

# Estratégias alternativas na higienização de frutas e hortaliças

## Alternative strategies in sanitization of fruits and vegetables

Jackline Freitas Brilhante de São José

*Programa de Pós Graduação em Nutrição e Saúde, Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Educação Integrada em Saúde, Campus Maruípe, CEP 29040-090, Vitória, ES, Brasil*  
(\*E-mail: jackline.jose@ufes.br)  
<http://dx.doi.org/10.19084/RCA16124>

Recebido/received: 2016.09.14

Recebido em versão revista/received in revised form: 2016.11.17

Aceite/accepted: 2016.12.06

### RESUMO

O consumo de frutas e hortaliças tem aumentado em função da sociedade moderna que procura hábitos de vida mais saudáveis. O consumidor atual utiliza cada vez mais alimentos mais próximos dos frescos, que apresentem conveniência e, ao mesmo tempo, qualidade microbiológica, sensorial e nutricional. A qualidade microbiológica de frutas e hortaliças está relacionada com a presença de microrganismos alteradores, que podem reduzir a vida útil desses produtos e a de microrganismos patogênicos que podem provocar doenças nos consumidores. A operação de lavagem juntamente com aplicação de desinfetantes é a etapa na qual pode ser reduzida a carga microbiana de forma a assegurar a segurança do produto. Os compostos clorados são amplamente utilizados na descontaminação, contudo, há interesse em utilizar outros, uma vez que estes geram resíduos tóxicos (trihalometanos) em presença de matéria orgânica em fase de decomposição. De entre as alternativas, a literatura indica a aplicação de outros desinfetantes químicos como peróxido de hidrogénio, ácido peroxiacético, dióxido de cloro, ozono, ácidos orgânicos e descontaminantes físicos como os ultrassons.

**Palavras chave:** compostos clorados, qualidade dos alimentos, desinfetantes, ultrassons.

### ABSTRACT

The consumption of fruits and vegetables has increased with modern society seeking healthier lifestyles. Today consumers want fresh foods, with convenience and microbiological, sensory and nutritional quality. The microbiological quality of fruits and vegetables is related with the presence of spoilage microorganisms, which can reduce the shelf life of these products and the presence of pathogenic microorganisms that can cause illness in consumers. Washing step with sanitizers application is the stage which can be reduced microbial load to ensure safety product. Chlorinated compounds are widely used in decontamination, however, there is interest in using others since they generate toxic wastes, as trihalomethanes, in the presence of organic matter undergoing decomposition. Among the alternatives, the literature indicate the application of other chemical sanitizers such as hydrogen peroxide, peroxyacetic acid, chlorine dioxide, ozone, organic acids and physical decontaminating as ultrasound.

**Keywords:** chlorine compounds, food quality, sanitizers, ultrasound.

## INTRODUÇÃO

A nível mundial, o consumo anual de frutas e hortaliças apresentou um crescimento médio de 4,5% entre os anos de 1990 e 2004 (Olaimat e Holley, 2012) estando esse aumento relacionado com a preocupação em se manter uma dieta alimentar saudável (Warriner *et al.*, 2009; Forghani e Oh, 2013). O aumento da procura por alimentos mais saudáveis, aliado às exigências do consumidor (Ruíz-Cruz *et al.*, 2007; Alegre *et al.*, 2011), e à conveniência proporcionada pelos alimentos prontos (Glowacz *et al.*, 2013) contribuíram para o aumento do consumo de frutas e hortaliças minimamente processadas (Graça *et al.*, 2011; Joshi *et al.*, 2013). Entende-se por produtos minimamente processados as frutas e hortaliças frescos que foram submetidos a um processo tecnológico que incluiu as operações de limpeza, lavagem, descasque, corte, ou não, desinfecção, centrifugação e embalagem em atmosfera modificada, ficando prontos para consumo ou para preparação imediata, sem que percam a condição de produto fresco. Este processo proporciona, portanto, ao consumidor um produto semelhante ao fresco, com tempo de vida útil prolongado e, simultaneamente, com segurança microbiológica e manutenção da qualidade nutritiva e sensorial (Rico *et al.*, 2007).

Porém, associado ao crescimento do mercado e ao consumo de produtos frescos e minimamente processados, os problemas específicos são de origem microbiológica, observando-se riscos pela presença de microrganismos de alteração que reduzem o tempo de vida útil (Kim e Song, 2017) bem como o aumento da incidência de toxinfecções alimentares por ingestão de frutas e hortaliças contaminadas por microrganismos patogênicos (Warriner *et al.*, 2009; Kim e Song, 2017). Assim, o controle microbiológico desse tipo de produto ainda é um desafio para a indústria (Gunduz *et al.*, 2010). A contaminação dos produtos pode surgir, no campo a partir do solo, da matéria orgânica, de fertilizantes orgânicos, da água de rega, insetos, animais ou contacto humano, nas práticas pós-colheita ou da ineficiência nas etapas de processamento (Heaton e Jones, 2008; Fernandes *et al.*, 2014). De entre os microrganismos patogênicos de origem alimentar destacam-se *Salmonella* spp, estirpes enteropatogênicas de *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni* e *Shigella*

spp (Rico *et al.*, 2007; Warriner *et al.*, 2009). Em julho de 2011, um surto envolveu a presença de toxina Shiga produzida por *Escherichia coli* O104:H4 após o consumo de rebentos de feijão. Neste surto, foram registados 852 pacientes com síndrome urêmica hemolítica e 32 mortes (CDC, 2011). Outro exemplo é a contaminação por *Salmonella* neste tipo de alimentos, onde se estima que esta bactéria pode ser responsável por cerca de 3 milhões de casos de Doenças de Origem Alimentar (DOA) na China e de um milhão nos Estados Unidos da América (Guo *et al.*, 2016). No Brasil, de 2000 a 2015, foram registados 11.241 surtos por DOA, sendo a *Salmonella* a principal responsável pelo maior número de casos (14,3%) (Brasil, 2015). Em todo mundo de 2013 a 2015, foram relatados vários surtos com *Salmonella*, sendo um deles, nos EUA, atribuído ao consumo de pepinos contaminados (CDC, 2013, 2015).

