

ARTIGO DE REVISÃO

Métodos alternativos e promissores ao uso de hipoclorito de sódio na desinfecção de frutas e hortaliças minimamente processadas

Alternative and promising methods for using sodium hypochlorite in the disinfection of minimally processed fruits and vegetables

Ana Luiza de Melo Silva¹ , Karine Leão Misquita¹ ; Carlos Eduardo de Faria Cardoso² , Iracema Maria Carvalho da Hora¹ , Eliana de Souza Marques dos Santos¹ 

¹Instituto Federal do Rio de Janeiro, Campus Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

²Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN) - UNIRIO, RJ, Brasil.

RESUMO: A aplicação de técnicas de processamento mínimo sobre matrizes hortícolas caracteriza-se como uma alternativa de conservação, potencializando a vida de prateleira do produto alimentício. Atualmente, a ANVISA permite apenas o uso de agentes clorados na higienização de alimentos, o que vêm sendo questionado pela comunidade científica, uma vez que podem produzir resíduos inerentes de seu metabolismo, que por muitas vezes podem ser perigosos à saúde humana e ao meio ambiente. Assim, o presente trabalho objetiva, através de uma revisão narrativa da bibliografia, identificar e descrever a eficácia de produtos alternativos a compostos clorados, na sanitização de frutas e hortaliças minimamente processadas. Verificou-se que entre as alternativas propostas pela literatura, estão o peróxido de hidrogênio, detergentes tensoativos, revestimentos comestíveis e ácidos orgânicos, como tratamentos promissores em substituição de compostos clorados, especialmente se aliados à refrigeração dos alimentos. No entanto, recomenda-se o desenvolvimento de estudos que elaborem uma melhor avaliação destes produtos e que avaliem principalmente variáveis relacionadas ao processamento, tais como tempo de armazenagem, exposição e concentração dos produtos alternativos propostos.

Palavras-chave: métodos alternativos; hipoclorito de sódio; sanitização.

ABSTRACT: The application of minimal processing techniques on horticultural matrices is characterized as an alternative for conservation, enhancing the shelf life of the food product. Currently, ANVISA allows only the use of chlorinated agents in food hygiene, which has been questioned by the scientific community, since they can produce residues inherent in their metabolism, which can often be dangerous to human health and the environment. Thus, the present work aims, through a narrative review of the bibliography, to identify and describe the efficacy of alternative products to chlorinated compounds in the sanitization of minimally processed fruits and vegetables. It was found that among the alternatives proposed by the literature are hydrogen peroxide, surfactant detergents, edible coatings and organic acids, as promising treatments to replace chlorinated compounds, especially if combined with food refrigeration. However, it is recommended the development of studies that elaborate a better evaluation of these products and that evaluate mainly variables related to processing, such as storage time, exposure and concentration of the proposed alternative products.

Keywords: alternative methods; sodium hypochlorite; sanitization.

INTRODUÇÃO

Alimentos minimamente processados apresentam-se como opção alternativa que prolonga efetivamente a vida útil de alimentos frescos (*in natura*), atendendo às necessidades de indivíduos que priorizam a conveniência na preparação e consumo das refeições. Esses tipos de alimentos têm se tornado cada vez mais predominantes nos mercados nacionais (Sant'ana *et al.*, 2020) e estão disponíveis como produtos prontos para consumo. Eles podem passar por uma série de etapas de processamento, que abrangem várias etapas, como seleção, corte, fatiamento, lavagem, desinfecção, enxágue, embalo e armazenamento, entre outras. Apesar desses processos, alimentos minimamente processados mantêm seu frescor, apresentam qualidades sensoriais satisfatórias e são considerados seguros para consumo humano (Gomes *et al.*, 2005).

Neste amplo grupo, as hortaliças folhosas são de grande importância, principalmente sob a ótica socioeconômica. Além de substancialmente nutritivas, geram emprego e renda em todos os elos de sua cadeia produtiva, sendo produzidas mais de 1.317,6 toneladas ao ano, distribuindo-se entre alface (43,7%), repolho (31,7%), couve (9,1%), agrião (7,6%), espinafre (3,1%), rúcula (2,0%) e outras (2,1%) como as principais (Vilela & Luengo, 2017).

Os alimentos minimamente processados tornam-se convenientes e atrativos para os consumidores, pois a depender do grau de processamento, eles tendem a manter a qualidade nutricional e sensorial características dos produtos frescos, por reduzir o tempo de preparo das refeições, de fácil armazenamento, com o mínimo desperdícios e serem prontos para consumo (Alvarenga *et al.*, 2014; Finger *et al.*, 2020; De corato, 2020; Santos *et al.*, 2020).

