao olhar do manipulador.

Tabela 2 - Valores de pH da água e proporção de produção de HOCl e OCl⁻

pH da água	% HOCl (aproximado)	% OCl ⁻ (aproximado)
3,5	90	Traços
4	95	Traços
4,5	100	Traços
5	100	Traços
5,5	100	Traços
6	98	2
6,5	95	5
7	78	22
7,5	50	50
8	22	78
8,5	15	85
9	4	96
9,5	2	98
10	Traços	100

Fonte: Suslow (1997)

O preparo de soluções para sanitização é realizado a partir de soluções comerciais de hipoclorito de sódio que podem conter diferentes concentrações de cloro livre (5 a 20%). As concentrações empregadas para sanitizar produtos MP variam entre 100 e 200 mg L⁻¹ (SILVEIRA et al., 2008; ARTÉS et al., 2009).

O monitoramento da concentração pode ser feito através de medidores de cloro, que permitem determinar os níveis de cloro livre e total (Figura 16). Também podem ser usadas fitas reativas específicas para esta medição, mas não são tão eficientes. Não existe atualmente um instrumento que permita medir os níveis de HOCl e OCl⁻.



Ana Cecília Silveira

Figura 16 - Medidor de cloro

Indiretamente a efetividade do processo de sanitização pode-se avaliar a través da medição do potencial de óxido-redução (em inglês Oxidation Reduction Potential - ORP). O ORP é a medida da atividade oxidativa da água e é expressa em milivolts (mV). Este método é considerado mais preciso do que os anteriormente mencionados. Segundo trabalhos de Suslow (2004b), 650 mV é eficaz para a eliminação dos microrganismos (Tabela 3).

É importante salientar que o valor de ORP não está diretamente relacionado com a concentração já que determina a capacidade oxidativa da água e não a concentração do sanitizante.

Outro composto derivado de cloro é o dióxido de cloro (ClO_2) que também é um agente oxidante, mas com um poder de oxidação 2,5 vezes maior. Por ser menos dependente do pH e da matéria orgânica é mais eficiente em baixas concentrações (HAN et al., 2001; BEUCHAT et al., 2004; SILVEIRA et al., 2008, 2015). Outra vantagem sobre outros derivados de cloro é que o ClO_2 gera quantidade insignificante de subprodutos, como trihalometanos, e não formam cloraminas. Além disso, os fenóis são oxidados a formas mais simples, caracterizando-se assim como um

produto de baixo potencial carcinogênico. Apresenta também a vantagem de ser eficaz contra os microrganismos Gram-negativos e Gram-positivos e diminui a possibilidade da formação de sabores e odores estranhos (COSTILOW et al., 1984).

Tabela 3 - Valores de mV para diferentes microrganismos

Microrganismo	Tempo de sobrevivência em diferentes mV		
	< 485 mV	550-620 mV	> 665 mV
<i>E. coli</i> O157: H7	> 300 s	> 60 s	< 10 s
<i>Salmonella</i> spp.	> 300 s	> 300 s	< 20 s
<i>Listeria monocytogenes</i>	> 300 s	> 300 s	< 30 s
Coliformes			
termotolerantes	> 48 h	> 48 h	< 30 s

Fonte: Suslow (2004b)

Outras vantagens são a sua alta solubilidade em água fria (10 vezes a mais que o HOCl); baixa dependência do pH, tendo boa efetividade entre valores de 5 a 10; ser menos corrosivo do que o HOCl, e também se efetivo na remoção de microrganismos que formam biofilmes. Entre as suas desvantagens aparece a sua instabilidade, já que se decompõe em temperaturas acima de 30°C e quando exposto à luz (GARMENDIA; VERO, 2006).

4.1.2 Compostos ácidos

Os ácidos orgânicos geralmente presentes nos produtos vegetais (acético, láctico, propanóico, cítrico, málico) podem retardar e/ou inibir o crescimento dos microrganismos. Estes compostos são designados como de tipo GRAS (Generally Recognized as Safe, em inglês, ou

Geralmente Reconhecidos como Seguros) pela Food and Drug Administration (FDA). A sua efetividade é variável dependendo do tipo de ácido em questão. Em geral, o tempo de exposição necessário para alcançar reduções significativas varia entre 5 e 15 min. Este tempo tão longo determina que nem sempre seja possível a sua utilização. Além disso, não é possível empregá-los em todos os tipos de produtos já que podem ter um efeito negativo na qualidade sensorial de algumas hortaliças (ÖLMEZ; KRETZSCHMAR, 2009).

4.1.2.1 Ácido peracético

O ácido peracético ($C_2H_4O_3$) também chamado de peróxido de ácido acético ou ácido peroxiacético, tem uma vasta gama de ação, sendo ativo contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, além de fungos (Silveira et al., 2011; 2015). Seu efeito antimicrobiano deve-se a seu poder oxidante. É efetivo à baixa temperatura e pH entre 5 a 8. Não é praticamente afetado pela matéria orgânica e não forma compostos tóxicos ao se decompor. Quando é utilizado na concentração recomendada para PMP (80 mg L⁻¹) não precisa de enxágue o que implica em economia de água. Comercialmente pode ser obtido pela reação do ácido acético (CH_3COOH) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2).

4.1.2.2 Clorito sódico acidificado

É obtido ao reduzir o pH de uma solução de clorito sódico ($NaClO_2$) até valores de 2,5-3,0 empregando algum ácido tipo GRAS, principalmente o ácido cítrico. Pode ser aplicado por aspersão ou imersão (GARMENDIA; VERO, 2006; ARTÉS et al., 2009).

4.1.3 Compostos de oxigênio ativo

4.1.3.1 Peróxido de hidrogênio

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) apresenta atividade bacteriostática e bactericida baseada no seu poder oxidante e na sua capacidade de gerar compostos tóxicos aos microrganismos (SILVEIRA et al., 2008, 2015). Sua atividade esporicida e sua capacidade de dissociação rápida o tornam adequado para utilização como sanitizante de superfície. São empregadas concentrações de entre 2,5 e 5% em imersões entre 5 e 10 min (UKUKU et al., 2004; ARTÉS et al., 2009). No entanto, para atingir uma redução da carga microbiana significativa requer-se um tempo de contato prolongado, além de sua remoção através de enxágue (ÖLMEZ; KRETZSCHMAR, 2009).

A sua principal vantagem é o de não produzir resíduos tóxicos, descompondo-se em água e O_2 .

4.1.3.2 Água eletrolisada

A água eletrolisada é produzida pela hidrólise de uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl), por meio da aplicação de uma corrente elétrica através de dois eletrodos inertes que podem ou não estar separados por uma membrana, formando-se água eletrolisada ácida no anodo (pH 2,6) e básica no catodo (pH 11,4). Durante o processo de eletrólises são gerados íons e oxidantes inorgânicos responsáveis pela sua atividade antimicrobiana (KIM et al., 2000; ÖZER; DEMIRCI, 2006).

A água eletrolisada ácida é composta por HCl, HOCl, Cl_2 , OCl^- apresentando um alto ORP (1.000-1.200 mV) com um modo de ação similar aos derivados do cloro. A água eletrolisada básica é composta por íons hidroxila, que

podem reagir com o sódio e formar hidróxido de sódio (NaOH). Este atua como um detergente e apresenta um ORP negativo, entre -800 e -900 mV (IZUMI et al., 1999; BARI et al., 2003). Através da mistura de ambas é obtida água eletrolisada neutra que, por causa do seu pH neutro, não afeta a qualidade sensorial dos produtos tratados, sendo mais adequada (SILVEIRA et al., 2015).

4.1.3.3 Ozônio

O ozônio (O_3) é um gás extremadamente instável, incolor, de odor pungente, parcialmente solúvel em água, e que se destaca por seu elevado poder oxidante. Pode ser empregado em forma gasosa, mas é mais comum a sua utilização em solução aquosa onde apresenta uma vida média de 20-30 min em água destilada a 20°C. Após esse período, a concentração inicial é reduzida pela metade (SUSLOW, 2004a; SILVEIRA et al., 2010, 2015; BOTELHO DA SILVA et al., 2011; AGUAYO et al., 2014). Na prática este tempo pode ser menor, já que, como foi mencionada anteriormente, existem diversos fatores que podem interferir (pH, temperatura, matéria orgânica, etc). Porém, altas concentrações devem ser evitadas por serem prejudiciais aos manipuladores. De acordo com a Occupational Safety and Health Administration (OSHA), os valores máximos de exposição permitidos não devem ser superiores a 0,3 mg L⁻¹ por 15 min. Tempos ou concentrações maiores causam sequeidão na boca e garganta, tosse, dor de cabeça e tontura (BOTELHO DA SILVA et al., 2011).