Deste modo, a operação de lavagem associada à aplicação de soluções desinfetantes é considerada a única etapa do processo na qual pode ser alcançada a redução no número de microrganismos, contribuindo assim, para a segurança de frutas e hortaliças (Cossu *et al.*, 2017), dado serem considerados veículos de transmissão de patogênicos causadores de DOA. Portanto a não eficiência das etapas de limpeza, lavagem e desinfecção influenciarão diretamente a qualidade microbiológica do produto final (Olaimat e Holley, 2012).

A lavagem com água potável permite a remoção de componentes do solo e parte do número de patogênicos, mas não é suficiente para reduzir significativamente a carga microbiana (Joshi *et al.*, 2013), portanto, a desinfecção constitui um ponto chave do processo (Gil *et al.*, 2009; São José *et al.*, 2014a).

De entre os desinfetantes utilizados na indústria alimentar, principalmente em produtos frescos, são os compostos à base de cloro e clorados (Alvaro *et al.*, 2009). A facilidade de utilização, baixo custo, alta atividade antimicrobiana e completa dissolução em água, fazem com que sejam frequentemente utilizados (Selma *et al.*, 2008).

A ação oxidante e desinfetante dos derivados clorados é controlada pelo ácido hipocloroso (HClO), produto resultante da hidrólise da substância clorada, que é a forma de cloro livre disponível com amplo espectro de ação (Parish *et al.*,

2003; Andrade, 2008), contudo não garante a eliminação total dos microrganismos. A ação do ácido hipocloroso varia com o pH do meio, sendo que a concentração de HClO aumenta com decréscimo do valor de pH. Quando em solução aquosa, este ácido dissocia-se para formar o ião hidrogênio e o ião hipoclorito. Assim, os compostos clorados são mais efetivos com valores de pH baixos, ou seja, quando a proporção de ácido hipocloroso é maior (Andrade, 2008).

Os compostos à base de cloro atuam nas células microbianas sob a forma de ácido hipocloroso (HClO), que libera oxigênio que se combina com os elementos do protoplasma celular. O cloro pode, ainda, associar-se às proteínas da membrana celular e alterar o metabolismo microbiano (Andrade, 2008). As concentrações recomendadas de cloro residual livre para a desinfecção de frutas e hortaliças variam de 50 a 200 mg.L<sup>-1</sup> com um tempo de contato de 1 a 30 minutos (Ruiz-Cruz *et al.*, 2007). No processamento mínimo, em condições típicas de lavagem de frutas e hortaliças, a eficiência do cloro é limitada, alcançando a redução de um a dois ciclos logarítmicos na população microbiana (Park *et al.*, 2009).

Ressalta-se ainda a possibilidade da hipercloração da água residual, pois associada ao alto conteúdo de carbono orgânico pode contribuir para o aumento da concentração de trihalometanos e de outros subprodutos da desinfecção (Selma *et al.*, 2008). Os trihalometanos são considerados carcinogênicos e indicadores da possível presença de outros compostos organoclorados. O limite de risco médio para desenvolvimento de cancro é de 60 e 40 miligramas por litro para o clorofórmio e bromofórmio, respectivamente (Andrade, 2008). Deste modo, como os compostos clorados têm sido foco de preocupação ambiental têm surgido diversas técnicas de desinfecção alternativas. (Ongeng *et al.*, 2006; Rico *et al.*, 2007; Ruiz-Cruz *et al.*, 2007). A aplicação de cloro a produtos minimamente processados é proibida em alguns países da Europa como Holanda, Suécia, Alemanha e Bélgica (Rico *et al.*, 2007).

A utilização de peróxido de hidrogênio, ácido peroxiacético, dióxido de cloro, ozonização, ácidos orgânicos e a utilização de ultrassons associado ou não aos compostos químicos tem sido proposta

como estratégias alternativas para a higienização de frutas e hortaliças. Deste modo este artigo tem como objetivo discutir os princípios de inativação de cada método bem como a aplicação na etapa de lavagem e desinfecção de frutas e hortaliças.

### *Peróxido de Hidrogênio*

O peróxido de hidrogênio é considerado um produto fortemente oxidante capacidade de reduzir radicais livres que reagem com componentes celulares essenciais, incluindo proteínas, lipídeos e DNA (Kitis, 2004). De acordo com a concentração, este desinfetante pode ter efeito bacteriostático ou bactericida. Apesar de ser considerado eficiente, muitos fungos e bactérias podem ser resistentes, nomeadamente, pela formação de glutatona associado a enzimas e pela produção de catalase (Caixeta, 2008). Este desinfetante é estudado como alternativa ao cloro e, em geral, reconhecido como seguro (GRAS) para algumas aplicações na indústria de leite, ovos, chá e vinhos em processos de clarificação e também como antimicrobiano (Olmez e Kretzschmar, 2008).

Apresenta a vantagem de gerar resíduos que rapidamente são transformados pela enzima catalase em água e oxigênio, baixa toxicidade e não necessitando os produtos tratados de enxaguamento após a aplicação. Porém, apresenta como inconvenientes o poder corrosivo sobre cobre, bronze e zinco, necessitar de longo tempo de contacto quando usado em baixas temperaturas e exigir precauções durante a manipulação e dosagem (Artés *et al.*, 2009).

Ukuku (2004) ao utilizar peróxido de hidrogênio a 1% no tratamento de melão, minimamente processado contaminado com *Salmonella* spp., observou uma redução significativa na contagem deste microrganismo, não tendo sido detetados sobreviventes após a etapa de higienização, e ausência do patogênico ao longo do período de armazenamento a 5 °C. Ukuku (2004) observou que a aplicação de peróxido de hidrogênio a 2,5 % durante 5 minutos causou redução significativa na contagem de bactérias mesófilas aeróbias, fungos filamentosos e leveduras na superfície de melões, assim como verificou ainda que o tratamento reduziu a *L. monocytogenes* em aproximadamente 3 log UFC.g<sup>-1</sup>.