As injúrias causadas durante o processamento mínimo, em geral, promovem a remoção de barreiras naturais, como as cascas e os cortes nos vegetais, o que pode favorecer a contaminação por microrganismos deteriorantes muitas vezes percebida no odor, amolecimento da estrutura e escurecimento. Este escurecimento pode estar relacionado com a atividade das polifenoloxidas e enzimas pectinolíticas, que em massa estão envolvidas na perda de textura (amolecimento) de alimentos, em especial os minimamente processados (Porte & Maia, 2001; Jay *et al.*, 2005).

Entretanto, na interface do processamento de alimentos, é reconhecido a existência de alguns fatores que promovem ou limitam o desenvolvimento de microrganismos em alimentos minimamente processados. Esses fatores podem ser provenientes tanto da manipulação, higienização e armazenamento (fatores extrínsecos) quanto características

inerentes ao próprio alimento (fatores intrínsecos), tais como pH, atividade de água (A_w), inibidores naturais e a presença de nutrientes com ação antimicrobiana (Hoffmann, 2001). No entanto, os vegetais minimamente processados correm o risco potencial de contaminação microbiológica ao longo de toda a cadeia produtiva, principalmente relacionado ao manipulador (Finger *et al.*, 2020).

Nesta perspectiva, a aplicação de sanitizantes químicos objetiva reduzir a microbiota patogênica que possivelmente pode estar nestes alimentos, a níveis seguros estabelecidos pela legislação. No Brasil, os padrões microbiológicos estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) através da Instrução Normativa (IN) nº 60, asseguram que não há presença segura do gênero *Salmonella* em alimentos entendidos como “minimamente processados”, enquanto que para o gênero *Escherichia coli* a presença é limitada a 102 UFC/g (Brasil, 2019a).

Portanto, a aplicação adequada dos sanitizantes depende de características inerentes ao alimento, do tipo de microrganismo alvo, do tempo de contato, da concentração e temperatura da solução (Nunes, 2010). No Brasil, compostos clorados são os únicos sanitizantes permitidos pela legislação, sendo o hipoclorito de sódio (NaOCl) o mais amplamente utilizado (Brasil, 2019b).

O princípio ativo do NaOCl são os íons de halogênio, que atuam como um antimicrobiano de ação imediata em amplo espectro sob espécies bacterianas. De forma geral, em seu metabolismo, íons hidroxila danificam o DNA e os lipídeos de membrana das bactérias, além de elevar o pH do meio, acarretando a desnaturação de proteínas e prejudicando as condições celulares ideais para sobrevivência destas espécies. Em tempo, Íons de cloreto quebram ligações peptídicas dissolvendo proteínas e liberando mais cloraminas, que são antibacterianas. Entretanto, o material possui desvantagens como ser citotóxico aos diferentes tecidos (Marins *et al.*, 2012; Teixeira *et al.*, 2018; Böhle *et al.*, 2022), possuir cheiro e gosto desagradável e capacidade de ativar reações alérgicas

Uma vez identificado deste padrão, o presente trabalho objetiva, por meio de uma revisão narrativa da bibliografia, avaliar e descrever a eficácia de produtos com potencial sanitizante que possam atuar como alternativas a compostos clorados, em específico o NaOCl na sanitização de frutas e hortaliças minimamente processadas.

DESENVOLVIMENTO

Metodologia científica

O presente estudo trata-se de uma revisão narrativa da bibliografia, no qual optou-se pela adoção das recomendações propostas por Liberati *et al.* (2009), através de metadados previstos na metodologia PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Por meio da aplicação da base teórica deste método, os estudos selecionados para a presente revisão seguiram o fluxo de: identificação, seleção, elegibilidade e inclusão.

De modo geral, os textos incluídos nesse estudo, atenderam aos seguintes critérios delimitados no desenho metodológico: textos na íntegra em inglês, português e/ou espanhol; artigos originais; dissertações e teses. Já em relação aos critérios de exclusão dos textos, foram rejeitados: resumos de qualquer natureza, trabalhos estruturados apresentados em anais de congressos, simpósios, trabalhos de conclusão de curso de graduação (TCC) e trabalhos que não cumpriam o requisito de estarem escritos nos idiomas selecionados. Destaca-se que não foi estabelecido uma lacuna temporal específica para tal coleta de dados, buscando reunir o máximo de informações possíveis acerca do tema.

A fim de cumular as informações necessárias para obtenção dos resultados previstos, as pesquisas foram realizadas nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico®; Scielo; Science Direct; PubMed, Scopus, Web of Science e Portal Brasileiro de Teses e Dissertações (BDTD).