O O_3 é obtido a partir do O_2 do ar empregando uma alta quantidade de energia (descarga elétrica, métodos fotoquímicos, térmico, radioquímico ou eletroquímico) para

quebrar a molécula de O_2 que reage com outras moléculas de O_2 formando o O_3 . A produção comercial é realizada pelo processo de descarga elétrica chamado “processo corona”. Devido à sua instabilidade, há necessidade de gerar O_3 *in situ*, ou seja, no local onde será utilizado, uma vez que quando exposto ao ar, o gás se decompõe rapidamente.

4.2 Métodos físicos de sanitização

4.2.1 Tratamentos térmicos

Os tratamentos térmicos moderados são considerados aqueles em que a temperatura empregada não é letal para os produtos vegetais, e podem retardar o crescimento e o desenvolvimento de microrganismos, incluindo a inibição da germinação de esporos (SILVEIRA et al., 2011).

Os tratamentos térmicos podem ser aplicados empregando água vapor ou ar quentes, sendo mais eficaz o uso de água pelo alto coeficiente de transferência de calor e alta capacidade calórica (Figura 17). A eficiência está diretamente relacionada à temperatura e ao tempo de exposição (SILVEIRA; ESCALONA, 2014).

As temperaturas empregadas variam entre 40-65°C e os tempos de exposição dependem do tipo de tratamento. No caso de imersão em água quente, os tempos de exposição são em média de entre 1 e 3 minutos. Para a exposição ao ar quente, os tempos tendem a serem maiores (SILVEIRA et al., 2015). O grande limitante na implementação dos tratamentos térmicos é, sem dúvidas, o custo energético.



Encarna Aguayo

Figura 17 - Tratamento com água quente em melancias antes e depois de serem processadas

4.2.2 Radiação UV-C

A radiação UV é a compreendida entre 200 e 400 nm e inclui tanto a radiação do tipo UV-C (200-280 nm), UV-B (280-320 nm) e UV-A (320-400 nm). A radiação UV-C é uma forma de radiação não ionizante, com baixa capacidade de penetração, sendo então o seu efeito na superfície do produto. Dado seu efeito germicida e o fato de não deixar resíduos, a UV-C vem sendo cada vez mais utilizada para a sanitização de PMP (SHAMA; ALDERSON, 2005; SILVEIRA; ESCALONA, 2014; SILVEIRA et al., 2015).

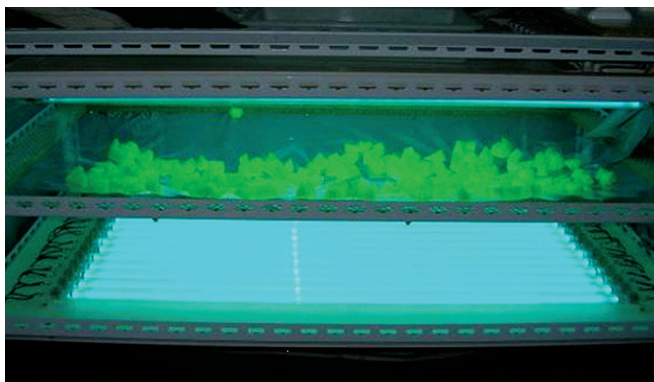
A intensidade da radiação é expressa por watts por metro quadrado ($W m^2$) e a dose está em função da intensidade (I) e o tempo de exposição, sendo os valores de I expressos como Joules por metro quadrado ($J m^2$) (BINTIS et al., 2000). Também pode ser expresso em $kJ m^2$, onde $1 kJ m^2 = 1000 J m^2$.

Para sua aplicação se utilizam lâmpadas de vapor de mercúrio ou de xênon que apresentam um valor de I determinado, sendo que a variação da dose se dá por meio do tempo

de exposição (Figura 18). Em PMP, os valores estão entre 0,12 até 25 kJ m². A dose pode ser medida através do radiômetro, que não é um equipamento muito custoso e de fácil manejo.

Durante os tratamentos devem ser tomadas providências para evitar a exposição dos manipuladores, já que pode levar a queimaduras na pele e nos olhos.

Entre as vantagens da sua utilização está o fato de que é um tratamento rápido e de fácil implementação, além de não aumentar a temperatura do produto, nem diminuir o conteúdo de umidade. É uma tecnologia de baixo custo de manutenção e pode ser aplicada em combinação com outras. No entanto, é de considerar que sua eficiência depende da incidência lograda nos produtos tratados (INESTROZA-LIZARDO; ESCALONA, 2015).



Ana Cecília Silveira

Figura 18 - Bancada para aplicação de radiação UV-C, com lâmpadas na parte superior e inferior

4.3 Métodos combinação de sanitização

Tanto os tratamentos químicos quanto os físicos empregados para a sanitização dos PMP tem um alcance limitado em relação à eliminação dos microrganismos, já

que os produtos vegetais estão vivos e, portanto, não admitem tratamentos severos.

A fim de garantir a vida útil e a segurança dos consumidores muitas vezes é necessário o emprego de vários tratamentos que atuam de maneira sinérgica. A aplicação de distintos métodos de preservação é conhecida como tecnologias de barreiras e envolve a utilização de técnicas de conservação diferentes, como por exemplo, a utilização de produtos químicos, tratamentos físicos (tratamentos térmicos, radiação UV-C), o armazenamento em condições de atmosfera modificada e o emprego da refrigeração.

A embalagem é considerada obrigatória nos produtos minimamente processados, pois eles não são encontrados a granel, dada as suas características de preparo e segurança alimentar. Existe uma infinidade de embalagens que podem ser usadas nestes produtos, desde as mais simples como bandejas de poliestireno (“isopor”) envoltas por filmes de PVC até as embalagens inteligentes, que interagem com o produto e ampliam significativamente sua vida útil.

5.1 Embalagem em atmosfera modificada

A técnica de embalagem em atmosfera modificada (AM) é um processo tecnológico usado com êxito para a conservação de muitos tipos de produtos vegetais, tanto inteiros quanto minimamente processados (Figura 19). Consiste em substituir a atmosfera normal (78 % de N_2 , 21 % de O_2 e 0,03 % de CO_2) por uma mistura de gases de composição conhecida é otimizada para cada produto. Inclui a utilização de filmes poliméricos com permeabilidade seletiva ao O_2 , CO_2 , etileno (C_2H_4), N_2 e vapor de água (ARTÉS et al., 2006).

A modificação gerada dentro da embalagem resulta da interação de três processos: a respiração do produto, a difusão dos gases através da embalagem e a permeabilidade do filme (LEON et al., 1996; BEAUDRY, 2000). Isto determina uma atmosfera final com alto teor CO_2 e baixo de O_2 o que leva à redução da respiração aeróbica. Além dos efeitos sobre a respiração dos produtos, a AM tem um efeito adicional, inibindo ou retardando o crescimento dos microrganismos patogênicos e deteriorantes presentes, a partir da diminuição da concentração de O_2 e da aplicação de níveis

elevados de CO₂, que possui efeito inibidor do crescimento bacteriano. Além disso, limita a ocorrência de reações do tipo oxidativas, como o escurecimento enzimático.



Ana Cecília Silveira

Figura 19 - Exemplo de aplicação de AM em diferentes produtos MP

A AM pode ser conseguida ao través de mecanismos ativos ou passivos. As modificações passivas são consequência da respiração e da permeabilidade seletiva dos filmes que determinam aumentos dos níveis de CO_2 e redução dos níveis de O_2 até atingir a atmosfera de equilíbrio. Já a modificação ativa é obtida pela adição ou remoção de uma mistura de gases após o fechamento da embalagem. A modificação ativa envolve duas técnicas diferentes: gás *flushing* e vácuo compensado.

Na técnica de gás *flushing*, o gás é introduzido continuamente na embalagem, alterando a composição gasosa inicial até alcançar determinados níveis, momento em que a embalagem é selada. Na técnica de vácuo compensado ocorre à remoção total do ar e logo depois o vácuo é rompido pela adição da mistura de gases apropriada. Em seguida a embalagem é selada com calor (ROBERTSON, 2006; SANTOS-MANTILLA et al., 2010). A vantagem deste último método é a maior eficiência na remoção do O_2 a níveis residuais menores que 1% (SMITH et al., 1990; SANTOS-MANTILLA et al., 2010).

A razão entre volume de gases utilizado e produto deve ser de 2:1 ou 3:1, para evitar que ocorra o colapso da embalagem, em razão da grande solubilidade do CO_2 nos alimentos com maior teor de umidade.

Na Figura 20 se apresentam diferentes máquinas usadas para a embalagem em AM de produtos MP.