Huang e Chen (2012) observaram reduções de 1,1 e 1,5 log UFC.g<sup>-1</sup> de *Escherichia coli* O157:H7 em espinafas tratadas, respectivamente, com soluções de 1 e 2% de peróxido de hidrogênio a 22 °C. Guo *et al.* (2016) ao avaliar a ação de peróxido de hidrogênio a 2,5 e 5 % durante um minuto em fatias de pepino intencionalmente contaminadas com *Salmonella Choleraesuis* observaram uma redução de 0,9 e 1,6 log UFC.g<sup>-1</sup>, respectivamente.

### Ácido peroxiacético

O ácido peroxicético também pode ser utilizado como alternativa aos compostos clorados na higienização de frutas e hortaliças. É produzido pela reação entre ácido acético ou anidrido acético com peróxido de hidrogênio na presença de ácido sulfúrico, que tem função de catalisador da reação (Andrade, 2008). Trata-se de um agente oxidante forte e desinfetante, com potencial oxidativo maior que o do cloro e do dióxido de cloro. A sua atividade não é influenciada pela temperatura, pH e presença de matéria orgânica. (Artés *et al.*, 2009). A ação antimicrobiana é devida à liberação de oxigênio ativo, responsável pela oxidação de ligações sulfidrilas de proteínas, enzimas e outros metabólitos (Kitis, 2004; Srey *et al.*, 2013). Além disso, é sugerido ainda a ação deste ácido no rompimento da função quimiostática de proteínas e lípidos da membrana citoplasmática e do transporte, em função do deslocamento da parede celular. Em células gram-negativas, esse desinfetante também é efetivo por atuar em lipoproteínas da membrana celular e, no interior das células, poder promover desestruturação metabólica, pela oxidação de enzimas essenciais, o que corrompe vias metabólicas vitais, transporte ativo de membrana e alterar ações na concentração de solutos intracelulares (Andrade, 2008). Contudo apresenta como vantagem, em relação aos compostos clorados, não produzir subprodutos tóxicos ou mutagênicos. Entretanto, é um produto que tem odor pungente e requer cuidados durante a manipulação (Kitis, 2004; Srey *et al.*, 2013).

A FDA (Food and Drug Administration) estipulou que soluções contendo no mínimo 85 mg.L<sup>-1</sup> de ácido peroxicético devem ser usadas na higienização e superfícies onde os alimentos são manipulados, onde a concentração pode variar até 300

mg.L<sup>-1</sup> (Álvaro *et al.*, 2009). Este mesmo órgão regulamentador aprovou a utilização de ácido peroxicético para a desinfecção de produtos vegetais em concentrações que não ultrapassem 80 mg.L<sup>-1</sup> (Ruíz-Cruz *et al.*, 2007).

A utilização de ácido peroxicético a 80 mg.L<sup>-1</sup> durante de 5 minutos na desinfecção de coentros minimamente processado, demonstrou ter a possibilidade de substituir o dicloroisocianurato de sódio, devido a redução de cerca de 2 log UFC.g<sup>-1</sup> da população de *Escherichia coli* (Srebernick, 2007). Ruíz-Cruz *et al.* (2007) avaliaram o efeito do ácido peroxicético, na desinfecção de cenoura minimamente processada, e observaram uma redução significativa na população de *Salmonella* de cerca de 2,1 log UFC.g<sup>-1</sup>.

O poder oxidante do ácido peroxicético sobre as células microbianas tem sido demonstrado em vários trabalhos. Poucos trabalhos têm discutido os efeitos deste desinfetante nas características sensoriais e nutricionais das frutas e hortaliças, pelo que se sugere que sejam avaliados esses efeitos por forma a que seja avaliada a sua eficiência em todos aspectos que envolvem qualidade de alimentos.

### Dióxido de cloro

Outro potente agente oxidante reconhecido como desinfetante, desde 1900, é o dióxido de cloro (Mahmound e Linton, 2008; Kim e Song, 2017). Este composto pode ser produzido por meio de duas reações: reação de um ácido com cloreto de sódio ou a reação do cloreto de sódio com gás cloro. Há indícios de que sua capacidade oxidante seja 2,5 vezes maior que a do cloro e menos reativo com matéria orgânica (López-Gálvez *et al.*, 2009; Kim e Song, 2017). Assim, apesar de ser um composto clorado, não produz quantidades significativas de trihalometanos, não sendo de risco ambiental nem para a saúde. A atividade antimicrobiana do dióxido de cloro é independente do valor de pH da solução desinfetante. A ação do dióxido de cloro é fundamentada na reação de oxidação de proteínas da membrana celular, incluindo aquelas envolvidas no transporte de solutos. Pela facilidade de penetração na membrana celular de bactérias, provoca alterações transmembranas dos gradientes iônicos e inibe a respiração celular.

Atua ainda na oxidação de grupos sulfidrilas (-SH) em enzimas com formação de dissulfito (-S-S-), que são análogos sem função (Ölmez e Kretzschmar, 2009; Kim e Song, 2017).

Apesar da estabilidade do dióxido de cloro ser superior à do cloro, este apresenta instabilidade durante a produção e armazenagem, portando torna-se necessário à sua preparação imediatamente antes da utilização (López-Gálvez *et al.*, 2009). A forma aquosa do dióxido de cloro é amplamente utilizada pela indústria de alimentos e pode ser usada como desinfetante para superfícies que entram em contato com alimentos (López-Gálvez *et al.*, 2009).

Na literatura há diversos registros de avaliação deste desinfetante em produtos minimamente processados. Morangos desinfetados com 5 mg.L<sup>-1</sup> de gás dióxido de cloro por 10 minutos, apresentaram uma redução de quatro ciclos logarítmicos comparada com a contagem inicial de mesófilos e, durante o armazenamento, a população manteve-se em números não detectáveis até o 12.º dia (Mahmound *et al.*, 2007). Srebernich (2007) usou solução de dióxido de cloro a 50 mg.L<sup>-1</sup>, durante 10 minutos em coentros e observou uma redução de três ciclos logarítmicos na população de coliformes totais, tendo concluído que este desinfetante pode ser uma alternativa ao hipoclorito de sódio.

