

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CURSO DE QUÍMICA TECNOLÓGICA**

Pabline Oliveira Xavier

**ALTERNATIVA AO USO DO CLORO ATIVO NA DESINFECÇÃO
DE VERDURAS FOLHOSAS**

Brasília, fevereiro de 2023

Pabline Oliveira Xavier

**ALTERNATIVA AO USO DO CLORO ATIVO NA DESINFECÇÃO
DE VERDURAS FOLHOSAS**

Trabalho de conclusão de curso em Química Tecnológica, apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Química Tecnológica, sob a orientação do Prof. Dr. Floriano Pastore Júnior.

Brasília, fevereiro de 2023

ALTERNATIVA AO USO DO CLORO ATIVO NA DESINFECÇÃO DE VERDURAS FOLHOSAS

Pabline Oliveira Xavier

Trabalho de conclusão de curso em Química Tecnológica, apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Química Tecnológica, sob a orientação do Prof. Dr. Floriano Pastore Júnior.

Floriano Pastore Jr.
Prof. Orientador

Wender Alves da Silva
Membro Examinador da Banca

Daniel Francisco Scalabrini
Machado
Membro Examinador da
Banca

Data da Defesa: _____

Brasília, fevereiro de 2023

Dedico este TCC ao Bruno, por ter me ajudado a ser quem eu sou e estar vivo no meu coração todos os dias. Você é uma parte de mim e nunca será esquecido.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer a mim pela persistência e coragem de continuar nesse caminho.

Às entidades da umbanda que me acompanharam e não me abandonaram, que me deram força e clareza nos momentos de dificuldade.

Aos meus pais, em especial minha mãe Ezilma, que me ensinou a persistir e me mostrou o que é a força. Me inspiro em você para conseguir ser uma mulher mais forte.

Aos meus irmãos Lorenzo e Pietro, o motivo pelo qual eu lutei tanto. Espero um dia poder ser uma fonte de inspiração para vocês.

À minha querida amiga Walquiria, que foi minha luz nos momentos de escuridão.

Ao meu padrasto Leo, obrigada por todo o suporte que você me deu até eu chegar aqui.

À minha madrastra Andreia, por todo o apoio e carinho para que eu chegasse até aqui.

À minha amiga Luma, minha companheira desde o primeiro semestre. Obrigada pela parceria e por ter me ajudado a não desistir do curso.

À minha amiga Lays, obrigada por ser minha parceira e por estar sempre presente na minha vida, mesmo com toda a distância.

À minha querida namorada Luiza, que me ajudou em todas as etapas dessa jornada. Sou grata demais pela sua paciência e seu companheirismo, amo você.

À Natália, Pedro, Ayrton, Mari, Lili e Adriany, meus amigos do estágio, obrigada por deixarem as minhas tardes mais leves, pelas conversas e por todo o apoio que eu recebi durante esse período, vocês fizeram toda a diferença.

Ao meu professor e orientador Floriano, por ter me visto lá atrás no primeiro semestre e acreditado em mim. Sou muito grata por todas as oportunidades que você me proporcionou.

RESUMO

A alarmante média de casos de intoxicação alimentar por ano no Brasil é, de fato, algo a ser colocado como pauta de urgência. Considerando que o número de pessoas diagnosticadas com Doenças Transmitidas por Alimentos é diretamente correlacionado com o nível de eficácia dos produtos utilizados na higienização dos alimentos, avalia-se que a substituição do cloro ativo, composto químico mais utilizado atualmente como princípio ativo dos produtos-base desse processo, deve ser considerada. Uma das opções mais viáveis é o peróxido de hidrogênio, que possui diversos potenciais de ação e pode ser uma solução para atenuar esse problema localizado de infecção pública. O presente trabalho considera essa hipótese de uso do H_2O_2 , com os dados pertinentes, as propriedades químicas dessa substância e as equações químicas dos processos envolvidos. São também apresentados os dados coletados em restaurantes sobre métodos de limpeza e perspectivas futuras, a fim de avaliar a inserção do peróxido de hidrogênio na higiene sanitária e alimentícia.