Ana Cecília Silveira

Figura 20 - Diferentes tipos de máquinas para a embalagem de produtos MP

5.2 Exemplos de aplicação de AM convencionais

O efeito positivo da AM tem sido reportado em diferentes trabalhos. Por exemplo, a AM que com níveis de O_2 de 2-6% e de CO_2 de 7-15% foram eficientes para manter a qualidade de melões MP, reduzindo o crescimento microbiano e o amolecimento dos tecidos (AGUAYO et al., 2007; OMS-OLIU et al., 2007; SILVEIRA et al., 2008).

Para a manutenção da qualidade em alface e outros vegetais de folha MP, as concentrações de O_2 indicadas são de 1 a 8% O_2 , e as de CO_2 de 10 a 20% (LÓPEZ-GÁLVEZ et al., 1996; ALLENDE et al., 2004; ESCALONA et al., 2006).

Segundo a bibliografia o tomate MP foi mantido por 10 dias a 2°C usando 7,5% de O_2 e 0% de CO_2 (ARTÉS et al., 1999). Em outro caso o tomate foi conservado a 5°C durante

14 dias em AM com 3% de O₂ e 4% de CO₂ (AGUAYO et al., 2004). De acordo com Odriozola-Serrano et al. (2008) 5% de O₂ e 5% de CO₂ permitiram manter o tomate PM durante 21 dias a 4°C.

Na Tabela 4 se apresentam os resultados de diferentes trabalhos desenvolvidos no Centro de Estudios Poscosecha (Universidad de Chile) de validação das concentrações ótimas de O₂ e CO₂ para diferentes produtos MP.

Tabela 4 - Valores de respiração e concentração de gases de alguns produtos MP

Produto	Tipo de corte	Respiração (mg CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	O ₂ %	CO ₂ %
Rúcula	Folhas	15-25	2-5	10-15
Brotos de alfalfa	Brotos	30-40	4-6	5-10
Agrião	Folhas	30-50	3-5	5-10

Fonte: dados experimentais obtidos no Centro de Estudios Poscosecha (CEPOC, Universidad de Chile)

5.3 AM não convencionais

Embora a técnica de AM envolva, principalmente, o manejo do O₂, CO₂ e N₂, também podem ser utilizados gases nobres como o argônio (Ar), hélio (He), ou xenônio (Xe) (ARTÉS et al., 2009). Existem ainda outros gases que são aplicados de uma forma restrita, em razão da legislação, as dificuldades na sua manipulação ou apenas aplicados em nível experimental como o ozônio (O₃), óxido nitroso (N₂O) ou O₂ superatmosférico entre outros. A pesar da extremamente limitada capacidade dos gases nobres a serem combinados com outros átomos, vários estudos demonstraram que eles exercem um efeito sobre a

atividade metabólica de diversos produtos vegetais por meio de mecanismos ainda desconhecidos. Por exemplo, o Ar, quando adicionado a AM, reduz o crescimento microbiano e melhoram a conservação de produtos frescos, tais como brócolos, alface e rúcula (JAMIE; SALTVEIT, 2002; CHAR et al., 2012, SILVEIRA et al., 2014).

O Ar é bioquimicamente ativo devido à sua solubilidade aumentada em água em comparação com azoto (N_2), que é considerado inerte, e também é capaz de interferir nos receptores de O_2 evitando as reações enzimáticas (SPENCER, 1995).

Da mesma forma, as atmosferas enriquecidas com He aumentam a difusão de O_2 , ou diminuem o gradiente de concentração entre o interior e exterior da célula, o que mantém concentrações de O_2 ultrabaixas, mas sem risco de fermentação (DAY, 1996).

O N_2O é um gás amplamente utilizado em medicina e tem uma estrutura química semelhante à do CO_2 , proporcionando propriedades físicas vantajosas, tais como uma elevada solubilidade (GOUBLE et al., 1995). O gás inibe parcialmente a respiração afetando a atividade da citocromo *c* oxidase nas mitocôndrias, o que diminui o metabolismo do produto e aumenta a vida útil (SOWA; TOWILL, 1991).

Outra alternativa é a utilização de atmosfera com altos níveis de O_2 . Exposição a níveis elevados de O_2 pode estimular, não ter efeito ou retardar a atividade metabólica dos produtos vegetais (KADER; BEN-YEHOSHUA, 2000). O efeito benéfico das AM com altos níveis de O_2 estaria baseado na prevenção das reações de fermentação anaeróbica, inibição das reações enzimáticas implicadas nas mudanças de cor e, principalmente na redução do crescimento microbiano (DAY, 1996).

Altas concentrações de O_2 têm sido eficazes na conservação de cenouras minimamente processadas, possibilitando a manutenção do seu frescor e diminuindo a microbiota durante o armazenamento prolongado (AMANATIDOU et al., 2000). Por outro lado, tem sido observados efeitos não desejáveis com o uso dessa técnica, como aumentos na produção de C_2H_4 e aparecimento de desordens fisiológicas a ele associadas, como *russet spotting* em alface (KADER; BEN-YEHOSHUA, 2000).

A principal desvantagem do uso de alto O_2 em escala industrial é que concentrações superiores a 25% são explosivas, o que exige ter precauções especiais.

5.4 Desenvolvimento de embalagens de AM

No momento de desenvolver uma embalagem de AM devem ser levadas em consideração as características da própria embalagem, tais como tipo de filme, espessura e área; as características do produto, como respiração e massa; e os parâmetros ambientais, como temperatura e umidade (BEAUDRY, 2000).

A temperatura é um fator crítico já que modifica a intensidade respiratória e a permeabilidade dos filmes, alterando a proporção dos gases no interior da embalagem. Essencialmente, a técnica de embalagem em AM é sempre aplicada como adjuvante da refrigeração (ARTÉS, 2006).

Os filmes plásticos empregados podem ser de dois tipos: laminados ou coextrusados. Ambos têm vantagens e desvantagens. No caso dos laminados ou filmes multicamada é possível um melhor controle da taxa de transmissão de O_2 além de permitirem uma melhor impressão. Os filmes coextrusados são aqueles em que durante a fabricação dois ou mais polímeros são extrusados

simultaneamente e unidos conjuntamente para formar uma estrutura única com múltiplas camadas (DÍAZ et al., 2001).

Apesar de existirem muitos filmes plásticos disponíveis, devido às suas características de permeabilidade ao O_2 e CO_2 , relativamente poucos têm sido utilizados para o estabelecimento das AM em produtos frescos. Tipicamente, as concentrações de O_2 devem ser reduzidas de 21% para concentrações não inferiores a 0,5-1,5% (ponto de compensação) para prevenir a ocorrência de metabolismo anaeróbico, e no caso do CO_2 aumentadas de 0,03% até 15 a 20% (ARTÉS, 2006). A maioria dos materiais de embalagem que possuam características de permeabilidade adequada para gases têm muito baixa permeabilidade ao vapor de água. Este pode ser um fator limitante, uma vez que é necessário atingir uma UR muito alta (e'' 95%).

Além disso, os filmes a serem usados devem contemplar as seguintes propriedades físicas essenciais: baixa transmissão de vapor de água, resistência mecânica aos esforços sofridos durante o manejo, e alta capacidade de proporcionar a integridade da vedação que assegure a retenção do gás até que seja aberto pelo consumidor.

Entre os filmes comumente empregados incluem-se: policloreto de vinila, polipropileno, poliestireno, poliamida (nylon) e o polietileno. As suas propriedades de barreiras dependem da espessura. O polietileno de baixa densidade (PEBD) é muito utilizado por causa da sua permeabilidade moderadamente baixa para o vapor de água, mas alta para o O_2 . O polipropileno (PP), quimicamente similar ao polietileno, proporciona maior barreira aos gases e ao vapor de água do que o polietileno.

De maneira geral, os polímeros usados para fabricar as embalagens têm uma permeabilidade ao CO_2 de geralmente 3 a 5 vezes maior que ao O_2 (Tabela 5).

Certamente a escolha da embalagem torna-se mais complicada quando se pretende embalar produtos com diferentes taxas de respiração. Neste caso a solução adotada pela maioria dos produtores passa pelo estudo das taxas de respiração de cada produto, individualmente, tentando depois agrupar os que possuem um comportamento semelhante (BRANDENBURG; ZAGORY, 2009).