Apesar da eficiência microbiológica apresentada em diversos trabalhos nos quais foi aplicado o dióxido de cloro, vale ressaltar que quando comparado com os demais compostos clorados, a sua aplicação requer um considerável investimento inicial na aquisição do equipamento. O responsável pela seleção do desinfetante a ser aplicado nos alimentos, deve ter conhecimento dos vários aspectos relacionados com este procedimento assim como com a eficiência na redução da contaminação, custo da aplicação e possíveis efeitos deletérios nas características sensoriais e nutricionais.

### Ozono

O ozono é uma forma triatômica do oxigênio que tem sido avaliado quanto à aplicação no processamento de alimentos devido ao seu alto poder

desinfetante e rápida degradação, o que impede a formação de resíduos nos alimentos tratados (Horváth *et al.*, 1985). Elimina os microrganismos pela oxidação progressiva de componentes celulares vitais de forma a impedir o crescimento microbiano, e conseqüentemente permite aumentar a vida de prateleira de diversas frutas e hortaliças (Horváth *et al.*, 1985; Parish *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2015).

O FDA, por considerá-lo substância GRAS, autorizou a sua aplicação no processo de lavagem de garrafas para comercialização de água nos Estados Unidos em 1982 (Chiattonne *et al.*, 2009). No entanto, foi utilizado pela primeira vez como agente conservante de alimentos em 1909, na forma gasosa, em câmaras frias de armazenagem de carnes (Chiattonne *et al.*, 2009).

Os principais sistemas de aplicação incluem a fase gasosa (exposição cíclica ou contínua ou por imersão em soluções ozonizadas (Aguayo *et al.*, 2006). Em comparação com o cloro, o ozono é um potente desinfetante, que se decompõe rapidamente sem deixar resíduos (Silva *et al.*, 2015). Contudo, é importante ressaltar que a sua aplicação requer cuidados por se tratar de um gás extremamente tóxico e pela possibilidade de formação de compostos bromados em água quando em presença do ião brometo. As concentrações deste gás devem ser controladas durante a aplicação uma vez que podem tornar-se tóxicas (Silva *et al.*, 2011).

Cavalcante *et al.* (2014) observaram que a água ozonizada utilizada nas concentrações de 0,6, 0,8 e 1,0 mg.L<sup>-1</sup> nos tempos de contacto de 1, 3 e 5 minutos provocou diferentes níveis de inativação de *E. coli* O157:H7 e de esporos de *B. subtilis*.

Zambre *et al.* (2010) verificaram que o ozono desempenhou um papel importante no aumento da vida de prateleira de tomates, uma vez que além de retardar o processo de maturação reduziu a alteração superficial causada por microrganismos, retardou ainda o desenvolvimento de cor vermelha, aumentou o tempo de vida útil para 12 dias quando armazenadas a 15°C. Kim *et al.* (1999) observaram uma redução na contagem de *E. coli* O157: H7, *P. fluorescens*, *L. mesenteroides* e *L. monocytogenes* para valores entre 1,5 e 5 log UFC g<sup>-1</sup> ao aplicar 1,5 mg.L<sup>-1</sup> de água ozonizada (25 °C)

durante 15 segundos. Selma *et al.* (2008) investigaram a eficiência do ozono gasoso na eliminação de *Salmonella* quando inoculada em casca de melão e observaram que uma concentração de 10000 mg.L<sup>-1</sup> durante 30 minutos a vácuo reduziu a contagem de *Salmonella* em melões não-maduros e melões maduros a 4,2 e 2,8 log UFC, respectivamente. Além disso, foi observado que o melão minimamente processado tratado com ozono gasoso, foi mantido a nível aceitável de qualidade visual, aroma e firmeza durante o armazenamento de 7 dias a 5°C.

Morais *et al.* (2015) observaram que o uso de ozono gasoso foi eficiente para a pós-colheita de morangos, sendo que os níveis de microrganismos permaneceram dentro dos limites aceitáveis e as propriedades físicas e químicas foram preservadas.

### Ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos são constituintes naturais de muitos alimentos e também são amplamente utilizados como aditivos (compostos GRAS) para conservação de alimentos devido a atividade antimicrobiana. A ação conservante é em parte devido à ação sobre o pH do alimento, principalmente os devido a moléculas não dissociadas de ácido. Nesta forma, os ácidos podem difundir-se através da membrana da célula microbiana e, quando o pH intracelular é maior do que a do meio circundante, dissociam-se, liberando prótons que provocam acidificação do citoplasma. Para eliminar os prótons em excesso e manter o pH interno, as células têm que gastar energia e assim, alteram as atividades metabólicas. Dessa forma, há alteração do transporte de nutrientes devido à alteração da permeabilidade da membrana, quelação de íons metálicos e redução da força protônica motora (Huang e Chen, 2011).

Os ácidos láctico, cítrico, acético e tartárico têm sido descritos como fortes antimicrobianos atuando sobre microrganismos mesófilos e psicrotróficos em frutas e hortaliças. De entre os ácidos orgânicos mais utilizados estão os ácidos acético, láctico e ascórbico. O ácido acético é aplicado como um agente antimicrobiano seguro, e quando utilizado em baixas concentrações, normalmente não causa efeitos secundários.