Sanitização de alimentos

Todo o processo de sanitização visa a redução da carga microbiana do produto, que pode ser favorecida pelo processamento da matriz alimentar, atrelada principalmente ao manuseio e do aumento de injúrias mecânicas. Esse processamento, pode levar a matriz alimentar a uma exposição que por sua vez, aumenta a possibilidade de deterioração por patógenos, levando ao aceleramento da perda de qualidade e redução do tempo de prateleira dos produtos (Furlaneto, 2019; Giannoni *et al.*, 2021).

Na interface de metodologias processuais que focam na redução dessa carga patogênica, um dos agentes mais utilizados para higienização de alimentos é o hipoclorito de sódio (NaClO). Este composto químico é utilizado para higienização de alimentos por imersão, e normalmente utiliza-se soluções que podem variar de 100 a 200 ppm por tempo

variável máximo de 15 minutos, seguido de 2 a 3 enxágues em água corrente (Gomes *et al.*, 2005; Costa, 2012). As principais vantagens do uso do hipoclorito de sódio são atreladas a sua facilidade de acesso comercial, o baixo custo, a atividade contra diversos microrganismos, a estabilidade, dentre outras (Fukuzaki, 2006).

Em vegetais minimamente processados como frutas e hortaliças, a ação do cloro e seus metabólitos está relacionada com a sua capacidade oxidativa de reagir com as proteínas da membrana celular bacteriana, formando o composto N-cloro, interferindo no transporte de nutrientes para célula bacteriana, levando-a a morte (Giannoni *et al.*, 2021).

No entanto, existem alguns aspectos que causam preocupações em relação ao uso desse agente. A principal delas é o fato de que, apesar da baixa reatividade, uma vez que ocorre a ligação entre cloro e matéria orgânica, ela dificilmente é desfeita e tende a se acumular. Neste sentido, em decorrência do acúmulo há formação de organoclorados, que são neurotoxinas, e dos trihalometanos, como o clorofórmio, que são potencialmente carcinogênicos, o seu acúmulo representa não só um desafio à ciência como também um perigo aos seres vivos (Varise, 2013).

Neste sentido, outros agentes sanitizantes, que apresentem a mesma linha de eficiência, têm sido estudados e vistos como alternativas possíveis para a substituição do hipoclorito de sódio na higienização destas matrizes, como ácido acético, ácido peracético e o dióxido de cloro que ganharam aceitação por serem considerados tão eficazes quanto o cloro/ NaClO (Arenstein, 2003; Srebernick, 2007; Furlaneto, 2019).

Substâncias alternativas ao uso de NaClO

Peróxido de hidrogênio

A utilização de produtos seguros e eficazes alternativos ao uso de compostos clorados na sanitização de alimentos tem sido cada vez mais pesquisada e disseminada na esfera científica. Dentre eles, surge como opção o peróxido de hidrogênio que, além de gerar resíduos que são transformados em água e oxigênio pela enzima catalase, possui baixo custo e, é de fácil acessibilidade (Serena, 2020). Ele apresenta como desvantagem, necessitar de um longo tempo de contato quando em baixas temperaturas e exigir precauções durante a manipulação e dosagem, além de apresentar poder corrosivo sobre metais como o cobre, o bronze e o zinco (José, 2017).

O peróxido de hidrogênio é classificado no grupo dos chamados “GRAS” (Geralmente Reconhecido Como Seguro) apresentando-se como um possível substituto ao NaClO, por ser um produto altamente oxidante capaz de, através da liberação do oxigênio, apresentar atividade bacteriostática e bactericida (Possamai, 2014).

Serena *et al.* (2020) ao comparar a sanitização de tomates orgânicos do tipo italiano (*Solanum lycopersicum*) com hipoclorito de sódio (6%), ácido acético (5%) e peróxido de hidrogênio (5%), observou redução significativa na carga de *Salmonella sp.* e *Escherichia coli* para todos os tratamentos de forma bem similar. O vegetal foi imerso por 2 minutos nos diferentes sanitizantes e, em seguida, enxaguados em água corrente e secos a temperatura ambiente. A análise microbiológica demonstrou que houve pouca diferença entre as soluções, porém, todas apresentaram redução significativa de 5% em relação ao controle.

A análise sensorial e de cor demonstrou que não houve alterações perceptíveis ao consumidor para o peróxido de hidrogênio, solução selecionada para análise. O estudo demonstrou que a sanitização com peróxido de hidrogênio a 5% foi eficiente para a redução da microbiota patogênica em tomates orgânicos.