Tabela 5 - Permeabilidade de diferentes polímeros plásticos. Os valores correspondem a um filme de 25 µm à pressão atmosférica e temperatura de 0°C

Material	Permeabilidade (P)			
	O ₂ (mL m ⁻² dia ⁻¹)	CO ₂ (mL m ⁻² dia ⁻¹)	Vapor de H ₂ O (g m ⁻² dia ⁻¹)	PCO ₂ /PO ₂
Poliétileno de baixa densidade (PEBD)	6.000 - 7.920	30.000 - 40.800	14,4 - 19,2	5,0 - 5,2
Poliétileno de alta densidade (PEAD)	480 - 1.920	6.960 - 7.920	4,8 - 6,0	4,1 - 14,5
Polipropileno	1.920	7.920 - 12.000	7,2 - 9,6	4,1 - 6,3
Copolímero acetato de vinila (EVA)	9.000 - 12.000	Sem dados	19,2 - 48,0	Sem dados
Policloreto de vinila (PVC)	192 - 960	3.000 - 6.000	24 - 48	6,3 - 15,6
Poliestireno	4.560 - 5.040	12.960	139,2 - 148,8	2,8 - 2,6
Nylon 6	48 - 144	144 - 288	240	2,0 - 3,0
Nylon 11	280 - 480	1920	60 - 96	4,0 - 6,9
Polícarbonato	1.440 - 4.080	Sem dados	96	Sem dados
Acetato de celulose	1.920 - 3.000	9.600 - 48.000	1.440	5,0 - 16,0
Celulose regenerada	9,6 - 12	48 - 60	9,6 - 12,0	5,0

Fonte: adaptada de Reid e Serek (1999)

No caso de produtos com elevada atividade respiratória podem ser utilizados filmes microperfurados que são aqueles com perfurações entre 40 e 200 μm de diâmetro para manter elevados níveis de CO_2 e de vapor de água, permitindo que os níveis moderados de O_2 .

5.5 Novos conceitos em embalagens

Atualmente, existem dois conceitos inovadores na área de desenvolvimento em embalagens: as chamadas embalagens ativas e as embalagens inteligentes. O desenvolvimento deste tipo de embalagem é decorrente da preocupação contínua da indústria para aumentar a vida útil dos produtos, e da demanda do consumidor pela melhora da informação sobre a segurança e qualidade dos produtos que consomem.

As embalagens ativas são definidas como aquelas que mudam as condições do ambiente que cerca o alimento a fim de prolongar a sua vida útil e manter as propriedades sensoriais e de segurança alimentar (VERMEIREN et al., 1999). Já as embalagens inteligentes constituem um sistema que monitora as condições do alimento, fornecendo informações sobre sua qualidade durante o transporte, armazenamento ou comercialização (KRUIJF et al., 2002).

Ao contrário das embalagens tradicionais, que são completamente inertes, as embalagens ativas são projetadas para interagir ativa e continuamente com o seu conteúdo. Incluem sistemas eliminadores de oxigênio, absorvedores de etileno, emissores ou absorvedores de gás carbônico, absorvedores de umidade, sistemas liberadores ou absorvedores de odores, entre outros. Também existem embalagens que podem liberar produtos químicos como conservantes e antioxidantes.

As embalagens inteligentes são capazes de monitorar as condições do produto embalado e comunicar sua qualidade durante o transporte e armazenamento. Exemplos típicos de embalagens inteligentes são os indicadores de tempo/temperatura, indicadores de vazamento de gases (aplicado, normalmente em embalagens de atmosfera modificada) e sensores de crescimento microbiológico (CUQ, 1995).

Nos últimos tempos a crescente preocupação ambiental tem levado a obtenção de embalagens biodegradáveis a partir de recursos renováveis com propriedades termoplásticas, capazes de ser metabolizados por microrganismos como bactérias, leveduras e fungos, e que possam substituir as embalagens originadas de derivados de petróleo (GLENN et al., 2001; LAROTONDA et al., 2002).

Entre os insumos que podem ser utilizados para a fabricação deste tipo de embalagens, os de origem agrícola são os mais utilizados pelo fato de serem baratos e previr de uma fonte renovável. Dentre os produtos de este segmento o amido recebe especial atenção pela sua capacidade de formar filmes e espumas quando gelatinizado e seco (GLENN; IRVING, 1995; FANG; HANNA, 2001).

5.6 Revestimentos comestíveis

Os revestimentos ou coberturas comestíveis (RC), também chamados de coberturas comestíveis, constituem uma das mais recentes alternativas para auxiliar na conservação dos produtos MP. Baseiam-se na aplicação de uma fina camada na superfície de um produto alimentar, gerando uma barreira semipermeável para o O_2 e CO_2 ,

vapor de água, e compostos voláteis, reduzindo assim respiração e alteração da aparência ou reduzir a desidratação (BALDWIN et al., 1996).

Geralmente são aplicadas na forma líquida a través da imersão em uma solução formada por uma matriz estrutural (FALGUERA et al., 2011). Entre os materiais empregados para o desenvolvimento dos RC aparecem proteínas (soro de leite, soja, zeína de milho, albumina de ovo, colágeno e proteína de trigo), polissacarídeos (celulose, hidroxipropilmetilcelulose, alginato, quitosana, carragenina, pectina, amido, gomas), lipídios (monoglicérides, diacilglicérides, triglicéridos, e óleos comestíveis de girassol, milho e soja), ceras naturais (de abelha, carnaúba e candelila) entre outros que podem ser utilizados de maneira individual ou combinados.

Em produtos MP, um dos RC mais utilizados é em base a quitosana, um polissacarídeo, obtido a partir de resíduos da indústria do marisco com atividade antimicrobiana. A aplicação de quitosana (0,5-2%) foi avaliada em cenoura e brócolis MP com resultados positivos (DURANGO et al., 2006; MOREIRA et al., 2011).

Os RC podem servir de matriz para a aplicação de compostos que apresentam atividade antimicrobiana como, por exemplo, óleos essenciais (erva cidreira, óleo de orégano, vanilina, canela, alecrim, bergamota, etc.) permitindo um aumento da vida de útil do produto (XIAO et al., 2010).

6 HÁ LEGISLAÇÃO PARA OS PRODUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS ?

A legislação regulamenta e normatiza as atividades da cadeia alimentar e tem como objetivos proteger a saúde do consumidor, uniformizar elementos qualitativos que quantitativos do produto, minimizar divergências entre produtores e consumidores e direcionar as ações dos órgãos fiscalizadores. Elas estão em constate atualização, se adequando às condições e à realidade. Dessa forma, o responsável técnico da empresa de processamento mínimo deve se manter atualizado para que todas as prerrogativas sejam cumpridas e, assim, não haja implicações negativas para a empresa. Atos normativos de vigência federal são soberanos, seguidos dos estaduais e dos municipais. A legislação municipal comumente complementa ou especifica alguns itens ou artigos de uma legislação superior, não podendo ir contra o que é preconizado pela legislação estadual e federal. Da mesma forma, a legislação estadual não deve ferir a legislação federal.

As diretrizes podem ser de dois tipos: vertical, quando é específica para um determinado tipo de produto, e horizontal, quando é aplicável a todos os alimentos. Existem diversos tipos de legislação: leis, decreto, decreto-lei, portaria e regulamento. As leis são atos normativos criados pelo Poder Legislativo (deputados e senadores), nas quais são estabelecidas regras ou há o reconhecimento de um direito, sendo de caráter de generalidades e obrigatoriedade. Existem leis nacionais, que valem em todo o território brasileiro e são soberanas. Os governos dos estados e municípios são autônomos para criar leis, as quais estarão abaixo das nacionais e serão válidas apenas naquele âmbito de aplicação. O decreto é uma norma jurídica, advinda do Poder Executivo (governadores), e regula aspectos relacionados à

execução da lei, possuindo força regulamentadora das leis existentes. O decreto-lei é de autoria do Poder Executivo (chefe de Estado) e tem força de lei e precisa ser aprovada pelo Poder Legislativo. As portarias são atos administrativos de autoridade pública. Nela, é possível encontrar instruções ou nomeações, que visam o bom andamento do serviço público. O regulamento é um conjunto de normas sobre determinado assunto, apresentando especificações e situações práticas para a aplicação de leis. Ainda, dentro da temática de legislação para alimentos é possível encontrar as normas técnicas, sanitárias e metrológicas, as quais têm caráter oficial e seu cumprimento é obrigatório.

Os principais órgãos no Brasil responsáveis pela elaboração e fiscalização da legislação para as empresas de processamento mínimo são o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). O Mapa atua na regulamentação e normatização de serviços vinculados à agropecuária. Sob seu domínio, de forma geral, estão os produtos de origem animal (carnes e produtos cárneos, leite e derivados, ovos, pescados, produtos apícolas e margarina) e produtos de origem vegetal *in natura*, bebidas alcoólicas e não-alcoólicas e vinagres (ALMEIDA-MURADIAN et al., 2007). A Anvisa regulamenta, normatiza, controla e fiscaliza empresas e produtos na área de vigilância sanitária, vinculadas àqueles serviços que possam afetar a saúde da população (BRASIL, 1999). Sob sua competência estão os alimentos industrializados (exceto dos de origem animal e as bebidas), aditivos, coadjuvantes de tecnologia, embalagens e materiais destinados a entrar em contato com os alimentos, alimentos para fins especiais, e aspectos sanitários de águas minerais e potáveis (ALMEIDA-MURADIAN et al., 2007).