O ácido ascórbico e seus derivados são GRAS quando utilizados como antioxidantes em frutas, hortaliças e sumos de frutas para prevenir o escurecimento e reações oxidativas (Rico *et al.*, 2007). Os ácidos láctico, acético e cítrico têm capacidade de inibir o crescimento de *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* spp. em produtos frescos (Akbas e Ölmez, 2007). Em estudo de Huang e Chen (2011), o uso de ácido láctico a 1% foi o mais eficiente promovendo uma redução de 1,9 log UFC.g<sup>-1</sup> de *E. coli* O157:H7 em espinafres. Concentrações de 0,5% de ácido láctico ou de ácido cítrico aplicadas por 2 minutos mostraram-se tão eficientes como uma solução clorada a 100 mg.L<sup>-1</sup> para redução da população de *E. coli* e *L. monocytogenes* inoculadas em alfaces minimamente processadas (Akbas e Ölmez, 2007). Os mesmos autores verificaram maior eficiência do ácido láctico (5 mL L<sup>-1</sup>) e do ácido cítrico (5 g.L<sup>-1</sup>), em relação à água ozonizada (4 mg.L<sup>-1</sup>) e à solução clorada (100 mg.L<sup>-1</sup>) na desinfecção de alfaces minimamente processadas (Akbas e Ölmez, 2007). Sagong *et al.* (2011) também constataram o efeito sinérgico na utilização de ácido láctico, cítrico e málico (todos a 2%) combinados com ultrassons (40 kHz), por 5 minutos, na inativação de *E. coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium e *L. monocytogenes* inoculadas em alfaces orgânica, sem afetar significativamente a cor e textura. São José *et al.* (2014b) ao aplicarem ácido láctico a 1 % observaram uma redução de 1,80 log UFC.g<sup>-1</sup> e 2,00 log UFC.g<sup>-1</sup> nas hortaliças, respectivamente. Dados semelhantes aos achados de Park *et al.* (2009), em que o ácido láctico 1 % reduziu 1,78 log UFC.g<sup>-1</sup> e o ácido láctico 2% reduziu 2,53 log UFC.g<sup>-1</sup> em amostras de maçãs contaminadas com *Salmonella* Typhimurium.

### Ultrassons

O ultrassom é uma tecnologia adotada na indústria como descontaminante de superfícies e a sua utilização tem sido recomendada na indústria alimentar (Sango *et al.*, 2014; São José *et al.*, 2014a). No processamento de alimentos, os ultrassons de alta intensidade em baixas frequências de 20 a 100 kHz têm tido efeito na inativação de microrganismos. Esta inativação é consequência da cavitação, que consiste na formação, crescimento e colapso de bolhas, que geram uma energia mecânica e química localizada. A cavitação gera

condições localizadas de altas temperaturas e pressões denominadas de hot spots, além de liberar radicais livres que são gerados em função da dissociação de vapores presos nas bolhas. Também é gerada turbulência localizada e microcirculação de líquidos. Estas alterações promovidas pela cavitação contribuem para a ação de limpeza sobre as superfícies (Piyasena *et al.*, 2003; Gogate e Kabadi, 2009; São José *et al.*, 2014a).

Quando os ultrassons são aplicados associado com agentes químicos como  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$  o intenso gradiente de pressão permite a penetração desses agentes oxidantes pela membrana celular dos microrganismos. Além disso, a cavitação pode facilitar a desagregação de microrganismos presentes e assim, aumentar a eficiência dos desinfetantes químicos (Gil *et al.*, 2009).

Esta tecnologia proporciona vantagens em termos de rendimento, com melhor tempo de processamento, melhoria da qualidade, redução dos danos químicos e riscos físicos. A aplicação de ultrassons tem atraído a atenção pelo papel na sustentabilidade do meio ambiente e por não causar danos, enquadrando-se no conceito de tecnologia verde (São José *et al.*, 2014a; Rosário *et al.*, 2017). Outro fator importante para a sua utilização na indústria alimentar é o facto de não gerar odores desagradáveis e não ocasionar perda significativa de nutrientes, somado ao facto da possibilidade de ser aplicado à temperatura ambiente e sem libertação de calor (Piyasena *et al.*, 2003). Estas características permitem que esse processo seja aplicável a higienização de frutas e hortaliças.

Apesar de grande parte dos estudos com ultrassons ser realizada em sistemas líquidos (Piyasena *et al.*, 2003), sabe-se que microrganismos contaminantes em alimentos sólidos também podem ser inativados por estas ondas (São José e Vanetti, 2012, 2015; Birmpa *et al.*, 2013). A associação de ultrassons a agentes químicos pode contribuir para a inativação de microrganismos (São José e Vanetti, 2015; Rosário *et al.*, 2017).

Birmpa *et al.* (2013) ao tratar alfaces com ultrassons 37 kHz durante 30 min observaram reduções de 1,71, 1,88, 2,30 e 5,72 logs UFC.g<sup>-1</sup> na contagem de *S. aureus*, *L. innocua*, *E. coli* e *S. Enteritidis*, respectivamente. Seymour *et al.* (2002) registaram que a

associação de ultrassons com hipoclorito de sódio a 50 mg.L<sup>-1</sup> reduziu 1,2 log UFC.g<sup>-1</sup> de células de *Salmonella* Typhimurium em alface em comparação com o efeito produzido por tratamento apenas com solução clorada. Huang *et al.* (2006) aplicaram ultrassons 170 kHz combinado ao dióxido de cloro 20 mg.L<sup>-1</sup> e observaram uma redução de cerca de 4 log UFC.g<sup>-1</sup> na população de *Salmonella* e *E. coli* O157:H7. Zhou *et al.* (2009) também observaram uma redução de 0,7 a 1,1 ciclo log na contagem de *E. coli* O157:H7 em espinafres quando tratados com ultrassons combinado com desinfetantes relativamente ao resultado obtido apenas com o desinfetante. São José e Vanetti (2012) avaliaram o efeito de ultrassons associado ao ácido peroxiacético na remoção de *S. Typhimurium* à superfície de tomate cereja e observaram uma redução de 4 log UFC.g<sup>-1</sup>. Cao *et al.* (2010) relataram que os ultrassons são eficientes para inibir a incidência de alteração e preserva a qualidade no pós-colheita de morangos. Resultado semelhante foi obtido por Chen *et al.* (2011) que verificaram que a utilização de dióxido de cloro combinado com ultrassons permite a manutenção da qualidade no pós-colheita de ameixa japonesa (*Prunus salicina* L.). Forghani e Oh (2013) ao avaliar o efeito dos ultrassons 40 kHz associado à água eletrolizada seguido do enxaguamento em água em alfaces previamente contaminados com *E. coli* O157:H7, observou uma redução 2,6 log UFC.g<sup>-1</sup> da contagem desta bactéria. São José e Vanetti (2015) ao combinarem ultrassons (10 minutos, 45 kHz) com ácido peroxiacético a 40 mg.L<sup>-1</sup> obtiveram uma redução de 4 log UFC.g<sup>-1</sup> na população de fungos filamentosos e leveduras em morangos, enquanto que o ácido peroxiacético isoladamente reduziu em 2,9 log de UFC.g<sup>-1</sup>. Estes resultados indicam que os ultrassons associado a outros desinfetantes têm capacidade para potenciar a redução da carga microbiana.