Srebernich (2007) verificou, através de análises microbiológicas, a eficiência do dióxido de cloro e do ácido peracético em comparação ao hipoclorito de sódio (120 ppm/15 minutos) no controle da microbiota patogênica acompanhante do cheiro-verde minimamente processado e constataram que ambos os sanitizantes (dióxido de cloro 50 ppm/10 minutos e ácido peracético a 80 ppm/5 minutos) estariam aptos a substituir o hipoclorito de sódio (120 ppm/15 minutos).

Palharini *et al.* (2017) que avaliou a sanitização da Vagem (*Phaseolus vulgaris L.*) minimamente processada com peróxido de hidrogênio nas concentrações 0,5; 1 e 2%, obteve redução acima de 1^{log} de *E. coli* e *S. enteritidis*. O tempo de imersão para todas as concentrações foi de 10 minutos mantidos com agitador de microplacas e, em seguida, o excesso de solução foi drenado e as vagens armazenadas por 4 dias à 10 ± 0,5 °C.

A análise de *S. enteritidis* e *E. coli* nas vagens foi realizada imediatamente após aplicação dos tratamentos e aos quatro dias de armazenamento. A redução de *E. coli* foi superior a 1^{log} logo após o procedimento e após os 4 dias de armazenamento a redução foi superior a 2^{log} (ação residual). O tratamento que se utilizou de peróxido de hidrogênio apresentou redução de 2^{log} de *S. enteritidis* logo após o processamento, não apresentando maiores reduções ao longo do armazenamento.

A sanitização com peróxido de hidrogênio demonstrou ser eficaz em todas as concentrações na redução de microrganismos e a solução de 2% também foi eficaz na redução do escurecimento na superfície da vagem, porém sugere-se que este elemento químico, pode ocasionar manchas na casca, inviabilizando sua utilização e comercialização.

Assim como Palahani *et al.* (2017), no estudo de Rodrigues *et al.* (2011), ao comparar o efeito do peróxido de hidrogênio e hipoclorito de sódio em Pequis (*Caryocar brasiliense* Cambess) minimamente processados, ao final dos dias de armazenamento observou-se maior atividade da enzima peroxidase (PER), associada ao escurecimento enzimático. O estudo analisou o efeito do tipo de corte e de sanificantes, utilizando dois tipos de processamento (inteiro e fatiado) e foram testadas concentrações de 4 e 6% peróxido de hidrogênio.

Verificou-se que até o terceiro dia de armazenamento, não houve alterações significativas na atividade de PER, porém, o peróxido de hidrogênio a 6% apresentou maior atividade da enzima no alimento fatiado ao final do 6º dia de experimento e do alimento inteiro ao final do 9º dia de experimento.

Mareloti *et al.* (2020) avaliou a sanitização com peróxido de hidrogênio em morangos (*Fragaria × ananassa*) frescos e seu impacto no tempo de prateleira. Os morangos foram submersos em solução de peróxido de hidrogênio a 8% e o tempo variou de 0 a 60 minutos. O estudo foi conduzido em temperatura ambiente e sob refrigeração (8°C) e foi realizado acompanhamento por observação subjetiva (visual) diariamente, para avaliar o processo de deterioração ao longo dos dias de armazenamento.

Notou-se que os morangos em contato com o peróxido de hidrogênio por 60 minutos apresentaram redução de 4^{\log} UFC/g e conservação por até 10 dias sob refrigeração e 5 dias em temperatura ambiente. A imersão em peróxido aliada a refrigeração apresentou-se como uma alternativa viável para o prolongamento da conservação do alimento. No entanto, houve perdas significativas de atributos de qualidade, como cor e conteúdo total de antocianinas. O tempo de imersão testado foi eficiente, entretanto, superior ao recomendado para o hipoclorito de sódio, por exemplo.

Reis (2008) que utilizou de peróxido de hidrogênio a 10% em morangos por 15 minutos, obteve resultados satisfatórios quanto aos atributos físico-químicos analisados. No estudo, Mareloti *et al.* (2020) apresenta um gráfico que demonstra que a imersão por 10 minutos dos morangos na solução de peróxido de hidrogênio já foi capaz de reduzir mais de

1 ciclo^{log} de *E. coli* em comparação com o grupo controle, o que demonstra a eficiência do sanitizante no alimento.

Guo *et al.* (2016) comparou diferentes tratamentos em Pepinos (*Cucumis sativus*), dentre eles foi utilizado o peróxido de hidrogênio nas concentrações de 2,5% e 5%. O armazenamento foi feito por 48h (2 dias) com temperatura de 4 e 25 °C e o tempo de exposição aos tratamentos variou. O tempo de imersão em ambas as soluções de peróxido foi de 1 e secagem de 15 minutos. O tratamento com peróxido de hidrogênio na concentração de 5% demonstrou mais eficiente na redução de *S. Choleraesuis* nas diferentes temperaturas analisadas apresentando redução de $1,4 \pm 0,2$ UFC/g. O peróxido de hidrogênio a 2,5% também apresentou redução significativa, no entanto, o armazenamento a 25°C demonstrou uma contagem mais elevada em relação a temperatura de 4°C.