Palavras-chave: higienização de hortifrutis, intoxicação alimentar, ácido hipocloroso, peróxido de hidrogênio e desinfecção de alimentos.

ABSTRACT

The alarming average of cases of food poisoning per year in Brazil is, in fact, something to be placed on an urgent agenda. Considering that the number of people diagnosed with Foodborne Diseases is directly correlated with the level of effectiveness of the products used in food hygiene, it is estimated that the replacement of active chlorine, the chemical compound currently most used as an active ingredient in base products of this process, must be considered. One of the most viable options is hydrogen peroxide, which has several action potentials and may be a solution to mitigate this localized problem of public infection. The present work considers this hypothesis of using H₂O₂, with the pertinent data, the chemical properties of this substance and the chemical equations of the processes involved. Data collected in restaurants on cleaning methods and future perspectives are also presented, in order to evaluate the insertion of hydrogen peroxide in sanitary and food hygiene.

Keywords: horticultural cleaning, food poisoning, hypochlorous acid, hydrogen peroxide and food disinfection

LISTA DE ESQUEMAS

ESQUEMA 1. Reação de óxido de magnésio e ácido clorídrico.....	20
ESQUEMA 2. Reação de síntese do gás cloro.....	20
ESQUEMA 3. Dissociação do hipoclorito de sódio em meio aquoso.....	21
ESQUEMA 4. Reação de saponificação.....	21
ESQUEMA 5. Reação de neutralização dos aminoácidos pelo hidróxido de sódio.....	22
ESQUEMA 6. Cloraminação dos aminoácidos.....	22

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Demonstrativo de usos do H_2O_2	17
FIGURA 2. Potenciais de oxidação	33
FIGURA 3. Classificação dos tensoativos.....	34
FIGURA 4. Potenciais de redução do H_2O_2	35
FIGURA 5. Produto formulado.....	37
FIGURA 6. Alface utilizada para o teste.....	37
FIGURA 7. Alface imerso em solução com o produto desenvolvido.....	38
FIGURA 8. Alface após a ação do produto.....	38

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. Distribuição de usos do H_2O_2 na Europa.....	19
GRÁFICO 2. Distribuição dos agentes etiológicos mais identificados nos surtos de DTHA Brasil, 2012 a 2021.....	27
GRÁFICO 3. Distribuição dos surtos de DTHA por local de ocorrência, entre os anos 2012 e 2021.....	31

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Número de casos de DTHA de 2012 a 2021.....	30
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CDC - Centro de Controle e Prevenção de Doenças dos Estados Unidos

DTA - Doenças transmitidas por alimentos

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

H_2O_2 - Peróxido de hidrogênio

H_2S - Sulfeto de hidrogênio

HOCl - Ácido hipocloroso

LESS - Lauril éter sulfato de sódio

m/v - Massa/volume

OCl^- - Íon hipoclorito

RDC - Resolução da Diretoria Colegiada

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 Geral	16
2.2 Específicos	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 A história do peróxido de hidrogênio	16
3.2 Síntese	18
3.3 Aplicações	18
3.4 A história do cloro	19
3.5 Cloro ativo	20
3.6 Efeitos tóxicos	23
4. DOENÇAS TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS	23
4.1 Panorama geral	23
4.2 Formas de contaminação	25
4.3 Bactérias e vírus	26
4.4 Desinfetantes e esterilização	27
4.5 Cartilha de boas práticas	28
4.6 Visitas a quatro restaurantes em Brasília	28
5. DESINFECÇÃO DE HORTIFRUTI	29
6. COMPARATIVO ENTRE CLORO ATIVO E H_2O_2	31
6.1 Potenciais de oxidação	32
7. PROPOSTA DE PRODUTO	33
7.1 Tensoativo	33
7.2 Princípio ativo	34
7.3 Preço	35
8. TESTE DO PRODUTO EM ALFACE.....	36
9. CONCLUSÕES, PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
REFERÊNCIAS	40

1.INTRODUÇÃO

De acordo com os levantamentos informacionais coletados pela Organização Mundial da Saúde, a intoxicação alimentar é caracterizada como uma doença de caráter toxicológico e de rápido desenvolvimento que atinge cerca de 600 milhões de pessoas por ano ao redor do mundo, o que é um problema emergente (BRASIL, 2016).