Estes estudos têm demonstrado a eficiência dos ultrassons na inativação microbiana quando aplicado na etapa de higienização. É evidente que a combinação do processo de cavitação associado a agentes químicos, como ácidos orgânicos, pode potenciar a redução da contagem de microrganismos. Entretanto, são necessários mais estudos relacionados com os efeitos gerados sobre as características sensoriais e nutricionais, uma vez que se trata de um método físico de higienização.

## CONCLUSÃO

Embora existam diferentes desinfetantes utilizados no controle microbiológico de frutas e hortaliças minimamente processadas, a sobrevivência de microrganismos de alteração e patogênicos irá influenciar diretamente a conservação, a qualidade e a segurança do produto final. Para fornecer

respostas adequadas às necessidades da indústria de processamento mínimo, os métodos de higienização que visam a substituição do cloro devem ser bem avaliados para permitir a aplicação e garantir que o produto final não oferece riscos a nível microbiológico e mantém as características sensoriais e nutricionais do alimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo, E., Escalona, V. & Artés, F. (2006) – Effect of the cyclic exposure to ozone gas on phytochemical, sensorial and microbial quality in whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, vol. 39, p. 166-177. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.11.005>
- Akbas, M. & Ölmez, H. (2007) – Inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* on iceberg lettuce by dip wash treatments with organic acids. *Letters in Applied Microbiology*, vol. 44, n. 6, p. 619-624. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-765X.2007.02127.x>
- Alegre, I.; Viñas, I.; Usall, J.; Anguera, M. & Abadias, M. (2011) – Microbiological and physicochemical quality of fresh-cut Apple enriched with the probiotic strain *Lactobacillus rhamnosus* GC. *Food Microbiology*, vol. 28, n. 1, p. 59-66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2010.08.006>
- Álvaro, J. E.; Moreno, S.; Dianeze, F.; Santos, M.; Carrasco, G. & Urrestarazu, M. (2009) – Effects of peracetic acid disinfectant on the postharvest of some fresh vegetables. *Journal of Food Engineering*, vol. 95, n. 1, p. 11-15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.05.003>
- Andrade, N. J. (2008) – *Higiene na Indústria de Alimentos*. Varela, São Paulo. 412 p.
- Artés, F.; Gómez, P.; Aguayo, E., Escalona, V. & Artés-Hernandez, F. (2009) – Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. *Postharvest Biology and Technology*, vol. 51, n. 3, p. 287-296. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.10.003>
- Birmpa, A.; Sfika, V. & Vantakariz, A. (2013) – Ultraviolet light and Ultrasound as non thermal treatments for inactivation of micro-organisms in fresh read-to-eat foods. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 167, n. 1, p. 96-102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.06.005>
- Brasil (2013) – *Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água*. Instrução Normativa n. 62, de 26/08/2003. *Diário Oficial da União*, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, 18 set. 2003. Seção I, p. 14-51. [cit. 2013.08.31]. <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=2851>
- Brasil (2015) – *Surtos por Salmonella: dados estatísticos, sintomas e prevenção*. [cit. 2016.06.22]. <http://u.saude.gov.br/images/pdf/2015/novembro/09/Apresenta---o-dados-gerais-DTA-2015.pdf>
- Caixeta, D.S. (2008) – *Sanificantes químicos no controle de biofilmes formados por duas espécies de Pseudomonas em superfície de aço inoxidável*. 75 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Cao, S.; Hu, Z.; Pang, B.; Wang, H.; Xie, H. & Wu, F. (2010) – Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest. *Food Control*, vol. 21, n. 4, p. 529-532. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.08.002>
- Cavalcante, D.A.; Júnior, B.R.C.L.; Tribst, A.A.L. & Cristianini, M. (2014) – Inativação de *Escherichia coli* O157:H7 e *Bacillus subtilis* por água ozonizada. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, vol. 32, n. 1, p.105-112. <http://dx.doi.org/10.5380/cep.v32i1.36931>
- CDC (2011) – *Centers for Disease Control and Prevention Investigation update: Shiga toxin-producing E. coli O104 (STEC O104:H4) infections associated with travel to Germany*. Centers for Disease Control and Prevention. [cit. 2016.09.06]. <http://www.cdc.gov/ecoli/2011/ecoliO104/>