O tratamento utilizando o peróxido de hidrogênio como sanitizante em alimentos minimamente processados demonstra ser promissor com base na literatura atual citada. A substância demonstrou capacidade similar a compostos clorados na redução de carga microbiana patogênica.

Aponta-se ainda, que a concentração mais amplamente testada de peróxido de hidrogênio que apresentou, além de redução a níveis seguros de microrganismos, conservação de parâmetros físico-químicos, bioquímicos e sensoriais, foi de 5%. Destaca-se que valores elevados do elemento, a depender da concentração utilizada, pode agir rompendo células vegetais, o que afeta a textura do alimento, por isso, a concentração máxima recomendada é de 8%.

O levantamento referido neste trabalho, aponta a variável “tempo”, no qual delimita-se que tempos de contato longos em imersão, implicou em perdas de atributos significativos, portanto, o tempo de imersão ideal seria de 2 a 15 minutos, no máximo. O processamento mínimo de alimentos resulta no aumento da atividade de enzimas do metabolismo vegetal que, ao interagirem com compostos fenólicos geram eventos diversos a depender da matriz, mas que no geral a oxidação destas substâncias, resultam no escurecimento do alimento (Silva, 2009). Segundo Rodrigues *et al.* (2011) o aumento de atividade da enzima PER, associada ao escurecimento enzimático, na presença de peróxido de hidrogênio pode estar relacionada à capacidade da enzima de catalisar a oxidação de alguns compostos amínicos aromáticos de outros fenólicos com posterior formação de polímeros escuros. A peroxidase

pode promover a oxidação de compostos fenólicos na presença de peróxido de hidrogênio, o que indica uma desvantagem no uso da substância.

Sob refrigeração, observa-se a diminuição da atividade das enzimas causadoras do escurecimento de matrizes alimentares, dificultando o acoplamento enzima-substrato pela diminuição da energia cinética das moléculas (Silva, 2009), configurando-se, portanto, como uma alternativa viável para o prolongamento da conservação do alimento e de suas características sensoriais e nutricionais, ao utilizar o peróxido.

Ácidos orgânicos

Outra alternativa viável, para a substituição dos compostos clorados, são os ácidos orgânicos. Alguns deles já são utilizados indiretamente como conservantes, como o ácido acético, presente no vinagre, e os ácidos ascórbico e cítrico, encontrados no limão e em frutas com certo grau de acidez. O ácido peracético também foi investigado.

De modo geral, esses ácidos têm uma capacidade de dissociação reduzida, se caracterizando como ácidos fracos, e, em contato com células microbianas, penetram em seu interior, modificando o pH e sua homeostase, o que pode levar a uma redução do potencial de multiplicação. Além disso, os ânions capazes de se formar prejudicam reações metabólicas das células microbianas (Burin, 2014).

O ácido peracético demonstra um comportamento semelhante ao peróxido de hidrogênio e ao hipoclorito de sódio, sendo um forte agente oxidante capaz de promover danos à parede celular de microrganismos e inibir reações enzimáticas deteriorantes (Pinheiro, 2012). O ácido cítrico, que possui conhecida ação acidulante, e o ácido ascórbico, que atua como antioxidante, são capazes de impedir a ação de enzimas responsáveis pelo escurecimento enzimático, um dos fatores que diminuem a qualidade sensorial dos alimentos (Cordeiro, 2018). Entretanto, Amrutha *et al.* (2017) constataram que os ácidos acético, láctico e cítrico são eficazes na redução da carga microbiana associada a frutas e vegetais frescos.

Kovalski (2017) avaliou a sanitização de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris L.*) minimamente processado com ácido peracético nas concentrações de 0,01% a 0,04% em comparação com a sanitização com hipoclorito de sódio, sem mencionar por quanto tempo as vagens ficaram imersas nas soluções sanitizantes. O enxágue foi feito em água corrente por 5 minutos e as vagens foram embaladas e armazenadas por 10 dias a 5°C. Verificou-se que as vagens tratadas com ácido peracético não apresentaram alterações significativas que

prejudicasse o alimento, e se mantiveram conservadas durante o período de armazenamento. A contagem de microrganismos demonstrou ausência de *Salmonella* spp e *E. coli* e níveis muito baixos de coliformes termotolerantes, sem ultrapassar o limite de 10^2 NMP.^{g-1} até o final do armazenamento, o que sugere uma boa qualidade do produto.