O CDC, Centros de Controle e Prevenção de Doenças, estima que 1 a cada 6 americanos sofrem de intoxicação alimentar todos os anos, e uma das causas é o consumo de alimentos crus contaminados, como por exemplo, verduras folhosas. Cerca de 3000 pessoas vão a óbito em decorrência dos patógenos causadores da intoxicação alimentar (CDC, 2022).

Em vista disso, intoxicação é o termo que define as patologias causadas pela ingestão de alimentos previamente contaminados por substâncias patogênicas, como os que contém em suas superfícies diferentes tipos de vírus, bactérias ou parasitas capazes de desencadear danos à saúde a curto ou longo prazo (ALTEKRUSE; SWERDLOW, 1996). A ingestão desses alimentos contaminados produz, sintomas quase imediatos, como diarreia, vômito, dores de cabeça e fraqueza óssea ou muscular, que podem ser minimizados se houver mudança no cultivo e, principalmente, limpeza alimentícia (COLLINS, 1997)

Os avanços nos processos de higienização de alimentos naturais, os hortifrutis, são ferramentas para eliminar ou minimizar a propagação de impurezas e microrganismos possivelmente maléficos presentes na superfície deles e, por conseguinte, atenuar a problemática das Doenças Transmitidas por Alimentos e suas consequências.

Pesquisadores da área de higiene de alimentos vêm estudando há algum tempo possíveis soluções antimicrobianas para o problema. Dentre elas, pode-se citar as soluções desinfetantes a base de cloro, compostos de amônia quaternária, ácidos orgânicos, como o ácido cítrico, o ácido láctico, entre outros. O cloro, em suas várias

formas, é um dos sanitizantes empregados com mais constância nas indústrias de alimentos, especialmente quando se apresenta por meio de sais de hipoclorito. Isso é devido a esses compostos serem eficientes e de baixo custo, tendo aplicação em diversas funções, como na forma de spray de controle bacteriológico em indústrias de frutas e hortaliças (KIM; YOUSEF; DAVE, 1999).

Entretanto, apesar do cloro ser considerado um dos maiores aliados no combate à proliferação de microrganismos por gerar a perda intracelular e o enfraquecimento deles (MARQUES, 2020). O uso do cloro tem reconhecidas desvantagens de sustentação ambiental, também é responsável pelo desdobramento de outras intoxicações e problemas relacionados ao cloro (Black & Veatch Corporation, 2009). Em face da atual situação das infecções causadas por alimentos, considera-se oportuno levantar possíveis perspectivas de produtos alternativos para tal utilização.

Outro fator que deve ser considerado na higienização de hortifrutis é a elevada demanda de dois insumos cada vez mais caros que são a mão de obra e de água durante a operação de retirada do cloro após o tratamento. Como é bem conhecido, o cheiro de cloro é forte e, se permanecer no alimento, poderá trazer desconforto na hora do consumo dos alimentos.

Um dos compostos industriais de ampla gama de utilizações que funcionaria como uma opção segura para os processos de desinfecção de hortaliças é o peróxido de hidrogênio, cujo mecanismo de atuação se dá pelo ataque da membrana lipídica dos contaminantes, degradando o material genético de reprodução dos microrganismos e, em seguida, decompondo-se para formar água e oxigênio, dois produtos completamente inofensivos ao consumo (JAWETZ, et al., 2014). O presente trabalho pretende trazer à tona uma alternativa ao uso do cloro, no caso o H_2O_2 , realçando os seus benefícios e propriedades. Com esse trabalho, empresas e estabelecimentos, como restaurantes industriais poderão ter mais elementos de análise considerando a possibilidade de uso do peróxido para substituir o cloro nas rotinas de limpeza.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Proposição de uma alternativa ao uso de produtos clorados na lavagem das hortaliças, baseada no peróxido de hidrogênio como princípio ativo.