- CDC (2013) – *Multistate outbreak of Salmonella Saintpaul infections linked to imported cucumbers (Final Update)*. Centers for Disease Control and Prevention. [cit. 2016.06.07]. <http://www.cdc.gov/Salmonella/saintpaul-04-13/index.html>
- CDC (2015) – *Multistate outbreak of Salmonella Poona infections linked to imported cucumbers*. Centers for Disease Control and Prevention. [cit. 2016.07.03]. <http://www.cdc.gov/salmonella/poona-09-15/index.html>
- Chen, Z. & Zhu, C. (2011) – Combined effects of aqueous chlorine dioxide and ultrasonic treatments on post-harvest storage quality of plum fruit (*Prunus salicina* L.). *Postharvest Biology and Technology*, vol. 61, n. 2, p. 117-123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.03.006>
- Chiattonne, P.V.; Torres, L.M. & Zambiasi, R.C. (2008) – Aplicação do ozônio na indústria de alimentos. *Alimentos e Nutrição*, vol. 19, n. 3, p. 341-349.
- Cossu, A.; Le, P.; Young, G.M. & Nitin, N. (2017) – Assessment of sanitation of efficacy against *Escherichia coli* O157:H7 by rapid measurement of intracellular oxidative stress, membrane damage or glucose active uptake. *Food Control*, vol. 71, p. 293-300. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.009>
- Fernandes, P.É.; São José, J.F.B.; Zerdas, E.R.M.A.; Andrade, N.J.; Fernandes, C.M. & Silva, L.D. (2014) – Influence of the hydrophobicity and surface roughness of mangoes and tomatoes on the adhesion of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and evaluation of cleaning procedures using surfactin. *Food Control*, vol. 41, p. 21-26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.12.024>
- Forghani, F. & Oh, D. (2013) – Hurdle enhancement of slightly acidic electrolyzed water antimicrobial efficacy on Chinese cabbage, lettuce, sesame leaf and spinach using ultrasonication and water wash. *Food Microbiology*, vol. 36, n. 1, p. 40-45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2013.04.002>
- Gil, M.I.; Selma, M.V.; López-Gálvez, F. & Allende, A. (2009) – Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: problems and solutions. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 134, n. 1-2, p. 37-45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.05.021>
- Glowacz, M.; Mogren, L.M.; Reade, J.P.H.; Cobb, A.H. & Monaghan, J.M. (2013) – Can hot water treatments enhance or maintain postharvest quality of spinach leaves? *Postharvest Biology and Technology*, vol. 81, p. 23-28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.02.004>
- Gogate, P.R. & Kadi, A.M. (2009) – A review of applications of cavitation in biochemical engineering/biotechnology. *Biochemical Engineering Journal*, vol. 44, n. 1, p. 60-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2008.10.006>
- Graça, A.; Abadias, M.; Salazar, M. & Nunes, C. (2011) – The use of electrolyzed water as a disinfectant for minimally processed apples. *Postharvest Biology and Technology*, vol. 61, n. 2-3, p. 172-177. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.04.001>
- Gündüz, G.T.; Gönül, S.A. & Karapinar, M. (2010) – Efficacy of sumac and oregan in inactivation of *Salmonella* Typhimurium on tomatoes. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 141, n. 1-4, p. 39-44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.04.021>
- Guo, Y.; Li, M.; Han, H. & Cai, J. (2016) – *Salmonella enterica* serovar Choleraesuis on fresh-cut cucumber slices after reduction treatments. *Food Control*, vol. 70, p. 20-25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.05.030>
- Heaton, J.C. & Jones, K. (2008) – Microbial contamination of fruit and vegetables and the behaviour of enteropathogens in the phyllosphere: a review. *Journal of Applied Microbiology*, vol. 104, n. 3, p. 613-626. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03587.x>
- Horváth, M.; Bilitzky, L. & Hüttner, J. (1985) – Bactericidal, sterilizing and other effects in lower organisms. *In: Ozone*. Science, Budapest. cap. 3, p. 69-74.
- Huang, T.S.; Xu, C.L.; Walker, K.; West, P.; Zhang, S.Q. & Weese, J. (2006) – Decontamination efficacy of combined chlorine dioxide with ultrasonication on apples and lettuce. *Journal of Food Science*, vol. 71, n. 4, p. M134-M139. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00015.x>
- Huang, Y. & Chen, H. (2011) – Effect of organic acids, hydrogen peroxide and mild heat on inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 on baby spinach. *Food Control*, vol. 22, n. 8, p. 1178-1183. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.01.012>
- Huang, Y.; Ye, M. & Chen, H. (2012) – Efficacy of washing with hydrogen peroxide followed by aerosolized antimicrobials as a novel sanitizing process to inactivate *Escherichia coli* O157: H7 on baby spinach. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 153, n. 3, p. 306-313. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.11.018>

- Joshi, K., Mahendran, R.; Alagusundaram, K.; Norton, T. & Tiwari, B.K. (2013) – Novel disinfectants for fresh produce. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 34, n. 1, p. 54-61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2013.08.008>
- Kim, J.G.; Yousef, A. & Dave, S. (1999) – Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of food: a review. *Journal of Food Protection*, vol. 62, n. 9, p. 1071-1087.
- Kim, H. & Song, K.B. (2017) – Combined treatment with chlorine dioxide gas, fumaric acid, and ultraviolet-C light for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* inoculated on plums. *Food Control*, vol. 71, p. 371-375. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.022>
- Kitis, M. (2004) – Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. *Environment International*, vol. 30, n. 1, p. 47-55. [http://dx.doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00147-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00147-8)
- López-Gálvez, F.; Allende, A.; Selma, M.V. & Gil, M.I. (2009) – Prevention of *Escherichia coli* cross-contamination by different commercial sanitizers during washing of fresh-cut lettuce. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 133, n. 1-2, p. 167-171. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.05.017>
- Mahmound, B.S. & Linton, R.H. (2008) – Inactivation kinetics of inoculated *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* on lettuce by chlorine dioxide gas. *Food Microbiology*, vol. 25, n. 2, p. 244-252. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2007.10.015>
- Mahmound, B.S.M.; Bhagat, A.R. & Linton, R.H. (2007) – Inactivation kinetics of inoculated *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* on strawberries by chlorine dioxide gas. *Food Microbiology*, vol. 24, n. 7-8, p. 736-744. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2007.03.006>
- Morais, M.L.; Alvinhão, J.E.O.; Franco, D.V.; Silva, E. B. & Pinto, N.A.V.D. (2015) – Application of ozone aiming to keep the quality of strawberries using a low cost reactor. *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 37, n. 3, p. 559-567. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-181/14>
- Olaimat, A. N. & Holley, R. A. (2012) – Factors influencing the microbial safety of fresh produce: a review. *Food Microbiology*, vol. 32, n. 1, p. 1-19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2012.04.016>
- Ölmez, H. & Kretzschmar, U. (2009) – Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. *Food Science and Technology*, vol. 42, n. 3, p. 686-693. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2008.08.001>
- Ongeng, D.; Devlieghere, F.; Debevere, J.; Coosemans, J. & Ryckeboer, J. (2006) – The efficacy of electrolysed oxidising water for inactivating spoilage microorganisms in process water and on minimally processed vegetables. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 109, n. 3, p. 187-197. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.12.013>
- Park, E.J.; Alexander, E.; Taylor, G.A.; Costa, R. & Kang, D.H. (2009) – The decontaminative effects of acidic electrolyzed water for *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on green onions and tomatoes with differing organic demands. *Food Microbiology*, vol. 26, n. 4, p. 386-390. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2008>
- Parish, M.E.; Beuchat, L.R.; Suslow, T.V.; Harris, L.J.; Garret, E.H.; Farber, J.N. & Busta, F.F. (2003) – Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 2, sup. 1, p. 161-173. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00033.x>
- Piyasena, P.; Mohareb, E.; Mckellar, R.C. (2003) – Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 87, n. 3, p. 207-216. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00075-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00075-8)
- Rico, D.; Martín-Diana, A.B.; Barat, J.M. & Barry-Ryan, C. (2007) – Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science and Technology*, vol. 18, n. 7, p. 373-386.
- Rosário, D.K.A.; Mutz, Y.S.; Peixoto, J.M.C.; Oliveira, S.B.S.; Carvalho, R.V.; Carneiro, J.C.S.; São José, J.F.B. & Bernardes, P.C. (2017) – Ultrasound improves chemical reduction of natural contaminant microbiota and *Salmonella enterica* subsp. *enterica* on strawberries. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 241, p. 23-29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.10.009>
- Ruiz-Cruz, S.; Félix, E.A.; Cinco, M.D.; Osuna, M.A.I. & Aguilar, G.A.G. (2007) – Efficacy of sanitizers in reducing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* populations on fresh-cut carrots. *Food Control*, vol. 18, n. 11, p. 1383-1390. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.09.008>
- Sagong, H.G.; Lee, S.Y.; Chang, P.S.; Heu, S.; Ryu, S.; Choi, Y.J. & Kang, D.H. (2011) – Combined effect of ultrasound and organic acids to reduce *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on organic fresh lettuce. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 145, n. 1, p. 287-292. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.01.010>