Apesar de amplamente difundido no País, esses produtos não possuem legislação verticais, que definam seu padrão de identidade e qualidade, nem mesmo aquelas que norteiam a sua produção, armazenamento e comercialização. Entretanto, por se tratar de uma agroindústria, tais empresas devem seguir legislações horizontais, ou seja, aquelas que devem ser seguidas por todas as agroindústrias, independentes da área de atuação.

Entre as premissas estabelecidas por essas normativas, englobam-se temas como Condições Higiênico-sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação (BRASIL, 1997a, 1997b, 2005), Procedimentos Operacionais Padronizados (BRASIL, 2002b) e Plano Nacional de Segurança e Qualidade dos Produtos de Origem Vegetal (BRASIL, 2003a, 2003b, 2003c). Além dessas temáticas, há os regulamentos técnicos sobre uso de saneantes autorizados (BRASIL, 2007), sobre porcionamento (BRASIL, 2003d) e rotulagem nutricional (BRASIL, 2003e, 2003f), os quais também são aplicáveis a esses produtos.

Outra diretriz de extrema importância na qual os produtos minimamente processados também se enquadram é a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 12, de 02 de janeiro de 2001, da ANVISA, que prevê o “Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos” (BRASIL, 2001). Apesar de não especificar produtos minimamente processado, pode-se considerar os itens que descrevem os padrões microbiológicos para frutas ou hortaliças “frescas, “in natura”, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto”. São preconizados limites aceitáveis de microrganismos patogênicos, como *Salmonella* e Coliformes termotolerantes, os quais variam de acordo com a origem da matéria-prima. Entretanto, outros microrganismos que se mostrariam importantes por

serem indicadores de contaminantes, não são englobados pela legislação.

A seguir seguem as principais normativas previstas para empresas desse segmento:

Título	Ementa	Órgão Emissor
Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003	Obriga a que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca	ANVISA
Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969	Institui normas básicas sobre alimentos	Ministério da Marinha de Guerra, do Exército e da Aeronáutica Militar
Resolução da Diretoria Colegiada nº 23, de 15 de março de 2000	Dispõe sobre o Manual de Procedimentos Básicos para Registro e Dispensa da Obrigatoriedade de Registro de Produtos Pertinentes à Área de Alimentos	ANVISA
Resolução da Diretoria Colegiada nº 12, de 02 de janeiro de 2001	Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos (Anexos I e II revogada pela Resolução Resolução da Diretoria Colegiada nº 27, de 6 de agosto de 2010)	ANVISA
Resolução da Diretoria Colegiada nº 259, de 20 de setembro de 2002	Aprova o Regulamento Técnico sobre Rotulagem de Alimentos Embalados (subitem 3.3. do Anexo alterado pela Resolução da Diretoria Colegiada nº 123, de 13 de maio de 2004)	ANVISA
Resolução da Diretoria Colegiada nº 275, de 21 de outubro de 2002	Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimento. Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos	ANVISA

Título	Ementa	Órgão Emissor
Resolução da Diretoria Colegiada nº 359, de 23 de dezembro de 2003	Aprova Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados para fins de Rotulagem Nutricional (complementada pela Resolução da Diretoria Colegiada nº 163, de 17 de agosto de 2006)	ANVISA
Resolução da Diretoria Colegiada nº 360, de 23 de dezembro de 2003	Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional (complementada pela Resolução da Diretoria Colegiada nº 163, de 17 de agosto de 2006)	ANVISA
Resolução da Diretoria Colegiada nº 218, de 29 de julho de 2005	Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Higiênico-Sanitários para Manipulação de Alimentos e Bebidas Preparados com Vegetais	ANVISA
Resolução da Diretoria Colegiada nº 14, de 28 de fevereiro 2007	Aprova o Regulamento Técnico para Produtos Saneantes com Ação Antimicrobiana harmonizado no âmbito do Mercosul através da Resolução GMC nº 50/06, que consta em anexo à presente Resolução	ANVISA
Resolução da Diretoria Colegiada nº 27, de 6 de agosto de 2010	Dispõe sobre as categorias de alimentos e embalagens isentos e com obrigatoriedade de registro sanitário	ANVISA
Resolução da Diretoria Colegiada nº 54, de 12 de novembro de 2012	Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar	ANVISA
Resolução da Diretoria Colegiada nº 3, de 4 de fevereiro de 2013	Dispõe sobre modificações na composição de alimentos padronizados para uso de Informação Nutricional Complementar	ANVISA
Resolução da Diretoria Colegiada nº 14, de 28 de março de 2014	Dispõe sobre matérias estranhas macroscópicas e microscópicas em alimentos e bebidas, seus limites de tolerância e dá outras providências	ANVISA
Resolução da Diretoria Colegiada nº 26, de 2 de junho de 2015	Dispõe sobre os requisitos para rotulagem obrigatória dos principais alimentos que causam alergias alimentares	ANVISA

Título	Ementa	Órgão Emissor
Portaria nº 1428, de 26 de novembro de 1993	Aprova, na forma dos textos anexos, o “Regulamento Técnico para Inspeção Sanitária de Alimentos”, as “Diretrizes para o Estabelecimento de Boas Práticas de Produção e de Prestação de Serviços na Área de Alimentos” e o “Regulamento Técnico para o Estabelecimento de Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ’s) para Serviços e Produtos na Área de Alimentos”	MS - Ministério da Saúde
Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997	Aprovar o Regulamento Técnico sobre Condições Higiênicas Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos	Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde
Portaria nº 368, de 04 de setembro de 1997	Aprovar o Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Elaboradores/Industrializadores de Alimentos	MAPA
Portaria INMETRO nº 157, de 19 de agosto de 2002	Aprovar o Regulamento Técnico Metrológico, em anexo, estabelecendo a forma de expressar o conteúdo líquido a ser utilizado nos produtos pré-medidos.	INMETRO
Instrução Normativa Conjunta 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	ANVISA, MAPA e MIC
Instrução Normativa nº 10, de 31 de julho de 2003	Institui, no âmbito do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o Plano Nacional de Segurança e Qualidade dos Produtos de Origem Vegetal - PNSQV (Parágrafo único, do art. 1º, alterada pela Instrução Normativa nº 71, de 29 de dezembro de 2008)	MAPA

Título	Ementa	Órgão Emissor
Instrução Normativa nº 64, de 9 de setembro de 2003	Aprovar as Diretrizes Gerais do Plano Nacional de Segurança e Qualidade dos Produtos de Origem Vegetal - PNSQV	MAPA
Instrução Normativa nº 65, de 9 de setembro de 2003	Aprovar as Diretrizes Gerais do Plano Nacional de Segurança e Qualidade dos Produtos de Origem Vegetal - PNSQV	MAPA

Em 2009, o Governo do Estado de São Paulo, através da Resolução da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA) nº 42, de 19 de junho de 2009, recomendou a Norma Técnica para Produtos Hortifrutícolas Minimamente Processados e Frescos Cortados (BRASIL, 2009), de âmbito estadual e de caráter não obrigatório. Essa resolução reconhece que a falta de legislação vertical para os produtos minimamente processados deixa o produtor desamparado quanto aos critérios de qualidade e demais aspectos desses produtos. Além disso, sua falta pode colocar os consumidores em risco já que esses produtos sofrem manipulação e necessitam de padrões de higiene.

A Resolução SAA nº 42, estabelece as definições pertinentes, cita os atos normativos tidos como bases para sua elaboração, descreve todas as etapas de elaboração dos produtos, aspectos de rotulagem, como termos e denominações que devem ser utilizados, aborda sobre a responsabilidade técnica, sobre o transporte, armazenamento e exposição para a comercialização. Por fim, fornece uma lista de verificação que pode ser utilizada pelas empresas para avaliar seu processamento. Entretanto, não é abordado o padrão microbiológico desses produtos. Considerada quase completa, a norma “aplica-se aos estabelecimentos que realizam as atividades de

processamento, fracionamento, acondicionamento, armazenamento, transporte e/ou exposição à venda” e pode nortear as empresas do setor, mesmo tendo âmbito de aplicação apenas no estado de São Paulo.

AGUAYO, E.; ESCALONA, V.; ARTES, F. Quality of fresh-cut tomato as affected by type of cut, packaging, temperature and storage time. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v. 219, p. 492-499, 2004.

_____. Quality of minimally processed *Cucumis melo* var. *saccharinus* has improved by controlled atmosphere. **European Journal of Horticultural Science**, Stuttgart, v. 72, p. 39-45, 2007.

AGUAYO, E.; ESCALONA, V.H.; SILVEIRA, A.C.; ARTÉS, F. Quality of tomato slices disinfected with ozonized water. **Food Science and Technology International**, New York, v. 20, p. 227-235, 2014.