Na análise sensorial observou-se que após 2 dias de armazenamento, vagens sanitizadas com 0,04% de ácido peracético apresentaram melhor desempenho geral em todos os atributos testados, ou seja, essa concentração teria sido mais eficiente em manter a qualidade sensorial do produto.

Cordeiro (2018) estudou a eficiência de diferentes concentrações (1, 2 e 3%) de ácido cítrico e ácido ascórbico em batata-doce (*Ipomoea batatas* L) minimamente processada, armazenadas durante 8 dias à 5°C, analisando parâmetros físico-químicos e bioquímicos, como pH, teor de sólidos solúveis, atividade e escurecimento enzimático, entre outros. A imersão nos agentes sanitizantes foi por 1 minuto.

Os resultados demonstraram que a concentração de 2% de ácido cítrico teve um melhor efeito na inibição do escurecimento enzimático. O ácido ascórbico a 2% também apresentou bons resultados para os parâmetros analisados, entre as concentrações estudadas.

Vitorino *et al.* (2013) avaliou sanitização de couve (*Brassica oleracea* L.) minimamente processada com ácido acético 0,2% e ácido ascórbico 0,2%, em comparação com o hipoclorito de sódio 200 ppm e em associação ao mesmo. A imersão nas soluções foi feita durante 10 minutos e os autores não mencionaram enxágue. As couves foram embaladas e armazenadas por 15 dias a 10°C. A análise microbiológica demonstrou que o ácido acético foi eficiente na redução de coliformes totais, tendo desempenho semelhante ao hipoclorito de sódio. Já a contagem de leveduras e bolores foi mais baixa nas couves sanitizadas com hipoclorito de sódio + ácido acético. A contagem de coliformes termotolerantes se demonstrou acima do limite de 10^2 NMP.^{g-1} nas couves sanitizadas com ácido acético após 10 dias, enquanto o uso do ácido ascórbico manteve a contagem abaixo do limite durante os 15 dias. Para *Salmonella* spp, demonstrou que a utilização do ácido ascórbico e do ácido acético foram eficientes na sua remoção, sendo detectada apenas no dia 0, ou seja, após o procedimento de sanitização.

Com base nos dados apresentados, pode-se considerar que os ácidos orgânicos possuem um alto potencial de utilização para desinfecção de alimentos minimamente processados, uma vez que demonstram capacidade similar ou superior ao hipoclorito na

redução de bactérias patogênicas, mesófilos, fungos filamentosos e leveduras. As concentrações de 2% e 2,5% desses ácidos orgânicos são as mais indicadas para atuarem na redução de microrganismos e conservação de parâmetros físico-químicos, bioquímicos e sensoriais. Pode-se pensar ainda na combinação de alguns desses ácidos como forma de potencializar tanto a ação bactericida quanto conservante.

Em relação ao ácido ascórbico, é válido salientar que a concentração a 2% para desinfecção ser relativamente baixa, é recomendável a utilização de enxágue após sua aplicação entre 5 e 10 minutos, para garantir a remoção do agente dos produtos hortícolas.

Os estudos de toxicidade do ácido acético, segundo Utyama (2007), demonstram-se contraditórios e escassos. O autor, ao analisar a toxicidade do ácido acético em larvas de camarão concluiu que a diluição não tóxica para as células seria muito acima da diluição necessária para a atividade antimicrobiana, o que inviabilizaria o uso do ácido para esse fim. Estudos anteriores diferem dessa conclusão, o que expõe a necessidade de maiores investigações.

Os ácidos orgânicos mencionados se mostram uma alternativa potencialmente melhor que agentes clorados, considerando que não geram resíduos perigosos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na interface da modernização tecnológica, o presente estudo aponta caminhos alternativos ao uso de agentes sanitizantes que viabilizam a desinfecção de frutas e hortaliças minimamente processadas em detrimento da utilização de NaClO.

Destaca-se ainda, que os efeitos biológicos dos agentes estudados, direcionam que a utilização de H₂O₂ e ácidos orgânicos na sanitização destas matrizes alimentares configuram-se opções de custo semelhante ao hipoclorito de sódio, convencionalmente utilizado para esta função, com um ganho na segurança em relação aos resíduos produzidos na perspectiva de metabólitos e na manutenção da qualidade sensorial.