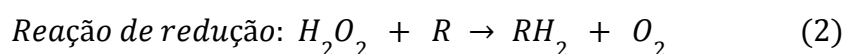
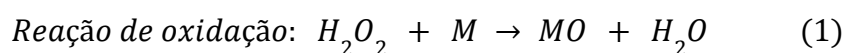
2.2 Objetivos específicos

- Comparação dos benefícios e malefícios do uso do cloro e do peróxido de hidrogênio, a fim de comprovar qual é mais danoso e qual é mais vantajoso;
- apresentação do modelo de um produto de limpeza de fácil degradação cuja eficiência seja possivelmente superior à do cloro, com a finalidade de diminuir o risco de toxinfecção alimentar após o consumo dos alimentos higienizados;
- utilização de uma solução de peróxido de hidrogênio em conjunto com um tensoativo na confecção básica preliminar do produto.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

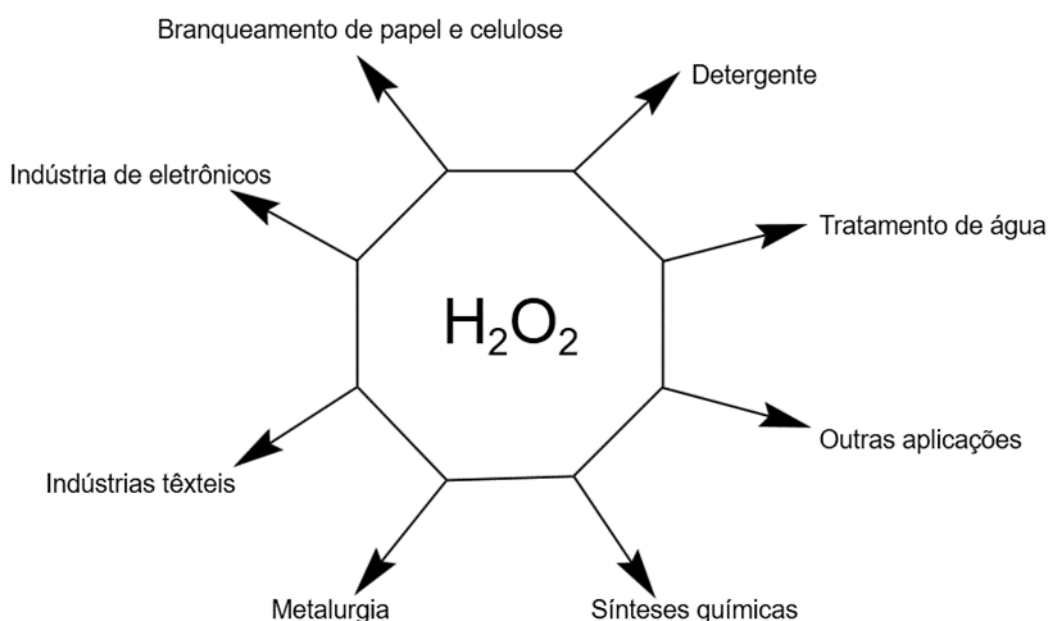
3.1 A história do peróxido de hidrogênio

A primeira menção ao peróxido de hidrogênio no acervo teórico da Química foi como o produto de uma reação entre o peróxido de bário e o ácido nítrico, conduzida pelo químico Louis Jacques Thénard em 1818. O cientista observou seus benefícios, bem como modos versáteis de aplicação. Essa versatilidade foi confirmada por ele ter se mostrado efetivo tanto em meios ácidos quanto básicos, e também por ser um forte agente oxidante. Inegavelmente, é um composto com um potencial valioso (CAMPOS-MARTIN; BLANCO-BRIEVA; FIERRO, 2006).