ALLENDE, A.; LUO, Y.; MCEVOY, J.L.; ARTES, F.; WANG, C.Y. Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach leaves stored under super atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Tokyo, v. 33, p. 51-59, 2004.

ALMEIDA-MURADIAN, L.B.; PENTEADO, M.V.C.; CARUSO, M.S.F.; RODRIGUES, R.S.M.; LATORRE, W.C. Legislação e fiscalização de alimentos. In: ALMEIDA-MURADIAN, L.B.; PENTEADO, M.V.C. (Ed.). **Vigilância sanitária: tópicos sobre legislação e análise de alimentos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. cap. 1, p. 1-13.

ALVARENGA, A.L.B.; TOLEDO, J.C. Sistema de gestão da qualidade e segurança de vegetais minimamente processados. In: CENCI, S.A. (Ed.). **Processamento**

mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011. cap. 7, p. 93-138.

ALVARENGA, A.L.B.; ALVARENGA, M.B.; GOMES, C.A.O.; NASCIMENTO NETO, F. Princípios das boas práticas de fabricação - Requisitos para a implementação de agroindústria de agricultores familiares. In: NASCIMENTO NETO, F. (Org.). **Recomendações básicas para a aplicação das boas práticas agrícolas e de fabricação na agricultura familiar**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Programa de Agroindustrialização da Agricultura Familiar; Secretaria de Agricultura Familiar, 2006. p. 15-56.

AMANATIDOU, A.; SLUMP, R.A.; GORRIS, L.G.M.; SMID, E.J. High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, p. 61-66, 2000.

ANDRADE, N.J.; BASTOS, M.S.R.; ANTUNES, M.A. Higiene e sanitização. In: MORETTI, C.L. (Ed.). **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças; SEBRAE, 2007. p. 101-119.

ARTÉS, F. El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortifrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v. 7, n. 1, p. 41-47, 2006.

ARTÉS, F.; GOMEZ, P.; ARTÉS-HERNANDEZ, F. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Stewart Postharvest Review**, Montreal, v. 5, p. 2-13, 2006.

ARTÉS, F.; CONESA, M.A.; HERNÁNDEZ, S.; GIL, M.I. Keeping quality of fresh-cut tomato. **Postharvest Biology and Technology**, Tokyo, v. 17, p. 153-162, 1999.

ARTÉS, F.; GÓMEZ, P.; AGUAYO, E.; ESCALONA, V.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. **Postharvest Biology and Technology**, Tokyo, v. 51, p. 287-296, 2009.

ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; ARTÉS, F. Concepción y ejecución de instalaciones industriales para el procesado mínimo en fresco de productos vegetales. In: GONZÁLEZ-AGUILAR, G.; GARDEA, A.A.; CUAMEA-NAVARRO, F. (Ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados**. Guadalajara: CIAD; CYTED; CONACYT, 2005. cap. 25, p. 456-472.

BALDWIN, E.A.; NISPEROS, M.O.; CHEN, X.; HAGENMAIER, R.D. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. **Postharvest Biology and Technology**, Tokyo, v. 9, p. 151-163, 1996.

BARI, M.L.; SABINA, Y.; ISOBE, S.; UEMURA, T.; ISSHIKI, K. Effectiveness of electrolyzed acidic water in killing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* on the surface of tomatoes. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 66, p. 542-548, 2003.

BASTOS, M.S.R.; ALVES, R.E. Segurança dos alimentos. In: MORETTI, C.L. (Ed.). **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças; SEBRAE, 2007. p. 121-137.

BEAUDRY, R.M. Responses of horticultural commodities to low oxygen: limits to the expanded use of modified atmosphere packaging. **HortTechnology**, Alexandria, v. 10, p. 491-500, 2000.

BEUCHAT, L.R. Present and emerging control measures for fresh-cut packaged vegetables. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 59, p. 204-216, 1996.

BEUCHAT, L.R.; PETTIGREW, C.A.; TREMBLAY, M.E.; ROSELLE, B.J.; SCOUTEN, A.J. Lethality of chlorine, chlorine dioxide and a commercial fruit and vegetables sanitizer to vegetative cells and spores of *Bacillus cereus* and spores of *Bacillus thuringiensis*. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 67, p. 1702-1708, 2004.

BINTIS, T.; LITOPOULOU-TZANETAKI, E.; ROBISON, R.K. Existing and potential application of ultraviolet light in the food industry, a critical review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, p. 637-645, 2000.

BOTELHO DA SILVA, S.; DE MELLO LUVIELMO, M.; CURTINOVI GEYER, M.; PRÁ, I. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, p. 659-682, 2011.

BRANDENBURG, J.S.; ZAGORY, D. Modified and controlled atmosphere packaging technology and applications. In:

YAHIA, E.M. (Ed.). **Modified and controlled atmospheres for the storage, transportation, and packaging of horticultural commodities**. Boca Raton: CRC Press, 2009. chap. 4, p. 74-94.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 368, de 04 de setembro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico sobre Condições higiênicas-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores industrializadores de alimentos. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 08 set. 1997a.

_____. Instrução normativa nº 10, de 31 de julho de 2003. Institui, no âmbito do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o Plano Nacional de Segurança e Qualidade dos Produtos de Origem Vegetal - PNSQV. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 04 ago. 2003a.

_____. Secretaria de Defesa Agropecuária. A instrução normativa nº 64, de 09 de setembro de 2003. Diretrizes gerais do Plano Nacional de Segurança e Qualidade dos Produtos de Origem Vegetal – PNSQV. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 11 set. 2003b.

_____. Instrução normativa nº 65, de 09 de setembro de 2003. Diretrizes gerais do Plano Nacional de Segurança e Qualidade dos Produtos de Origem Vegetal – PNSQV. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 09 set. 2003c.

_____. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/ministerio>>. Acesso em: 07 jan. 2016.

_____. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997. Aprovar o Regulamento Técnico sobre Condições Higiênicas Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 01 ago. 1997b.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada nº 23, de 15 de março de 2000. Dispõe sobre o Manual de Procedimentos Básicos para Registro e Dispensa da Obrigatoriedade de Registro de Produtos Pertinentes à Área de Alimentos. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 16 mar. 2000.

_____. Resolução da Diretoria Colegiada nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 10 jan. 2001.

_____. Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 259, de 20 de setembro de 2002. Aprova o Regulamento Técnico sobre Rotulagem de Alimentos Embalados. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 23 set. 2002a.

_____. Resolução da Diretoria Colegiada nº 123, de 13 de maio de 2004. Altera o subitem 3.3. do Anexo da Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 259, de 20 de

setembro de 2002 (Regulamento Técnico para Rotulagem de Alimentos Embalados). **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 14 maio 2004.

_____. Resolução da Diretoria Colegiada nº 275, de 21 de outubro de 2002. Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 23 out. 2002b.

_____. Resolução da Diretoria Colegiada nº 359, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados para Fins de Rotulagem Nutricional. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 26 dez. 2003d.

_____. Resolução da Diretoria Colegiada nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 26 dez. 2003e.

_____. Resolução da Diretoria Colegiada nº 218, de 29 de julho de 2005. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Higiênico-Sanitários para Manipulação de Alimentos e Bebidas Preparados com Vegetais. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 01 ago. 2005.

_____. Resolução da Diretoria Colegiada nº 14, de 28 de fevereiro de 2007. Aprova o Regulamento Técnico para Produtos Saneantes com Ação Antimicrobiana harmonizado no âmbito do Mercosul através da Resolução GMC nº 50/06, que consta em anexo à presente Resolução. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 05 mar. 2007.

_____. Resolução da Diretoria Colegiada nº 27, de 6 de agosto de 2010. Dispõe sobre as categorias de alimentos e embalagens isentos e com obrigatoriedade de registro sanitário. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 06 ago. 2010.

_____. Resolução da Diretoria Colegiada nº 3, de 4 de fevereiro de 2013. Dispõe sobre modificações na composição de alimentos padronizados para uso de Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 04 fev. 2013.

_____. Resolução da Diretoria Colegiada nº 14, de 28 de março de 2014. Dispõe sobre matérias estranhas macroscópicas e microscópicas em alimentos e bebidas, seus limites de tolerância e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 31 mar. 2014.

_____. Portaria nº 1428, de 26 de novembro de 1993. Aprova, na forma dos textos anexos, o “Regulamento Técnico para Inspeção Sanitária de Alimentos”, as “Diretrizes para o Estabelecimento de Boas Práticas de Produção e de Prestação de Serviços na Área de Alimentos” e o “Regulamento Técnico para o

Estabelecimento de Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ's) para Serviços e Produtos na Área de Alimentos". Determina que os estabelecimentos relacionados à área de alimentos adotem, sob responsabilidade técnica, as suas próprias Boas Práticas de Produção e/ou Prestação de Serviços, seus Programas de Qualidade, e atendam aos PIQ's para Produtos e Serviços na Área de Alimentos.