REFERÊNCIAS

- Alvarenga, A.L.B.; Toledo, J.C.D.; Paulillo, L.F.D.O. 2014. Qualidade e segurança de vegetais minimamente processados: proposta de estruturas de governança entre os agentes da cadeia e os sinais da qualidade. *Gestão e Produção*, 21(2): 341-354.
- Amrutha, B.; Sundar, K.; Shetty, P.H. 2017. Effect of organic acids on biofilm formation and quorum signaling of pathogens from fresh fruits and vegetables. *Microbial Pathogenesis*, 111:156-162.

- Arenstein, I.R. 2003. Dióxido de cloro estabilizado em solução aquosa: coadjuvante tecnológico de alimentos. *Higiene Alimentar*, 17(107): 32-33.
- Böhle, S; Röhrner, E; Zippelius, T; Jacob, B; Matziolis, G; Rohe, S. 2022. Cytotoxic effect of sodium hypochlorite (Lavanox 0.08%) and chlorhexidine gluconate (Irrisept 0.05%) on human osteoblasts. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. 32: 81-9.
- Brackett, R. 1987. Microbiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *Journal of Food Quality*, 10: 195-206.
- Brasil. Ministério da Saúde/ANVISA. Instrução Normativa da Diretoria Colegiada IN nº 60, de 23 de dezembro de 2019a, estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF.
- Brasil. Ministério da Saúde/ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019b, dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF.
- Burin, R.C.K. Interferência de ácidos orgânicos na multiplicação de *Salmonella* spp. e expressão de genes relacionados a tolerância ácida. 2014. 61 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2014.
- Cordeiro, I.N.F. Soluções antioxidantes e tratamento térmico na qualidade de batata-doce minimamente processada. 2018. 65 p. Dissertação de mestrado – Mestrado em agronomia (produção vegetal), Universidade Estadual Paulista – UNESP, São Paulo.
- Costa, E.A. *et al.* 2012. Avaliação microbiológica de alfaces convencionais e orgânicas e eficiência de dois processos de higienização. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 23 (3): 387-392.
- De Corato. 2020. Improving the shelf-life and quality of fresh and minimally-processed fruits and vegetables for a modern food industry: A comprehensive critical review from the traditional technologies into the most promising advancements. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60 (6): 940-975.
- Finger, F; Maffei, D.F; Dias, M., Mendes, M.A & Pinto, U.M. 2020. Microbiological quality and safety of minimally processed parsley (*Petroselinum crispum*) sold in food markets, southeastern Brazil. *Journal of Applied Microbiology*, 131(1): 272-280.
- Fukuzaki, Satochi. 2006. Mechanisms of Actions of Sodium Hypochlorite in Cleaning and Disinfection Processes. *Biocontrol Science*, Okayama, Japan, 11 (4): 147-157.
- Furlaneto, K. Higienização e qualidade da couve-folha “Manteiga” minimamente processada. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009. 79p.
- Giannoni, J.A., Imamura, K.B., Rojo, E.L.S., & Rojo, G.N.F. 2021. Avaliação sensorial de abacaxi “pérola” (*ananas comosus* L.) Minimamente processado em forma de cubo, tratado com ácido cítrico. *Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação*, 7(7): 15–29.
- Gomes, Carlos. *et al.* (2005). Hortaliças Minimamente Processadas. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 1ª ed.
- Guo, Y. *et al.* 2016. *Salmonella enterica* serovar Choleraesuis on fresh-cut cucumber slices after reduction treatments. *Food Control*, vol. 70, pag. 20-25.
- Hoffmann, F. L. 2001. Fatores limitantes à proliferação de microorganismos em alimentos. *Brasil Alimentos*, 1 (09): 23 – 30.
- Jay, J.M. Loessner, M.J., Golden, D.A. 2005. *Modern food Microbiology*. 7th Ed. New York, Springer.