Além do peróxido de hidrogênio (possuir diversas formas de aplicação nos experimentos químicos, é um composto pouquíssimo danoso ao meio ambiente e, portanto, aliado na luta pela priorização da sustentabilidade (SAMANTA, 2008). Comparando-o a outros compostos com alto teor oxidativo, é considerado o produto mais verde por sua decomposição resultar em água e gás oxigênio.

FIGURA 1. Demonstrativo de usos do H_2O_2



FONTE: Adaptada de Campos-Martin, et al., 2006

As taxas de produção crescem cerca de 4% ao ano e o principal uso dele é no âmbito do branqueamento têxtil. Nessa indústria, o produto também é concorrente do cloro (nesse caso, vendido como ácido hipocloroso), e é usado como purificador da água contaminada com esse halogênio (SAMANTA, 2008).

Emprega-se regularmente, em escala industrial, a síntese do peróxido de hidrogênio por meio da reação de oxidação da antraquinona. Infelizmente, a produção do peróxido através dessa reação é dificilmente considerada limpa, ainda que o produto final seja de uso sustentável. Sua obtenção envolve uma série de reações de oxidação de antraquinona, dissolvida em mistura de solventes orgânicos, e em seguida é feita uma extração de tipo líquido-líquido para recuperar o . Seu custo é alto e o armazenamento do produto envolve riscos ao ambiente e às pessoas

envolvidas no trabalho, e por isso a busca por novos métodos de obtenção do peróxido de hidrogênio é um projeto constante (CAMPOS-MARTIN; BLANCO-BRIEVA; FIERRO, 2006).

3.2 Síntese

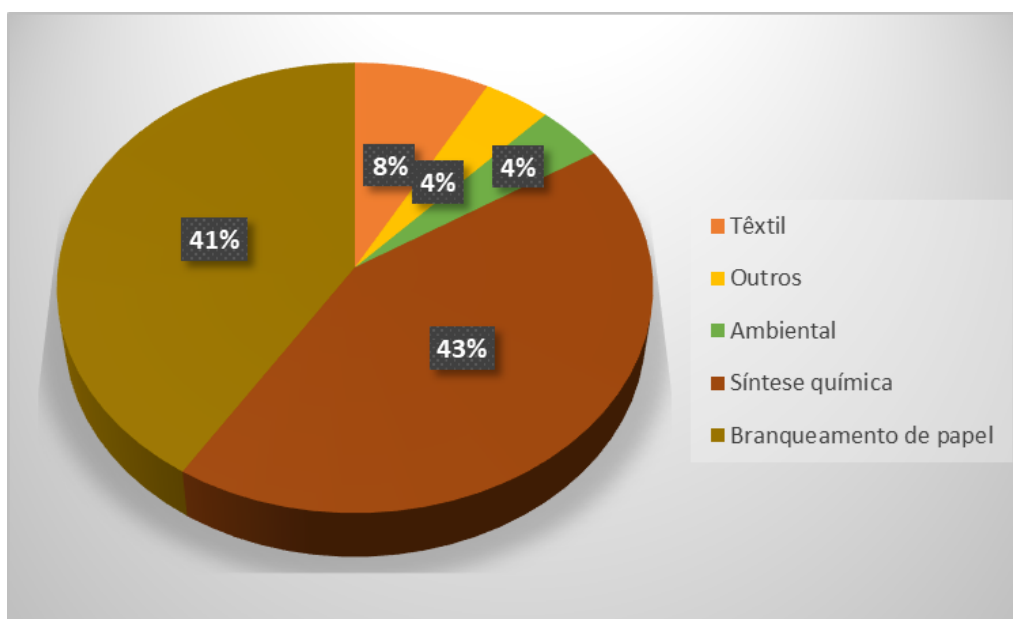
A síntese de H_2O_2 usada em larga escala é denominada Auto Oxidação da Antraquinona. Embora não seja um dos métodos mais ecológicos disponíveis, é o de mais comum obtenção no meio industrial. A AO envolve os seguintes processos: hidrogenação, oxidação, extração do peróxido de hidrogênio e tratamento da solução usada (CAMPOS-MARTIN; BLANCO-BRIEVA; FIERRO, 2006).