Diário Oficial da União. Poder Executivo, Brasília, 02 dez. 1993.

_____. Instrução Normativa Conjunta 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. **Diário Oficial da União.** Poder Executivo, Brasília, 14 nov. 2002c.

_____. Resolução nº 42, de 19 de junho de 2009. Recomenda Norma Técnica para produtos hortifrutícolas minimamente processados e frescos cortados. **Diário Oficial da União.** Poder Executivo, Brasília, 20 jun. 2009.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969. Institui normas básicas sobre alimentos. **Diário Oficial da União,** Brasília, 21 out. 1969.

_____. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999. Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, e dá outras providências. **Diário Oficial da União.** Congresso Nacional, Brasília, 26 jan. 1999.

_____. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003. Obriga a que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca. **Diário Oficial da União**. Congresso Nacional, Brasília, 16 maio 2003f.

CAPOZZI, V.; FIOCCO, D.; AMODIO, M.L.; GALLONE, A.; SPANO, G. Bacterial stressors in minimally processed food. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 10, p. 3076-3105, 2009.

CARNELOSSI, M.A.G.; SILVA, E.O.; CAMPOS, R.S.; PUSCHMANN, R. Respostas fisiológicas de folhas de couve minimamente processadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 215-220, 2005.

CASTRO, E. Principios de control microbiológico con oxidantes. **Agua Latinoamérica**, Tucson, v. 3, n. 2, 2003. Disponível em: <<http://www.agualatinoamerica.com/NewsView.cfm?pkArticleID=115>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

CENCI, S.A.; GOMES, C.A.O.; ALVARENGA, A.L.B.; FREIRE JUNIOR, M.; Boas práticas de processamento mínimo de vegetais na agricultura familiar. In: NASCIMENTO NETO, F. (Org.). **Recomendações básicas para a aplicação das boas práticas agrícolas e de fabricação na agricultura familiar**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Programa de Agroindustrialização da Agricultura Familiar; Secretaria de Agricultura Familiar, 2006. p. 57-64.

CHAR, C.; SILVEIRA, A.C.; INESTROZA-LIZARDO, C.; HINOJOSA, A.; MACHUCA, A.; ESCALONA, V.H. Effect of noble gas-enriched atmospheres on the overall quality of ready-to-eat arugula salads. **Postharvest Biology and Technology**, Tokyo, v. 73, p. 50-55, 2012.

COSTILOW, R.N.; UEBERSAX, M.A.; WARD, P.J. Use of chlorine dioxide for controlling microorganisms during the handling and storage of fresh cucumbers. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, p. 396-401, 1984.

CUQ, B.; GONTARD, N.; GUILBERT, S. Edible films and coatings as active layers. In: ROONEY, M.L. (Ed.). **Active food packaging**. Glasgow: Chapman & Hall, 1995. p. 111-142.

DAY, B. High oxygen modified atmosphere packaging for fresh prepared produce. **Postharvest News and Information**, Wallingford, v. 7, p. 31-34, 1996.

DE KRUIJF, N.M.; VAN BEEST, R.R.; SIPILINEN-MALM, T.; PASEIRO, P.L.; DE MEULENAER, B. Active and intelligent packaging: applications and regulatory aspects. **Food Additives and Contaminants**, London, v. 19, p. 4, p. 144-162, 2002.

DEVLIEGHERE, F.; VANDEKINDEREN, I.; DE MEULENAER B.; RAGAERT P.; VAN CAMP, J. Decontamination strategies for fresh-cut produce. **Stewart Postharvest Review**, Montreal, v. 4, p. 5, p. 1-8, 2009.

DÍAZ, T.; ESPÍ, E.; FONTECHA, A.; JIMÉNEZ, J.C.; LÓPEZ, J.; SALMERÓN, A. **Los filmes plásticos en la producción agrícola**. Madrid: Mundi-Prensa, 2001. 320 p.

DURANGO, A.M.; SOARES, N.F.; ANDRADE, N.J. Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. **Food Control**, Guildford, v. 17, p. 336-341, 2006.

ESCALONA, V.H.; VERLINDEN, B.E.; GEYSEN, S.; NICOLAÏ, B.M. Changes in respiration of fresh-cut butter head lettuce under controlled atmospheres using low and super atmospheric oxygen conditions with different carbon dioxide levels. **Postharvest Biology and Technology**, Tokyo, v. 39, p. 48-55, 2006.

FALGUERA, V.; QUINTERO, J.P.; JIMÉNEZ, A.; MUÑOZ, J.A.; IBARZ, A. Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 22, p. 292-303, 2011.

FANG, Q.; HANNA, M.A. Preparation and characterization of biodegradable co- polyester - starch based foams. **Bio-resource Technology**, Essex, v. 78, n. 2, p. 115-122, 2001.

GARG, N.; CHUREY, J.J.; SPLITTSTOESSER, D.F. Effect of processing conditions on the microflora of fresh-cut vegetables. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 53, p. 701-703, 1990.

GARMENDIA, G.; VERO, S. Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas. **Horticultura**, Molins de Rei, v. 197, p. 18-27, 2006.

GLENN, G.M.; IRVING, D.W. Starch-based microcellular foams. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 72, n. 2, p. 155-161, 1995.

GLENN, G.M.; ORTS W.J.; NOBES, G.A.R. Starch, fiber and CaCO_3 effects on the physical properties of foams made by a baking process: **Industrial Crops and Products**, Tucson, v. 14, p. 201-212, 2001.

GÓMEZ, P.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; AGUAYO E.; ESCALONA, V.; ARTÉS, F.; Problemática de los alimentos vegetales mínimamente procesados en fresco. **Phytoma**, Paris, v. 189, p. 124-130, 2007.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A.; RUIZ-CRUZ, S.; CRUZ-VALENZUELA, R.; RODRÍGUEZ-FÉLIX, A.; WANG, C.Y. Physiological and quality changes of fresh-cut pineapple treated with antibrowning agents. **LWT- Food Science and Technology**, London, v. 37, p. 369-376, 2004.

GOODBURN, C.; WALLACE, C. The microbiological efficacy of decontamination methodologies for fresh produce: a review. **Food Control**, Guildford, v. 32, p. 418-427, 2013.

GOUBLE, B.; FATH, D.; SOUDAIN, P. Nitrous oxide inhibition of ethylene production in ripening and senescing climacteric fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Tokyo, v. 5, p. 311-321, 1995.

HAN, Y.; LINTON, R.H.; NIELSEN, S.S.; NELSON, P.E. Reduction of *Listeria monocytogenes* on green peppers (*Capsicum annuum* L.) by gaseous and aqueous chlorine dioxide and water washing and its growth at 7°C. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 64, p. 1730-1738, 2001.

HINOJOSA, A.; SILVEIRA, A.; OSPINA, M.; CHAR, C.; SÁENZ, C.; ESCALONA, V. Safety of ready-to-eat water-

cross using environmentally friendly sanitization methods.
Journal of Food Quality, Wastport, v. 36, p. 66-76, 2012.

INESTROZA-LIZARDO C.; ESCALONA, V. Sanitizantes emergentes: una alternativa en la postcosecha de la rúcula. **Agrociencia**, Chapingo, v. 19, n. 1, p. 14-23, 2015.

IZUMI, H. Electrolyzed water as disinfectant for fresh-cut vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, p. 536-539, 1999.

JAMIE, P.; SALTVEIT, M.E. Postharvest changes in broccoli and lettuce during storage in argon, helium, and nitrogen atmospheres containing 2% oxygen. **Postharvest Biology and Technology**, Tokyo, v. 26, p. 113-116, 2002.

KADER, A.A.; BEN-YEHOSHUA, S. Effect of super atmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality on postharvest physiology and quality of fresh-cut fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Tokyo, v. 20, p. 1-13, 2000.

KIM, C.; HUNG, Y.C.; BRACKETT, R.E. Roles of oxidation-reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food related pathogens. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 63, p. 19-24, 2000.

KRASAEOOPT, W.; BHANDARI, B. Fresh-cut vegetables. In: SINHA, N.K. (Ed.). **Handbook of vegetables and vegetables processing**. Ames: Wiley Blackwell, 2011. p. 221-242.

LEÓN, O.; CÁRDENAS, C.; ARAUJO, I. Evaluación de biocidas usados para control de BSR presentes en plantas de tratamiento de aguas de deshidratación del petróleo. **Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Zulia**, Zulia, v. 26, p. 20-26, 2003.

LÓPEZ-GÁLVEZ, G.; SALVEIT, M.; CANTWELL, M. The visual quality of minimally processed lettuces stored in air or controlled atmosphere with emphasis on romaine and iceberg types. **Postharvest Biology and Technology**, Tokyo, v. 8, p. 179-190, 1996.