- José, J.F.B.S. 2017. Estratégias alternativas na higienização de frutas e hortaliças. *Revista de Ciências Agrárias*, 40(3): 630–640.
- Kovalski, T. R. 2018. Qualidade do feijão-vagem minimamente processado higienizado com ácido peracético e hipoclorito de sódio. 147 p. Dissertação de mestrado – Mestrado em agronomia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu.
- Liberati, A., Altman, D.G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P.C., Ioannidis, J.P., ... & Moher, D. 2009. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and metaanalyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Annals of internal medicine*, 151(4): W-65.
- Maretoli, A. B. *et al.* 2020. Efeito do Peróxido de Hidrogênio na Microbiota e Vida de Prateleira de Morangos Frescos (*Fragaria x ananassa* Duch). 7º Simpósio de Segurança Alimentar. sBCTA-RS. Disponível em: http://schenautomacao.com.br/ssa7/envio/files/trabalho3_344.pdf
- Marins, J.S.R, Sassone, L.M; Fidel, S. R, Ribeiro, D.A. 2012. In Vitro Genotoxicity and Cytotoxicity in Murine Fibroblasts Exposed to EDTA, NaOCl, MTAD and Citric Acid. *Braz Dent J.* ;23(5):527-33.
- Nunes, E.E. *et al.* 2010. Avaliação de Diferentes Sanificantes na Qualidade Microbiológica de Mandioquinha-Salsa Minimamente Processada. *Ciênc. agrotec*, Lavras, v. 34, n. 4, p. 990-994.
- Palharini, M.C.A. *et al.* 2017. Peróxido de hidrogênio no controle de patógenos e do escurecimento enzimático de vagem minimamente processada. *Com. Sci., Bom Jesus*, 8 (1): 69-79.
- Pinheiro, G.R. Análise comparativa da eficiência dos agentes químicos na desinfecção e esterilização dos cones de guta-percha: estudo in-vitro. 2011. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2011.
- Porte, A; Maia, L.H. 2001. Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados. [Digital - Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos,] (jan/jun, 2001). Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/viewFile/1227/1027> [Accessed Sept 21, 2023]
- Possamai, A. 2014. Processamento de Vegetais Minimamente Processados: uma abordagem sobre a higienização e os sanitizantes nela utilizados. 58.p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Engenharia de alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Reis, K. C; Siqueira, H. H; Alves, A. P; Silva, J. D; Lima, L. C. O. 2008. Efeito de Diferentes Sanificantes Sobre a Qualidade de Morango CV. OSO GRANDE. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, 32(1): 196-202.
- Rodrigues, L. J. *et al.* 2011. Efeito do Tipo de Corte e de Sanificantes no Escurecimento de Pequeno Minimamente Processado. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 35, n. 3, p. 560-567.
- Sant'Anna, P. B.; Dora, B., & Maffei, D. F. 2020. Microbiological safety of ready-to-eat minimally processed vegetables in Brazil: an overview. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(13): 4664–4670.
- Santos, T.S., Campos, F. B., Padovani, N. F., Dias, M., Mendes, M. A. And Maffei, D. F. 2020. Assessment of the microbiological quality and safety of minimally processed vegetables sold in Piracicaba, SP-Brazil. *Letters in Applied Microbiology*, 71(2) 187-194.
- Serena, N.N; Godoy, R.C.B.; Prado, M.R.M. 2020. Avaliação de possíveis substituintes ao cloro para uso na sanitização de alimentos orgânicos. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, Francisco Beltrão, 14(2): 3359-3379.

- Silva, M. V. *et al.* 2009. Conceitos e Métodos de Controle do Escurecimento Enzimático no Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. *Boletim CEPPA*, Curitiba, 27(1): 83-96.
- Srebernich, S. M. 2007. Utilização do dióxido de cloro e do ácido peracético como substitutos do hipoclorito de sódio na sanitização do cheiro-verde minimamente processado. *Ciência e Tecnologia Alimentos*. Campinas, 27(4): 744-750.
- Teixeira, P. A.; Coelho, M. S, Kato, A. S, Fontana, C. E, Bueno, C. E. S, Pedro-Rocha, D. G. 2018. Cytotoxicity assessment of 1% peracetic acid, 2.5% sodium hypochlorite and 17% EDTA on FG11 and FG15 human fibroblasts. *Acta Odontol. Latinoam.* 31(1):11-5.
- Utyama, I.K.A; Andrade, D.; Watanabe, E.; Pimenta, F.C.; Ito, I.Y. 2007. Determinação da atividade antibacteriana e toxicidade do ácido acético e vinagres branco e tinto. *Revista Eletrônica de Farmácia*, Goiânia, 4(1): 104-112.
- Varise, T. G. Organoclorados gerados pela ação de hipoclorito de sódio em substrato orgânico (dentina e polpa). 2013. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Odonticas) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2013.
- Vilela, N.J.; Luengo, R.F.A. 2017. A Produção de hortaliças folhosas no Brasil. [Digital - Revista Campo & Negócio] (1 dez 2022). Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/producao-de-hortalicas-folhosas-no-brasil/#:~:text=No%20Brasil%2C%20os%20tipos%20de,chic%C3%B3ria%20e%20outras%20folhas%20comest%C3%A9veis> [Accessed Sept 21, 2023]
- Vitorino, L. C.; Oliveira, K.B.; Moura, L.C.; Furtado, D.C. 2013. Eficiência de sanitizantes no controle microbiano da couve (*Brassica oleracea* L.) minimamente processada, em função do tempo de armazenamento. *Enciclopédia Biosfera*, 9(16): 965-978.