Uma forma alternativa de obtenção do peróxido é a oxidação parcial de álcoois primários ou secundários, cujo coproduto pode ser um aldeído ou uma cetona. Esse foi o método escolhido pela fornecedora petroquímica Shell Chemicals entre os anos 1957 e 1980, e seu fruto é um peróxido de qualidade inferior à daquele formado através da Auto Oxidação da Antraquinona. A extração do peróxido na oxidação alcoólica parcial é dificultada pela solubilidade do álcool misturado a ele, e por isso sua pureza é também inferior (CAMPOS-MARTIN; BLANCO-BRIEVA; FIERRO, 2006).

3.3 Aplicações

Ainda sobre o caráter versátil do H_2O_2 , nota-se seu uso cotidiano no procedimento de clareamento dental e na desinfecção de piscinas, quando manipulado em pequenas concentrações. Pode ser usado, também, como catalisador de reações no campo da Química Orgânica (WESTBROEK, et al., 2007).

O motivo pelo qual o peróxido de hidrogênio está presente em tantos campos de aplicação é sua capacidade de ser direcionado através das condições de reação. A seletividade, termo usado para categorizar essa propriedade, é ajustada através do pH, temperatura, volume e tempo de reação (US PEROXIDE, 2014).

GRÁFICO 1. Distribuição de usos do H_2O_2 na Europa

FONTE: Adaptada de Campos-Martin, et al., 2006

Outro contexto no qual há constante uso do H_2O_2 é durante processos de extração e purificação de urânio, extração de ouro e, extração e separação de cromo, cobre, cobalto, tungstênio e molibdênio. E grandes segmentos industriais, como cosméticos e farmacêuticos, também fazem uso constante das propriedades desinfetantes dele (SAMANTA, 2008).

O peróxido também é útil no processo de remoção de sulfeto de hidrogênio (H_2S), que é formado no esgoto. Além do mais, pode remover cianeto, tiocianato, nitrito, cloreto, hipoclorito e matéria orgânica da água, sendo esse um de seus usos com maior benefício para o meio ambiente. Por fim, dentre outras formas de aplicação não citadas, pode ser usado como fonte de íon hidróxido, que fica atrás apenas do flúor na escala dos compostos com maior potencial oxidativo. Afinal, conclui-se que o peróxido de hidrogênio é extremamente versátil e de grande utilidade industrial e doméstica (CAMPOS-MARTIN; BLANCO-BRIEVA; FIERRO, 2006).

3.4 A história do cloro

O cloro pertence à família dos halogênios e na natureza é encontrado unicamente na forma de íon de $nox -1$. Reporta-se que ele foi descoberto como gás cloro no ano de 1774 pelo químico suíço Karl W. Scheele, e isso aconteceu através da seguinte reação:

ESQUEMA 1. Reação de óxido de magnésio e ácido clorídrico



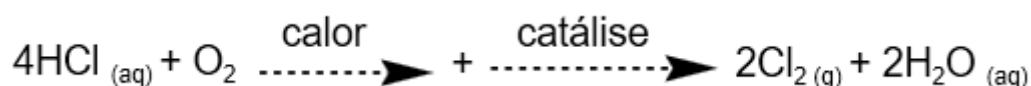
FONTE: Adaptado de Black & Veatch Corporation, 2009

A figura 3 demonstra a reação pela qual foi descoberto o gás cloro. Contando com o calor como catalisador do processo, os produtos reagiram e formam cloreto de magnésio, gás cloro e água (Black & Veatch Corporation, 2009).