MOREIRA, M.; ROURA, S.; PONCE, A. Effectiveness of chitosan edible coatings to improve microbiological and sensory quality of fresh cut broccoli. **LWT-Food Science and Technology**, London, v. 44, p. 2335-2341, 2011.

MORETTI, C.L. (Ed.) **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças; SEBRAE, 2007. 531 p.

ODRIOZOLA-SERRANO, I.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Effect of minimal processing on bioactive compounds and color attributes of fresh-cut tomatoes. **LWT- Food Science and Technology**, London, v. 41, p. 217-226, 2018.

ÖLMEZ, H.; KRETZSCHMAR, U. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. **LWT- Food Science and Technology**, London, v. 42, p. 686-693, 2009.

OMS-OLIU, G.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTIN-BELLOSO, O. Effect of ripeness on the shelf-life of fresh-cut melon preserved by modified atmosphere packaging. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v. 225, p. 301-311, 2007.

ÖZER, M.P.; DEMIRCI, A. Electrolyzed oxidizing water treatments for decontamination of raw salmon inoculated with *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* Scott A and response surface modeling. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 72, p. 234-241, 2006.

PEREIRA, E.L.; RODRIGUES, A.; RAMALHOSA, E. Influence of working conditions and practices on fresh-cut lettuce salads quality. **Food Control**, Guildford, v. 33, p. 406-412, 2013.

REID, M.S.; SEREK, M. Modified atmosphere packaging. In: _____. **Guide to food transport controlled atmosphere**. Copenhagen: Mercantile Publ., 1999. p. 33-38.

ROBERTSON, G.L. Modified atmosphere packaging. In: _____. (Ed.). **Food packaging: principles and practice**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2013. p. 429-443.

SANTOS-MANTILLA, S.P.; MANO-BORGES, S.; CARVALHO-VITAL, H. de; MAIA-FRANCO, R. Atmosfera modificada na conservação de alimentos. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 437-448, 2010.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L. Embalagem. In: CENCI, S.A. (Ed.). **Processamento mínimo de frutas e hortaliças:** tecnologia, qualidade e sistemas de embalagens. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011. cap. 4, p. 59-70.

SASAKI, F.F.; SAAVEDRA del AGUILA, J.; GALLO, C.R.; ORTEGA, E.M.M.; JACOMINO, A.P.; KLUGE, R.A. Alterações fisiológicas, qualitativas e microbiológicas durante o armazenamento de abóbora minimamente processada em diferentes tipos de corte. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 170-174, 2006.

SHAMA, G.; ALDERSON, P. UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialization. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 16, p. 128-136, 2005.

SILVEIRA, A.C.; ESCALONA, V.H. The use of physical treatments on fresh-cut produce. **Stewart Postharvest Review**, Montreal, v. 3/4, p. 1-5, 2014.

SILVEIRA, A.C.; AGUAYO, E.; ARTÉS, F. Emerging sanitizers and clean room packaging for improving the microbial quality of fresh-cut 'Galia' melon. **Food Control**, Guildford, v. 21, p. 863-871, 2010.

SILVEIRA, A.C.; AGUAYO, E.; ESCALONA, V.H.; ARTÉS, F. Hot water treatment and peracetic acid to maintain fresh-cut Galia melon quality. **Innovative in Food Science and Emerging Technologies**, Wageningen, v. 12, p. 569-576, 2011.

SILVEIRA, A.C.; ARANEDA, C.; HINOJOSA, A.; ESCALONA, V.H. Effect of non-conventional modified atmosphere packaging on fresh cut watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) quality. **Postharvest Biology and Technology**, Tokyo, v. 92, p. 114-120, 2014.

SILVEIRA, A.C.; CONESA, A.; AGUAYO, E.; ARTÉS, F. Alternative sanitizers to chlorine for use on fresh-cut 'Galia' (*Cucumis melo* var.cantalupensis) melon. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, p. 405-411, 2008.

SILVEIRA, A.C.; ESCALONA, V.H.; BUSTAMANTE, A.; AGUAYO, E. Quality preservation and safety of minimally processed vegetables. In: HIU, Y.H.; ÖZGÜL EVRANUZ, E. (Ed.). **Handbook of vegetables preservation and processing**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2015. p. 320-339.

SMITH, J.P.; RAMASWAMY, H.S.; SIMPSON, B.K. Developments in food packaging technology. Part II: storage aspects. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 1, p. 111-118, 1990.

SOWA, S.; TOWILL, S.L. Effects of nitrous oxide on mitochondrial and cell respiration and growth in *Distrchils spicata* suspension culture. **Plant Cell Tissue Organ Culture**, Dordrecht, v. 27, p. 197-201, 1991.

SPENCER, K.C. The use of argon and other noble gases for the MAP of foods. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MAP AND RELATED TECHNOLOGIES, 1995, Chipping Campden. **Proceedings...** Chipping Campden: Campden & Chorleywood Research Association, 1995. p. 278-285.

SUSLOW, T. **Postharvest chlorination**: basic properties and key points for effective disinfection. Davis: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 1997. 8 p. (Publication, 8003). Disponível em: <<http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8003.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2016.

_____. **Oxidation-reduction potential (ORP) for water disinfection, monitoring, control, and documentation**. Davis: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 2004a. 5 p. (Publication, 8149). Disponível em: <<http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8149.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2016.

_____. **Ozone applications for postharvest disinfection of edible horticultural crops**. Davis: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 2004b. 8 p. (Publication, 8133). Disponível em: <<http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8133.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2016.

UKUKU, D.O.; PILIZOTA, V.; SAPERS, G.M. Effect of hot water and hydrogen peroxide treatment on survival of *Salmonella* and microbial quality of whole and fresh-cut Cantaloupe. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 67, p. 432-437, 2004.

VELÁZQUEZ, L.D.C.; BARBINI, N.B.; ESCUDERO, M.E.; ESTRADA, C.L.; STEFANI DE GUZMÁN, A.M. Evaluation of chlorine, benzalkonium chloride and lactic acid as sanitizers for reducing *Escherichia coli* O157:H7 and *Yersinia enterocolitica* on fresh vegetables. **Food Control**, Guildford, v. 20, p. 262-268, 2009.

VERMEIREN, L.; DEVLIEGHERE, F.; VAN BESST, M.; KRUIJF, N.; DEBEVERE, J. Developments in the active packaging of food. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 10, p. 77-86, 1999.

VITTI, M.C.D.; KLUGE, R.A.; GALLO, C.R.; SCHIAVINATO, M.A.; MORETTI, C.L.; JACOMINO, A.P. Aspectos fisiológicos e microbiológicos de beterrabas minimamente processadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 1027-1032, 2004.

XIAO, C.; ZHU, L.; LUO, W.; SONG, X.; DENG, Y. Combined action of pure oxygen pretreatment and chitosan coating incorporated with rosemary extracts on the quality of fresh-cut pears. **Food Chemistry**, London, v. 121, p. 1003-1009, 2010.

INFORMAÇÕES AOS AUTORES

A Série Produtor Rural é editada desde 1997 pela Divisão de Biblioteca da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP e tem como objetivo publicar textos acessíveis aos produtores com temas diversificados e informações práticas, contribuindo para a Extensão Rural.

Pode publicar

- Pesquisadores e docentes da ESALQ e CENA;
- Alunos cujos textos serão revisados por orientadores ou quem o Presidente da Comissão de Cultura e Extensão designar;
- Demais pesquisadores, porém, com a chancela da Comissão de Cultura e Extensão que avaliará os textos previamente.

Requisitos para publicação

- Texto redigido em Word, com linguagem simples, acessível e didática a ser encaminhado para: referencia.esalq@usp.br
- Ilustrações e figuras em alta resolução, facilitando a compreensão do texto.

www4.esalq.usp.br/biblioteca/publicacoes-a-venda/serie-produtor-

COMO ADQUIRIR

Para adquirir as publicações, depositar no Banco do Brasil, Agência 0056-6, C/C 306.344-5 o valor referente ao(s) exemplar(es), acrescido de R\$ 7,50 para o envio, posteriormente enviar via fax (19) 3429-4340, e-mail ou correspondência o comprovante de depósito, o(s) título(s) da(s) publicação(ões), nome e endereço completo para fazermos o envio, ou através de cheque nominal à Universidade de São Paulo - ESALQ.

Acesse nosso site

www4.esalq.usp.br/biblioteca

Série Produtor Rural

USP/ESALQ/DIBD

A Série Produtor Rural é editada desde 1997 pela Divisão de Biblioteca da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP e tem como objetivo publicar textos acessíveis aos produtores com temas diversificados e informações práticas, contribuindo para a Extensão Rural.