- Sango, D. M.; Abela, D.; McElhatton, A. e Valdramidis, V.P. (2014) – Assisted ultrasound applications for the production of safe foods. *Journal of Applied Microbiology*, vol. 116, n. 5, p. 1067-1083. <http://dx.doi.org/10.1111/jam.12468>
- São José, J.F.B.; Andrade, N.J.; Ramos, A.M.; Vanetti, M.C.D.; Stringheta, P.C. e Chaves, J.B.P. (2014a) – Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables. *Food Control*, vol. 45, p. 36-50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.04.015>
- São José, J.F.B.; Medeiros, H.S.; Bernardes, P.C. e Andrade, N.J. (2014b) – Removal of *Salmonella enterica* Enteritidis and *Escherichia coli* from green peppers and melons by ultrasound and organic acids. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 190, p. 9-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.08.015>
- São José, J.F.B. e Vanetti, M.C.D. (2012) – Effect of ultrasound and commercial sanitizers on natural microbiota and *Salmonella enterica* Typhimurium on cherry tomatoes. *Food Control*, vol. 24, n. 1-2, p. 95-99. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.09.008>
- São José, J.F.B. e Vanetti, M.C.D. (2015) – Application of ultrasound and chemical sanitizers to watercress, parsley and strawberry: Microbiological and physicochemical quality. *LWT – Food Science and Technology*, vol. 63, n. 2, p. 946-952. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.029>
- Selma, M.V.; Ibañez, A.M.; Allende, A.; Cantwella, M. e Suslow, T. (2008) – Effect of gaseous ozone and hot water on microbial and sensory quality of cantaloupe and potential transference of *Escherichia coli* O157:H7 during cutting. *Food Microbiology*, vol. 25, n. 1, p. 162-168. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2007.06.003>
- Seymour, I.J.; Burfoot, D.; Smith, R.L.; Cox, L.A. e Lockwood, A. (2002) – Ultrasound decontamination of minimally processed fruits and vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 37, n. 5, p. 547-557. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00613.x>
- Silva, J.P.; Costa, S.M.; Oliveira, L.M.; Vieira, M.C.S.; Vianello, F. e Lima, G.P.P. (2015) – Does the use of ozonized water influence the chemical characteristics of organic cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*)? *Journal of Food Science and Technology*, vol. 52, n. 11, p. 7026-7036. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-015-1817-0>
- Silva, S.B.; Luvielmo, M.M.; Geyer, M.C. e Prá, I. (2011) – Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 32, n. 2, p. 659-682.
- Srebernich, S.M. (2007) – Utilização do dióxido de cloro e do ácido peracético como substitutos ao hipoclorito de sódio na sanitização do cheiro-verde minimamente processado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, vol. 27, n. 4, p.744-750. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612007000400012>
- Srey S.; Jahid, I.K. e Ha, S.D. (2013) – Biofilm formation in food industries: a food safety concern. *Food Control*, vol. 31, n. 2, p. 572-585. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.12.001>
- Ukuku, D.O. (2004) – Effect of hydrogen peroxide treatment on microbial quality and appearance of whole and fresh-cut melons contaminated with *Salmonella* spp. *International Journal Food Microbiology*, vol. 95, n. 2, p. 137-146. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.01.021>
- Warriner, K.; Huber, A.; Fan, W. e Dunfield, K. (2009) – Recent advances in the microbial safety of fresh fruits and vegetables. *Advances in Food and Nutrition Research*, vol. 57, p. 155-208. [http://dx.doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)57004-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1043-4526(09)57004-0)
- Zambre, S.S.; Venkatesh, K.V. e Shah, N.G. (2010) – Tomato redness for assessing ozone treatment to extend the shelf life. *Journal of Food Engineering*, vol. 96, n. 3, p. 463-468. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.027>
- Zhou, B.; Feng H. e Luo, Y. (2009) – Ultrasound enhanced sanitizer efficacy in reduction of *Escherichia coli* O157:H7 population on spinach leaves. *Journal of Food Science*, vol. 74, n. 1, p. 308-313. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01247.x>