Em 1879, o químico Charles Tennant produziu um produto alvejante à base de cloro, cuja produção foi otimizada um ano depois e responsável pela criação do alvejante em pó. Por meio de outros experimentos, o cientista foi capaz de entender que o gás cloro possuía propriedades favoráveis à solubilidade em água, bem como capacidade alvejante em papéis, vegetais e flores e ação em metal e óxidos de metais (Black & Veatch Corporation, 2009).

Após sua descoberta, diversos outros químicos desenvolveram formas de síntese do gás cloro, mas Henry Deacon e Ferdinand Hurter foram os precursores da reação descoberta em 1868 que subsequentemente foi a escolhida para ser amplamente utilizada. Com um rendimento de 70%, ela consiste na decomposição do ácido clorídrico com oxigênio atmosférico (Black & Veatch Corporation, 2009).

ESQUEMA 2. Reação de síntese do gás cloro



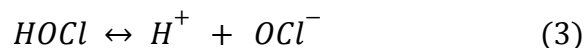
FONTE: Adaptado de Black & Veatch Corporation, 2009

A quarta figura exemplifica a reação de síntese do gás cloro, que ocorre através do processo patenteado por Deacon e Hurter. Apesar de ser caracterizada como uma reação reversível e incompleta, possui uma taxa de rendimento satisfatória, em decorrência do uso de calor e de um catalisador.

3.5 Cloro ativo

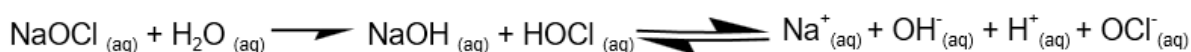
Independente da maneira por meio da qual o cloro se apresenta, seja sendo um gás ou alguma de suas formas sólidas (como o hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio), ele se dissolve em água para formar o ácido hipocloroso e o íon hipoclorito

(OCl^-). Além disso, o cloro é o ativo mais comumente usado na sanitização de alimentos e na desinfecção de água (OMS, 2009).



O hipoclorito de sódio possui um equilíbrio dinâmico que lhe permite uma dualidade (PÉCORA; GUERISOLI; SILVA, 1997), pois ele pode se apresentar tanto como um sal não-dissociado que dá origem a outras substâncias, quanto como um sal completamente dissociado. A seguinte reação demonstra isso:

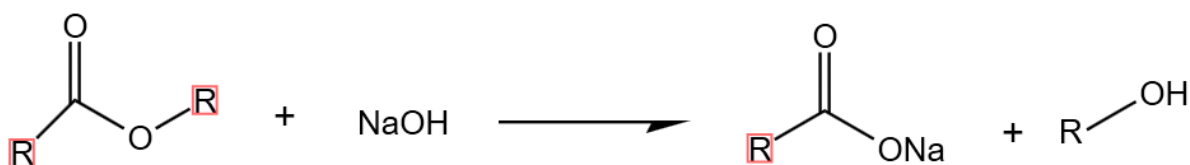
ESQUEMA 3. Dissociação do hipoclorito de sódio em meio aquoso



FONTE: esquema gerado pelo software KingDraw

Ao entrar em contato com material orgânico, o hidróxido de sódio (NaOH) presente na solução de NaOCl reage com ácidos graxos, transformando-os em sabão e glicerol. (MORARI, 2012).

ESQUEMA 4. Reação de saponificação



FONTE: esquema gerado pelo software KingDraw

O ácido hipocloroso age como um solvente de ácidos graxos, e assim os degrada. O produto dessa reação é um sal de ácido graxo, que nesse caso, pode ser considerado um sabão, e glicerol (um álcool) e pela formação desses compostos a tensão superficial da solução é reduzida (ESTRELA, et al., 2002).

Além disso, há a neutralização simultânea dos aminoácidos, que resulta em sal e água (demonstrado no esquema 5). (MORARI, 2012)

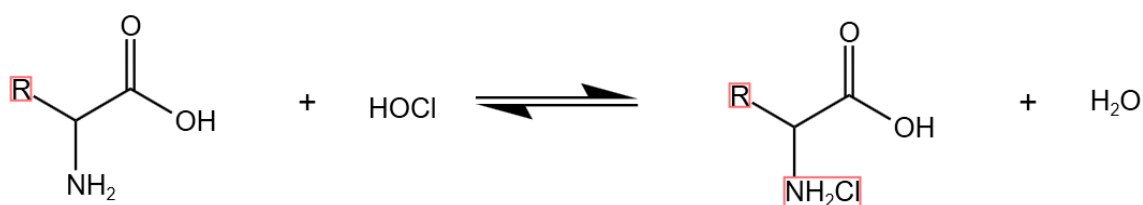
ESQUEMA 5. Reação de neutralização dos aminoácidos pelo hidróxido de sódio



FONTE: esquema gerado pelo software KingDraw

Esses aminoácidos, localizados na membrana plasmática dos microrganismos, reagem com o HClO, e o resultado é a formação de água e cloraminas que interferem no metabolismo bacteriano (MORARI, 2012).

ESQUEMA 6. Cloraminação dos aminoácidos



FONTE: esquema gerado pelo software KingDraw

A soma das concentrações de HOCl e ânion hipoclorito (OCl^-) dentro de uma solução é denominada “cloro disponível” ou “cloro ativo”. O cloro disponível é uma medida da capacidade oxidante expressa por meio da quantidade de cloro elementar (BLOOMFIELD; MILES, 1979).

Dentre as formas de apresentação do cloro na solução de hipoclorito de sódio, o HOCl se caracteriza como o oxidante mais forte por ser responsável pela forte ação de cloração e oxidação sobre tecidos e microrganismos (CHRISTENSEN; MCNEAL; ELEAZER, 2008).

O mecanismo de ação do elemento está relacionado ao seu potencial de oxidação. Por ser um forte agente oxidante, ele é capaz de desnaturar, ou seja, mudar a forma das membranas presentes em patógenos, já que elas não conseguem desempenhar sua função original (WINTER, et al., 2008).

3.6 Efeitos tóxicos

O cloro gera um efeito tóxico quando inalado ou quando entra em contato com a pele. Essas interações geram irritação nos olhos e podem danificar severamente a pele, e a ferida subsequente ao contato se assemelha a queimaduras causadas por fogo ou gelo (Black & Veatch Corporation, 2009).

A forma mais perigosa de inalação de vapor de cloro acontece quando ele é liberado da solução aquosa; suas consequências variam entre irritação das membranas e mucosas do sistema respiratório e dos olhos. A gravidade dessas consequências é medida apenas após a avaliação do tempo de exposição ao gás e da quantidade inalada (CDC, 2018).

4. DOENÇAS TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS

4.1 Panorama Geral

A saúde e o bem-estar associado a ela estão diretamente ligados ao processo consciente de alimentação, necessidade biológica intrínseca a todos os seres (LE LOIR et al., 2003). A alimentação é um ato voluntário que faz parte do cotidiano e, portanto, é também dever do próprio indivíduo se atentar à procedência do que é ingerido, a fim de minimizar os problemas à saúde. Considerando essa conceituação, é fundamental considerar Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA) - causadas pelo consumo de alimentos que apresentam contaminação física, química ou biológica - uma preocupação mundial, por serem conectadas com essa atividade humana diária (GOULART et al., 2016).

Conforme descrito por Nascimento (2000), um surto de DTA é a apresentação de sintomas similares por duas ou mais pessoas que ingeriram o mesmo alimento. Essas doenças constituem tanto um problema de saúde pública quanto como um problema socioeconômico por comprometerem a capacidade do indivíduo de trabalhar, gerarem gastos com tratamentos médicos e interferirem na credibilidade de uma empresa, dentre outras consequências. Há dados limitados sobre as particularidades das DTAs no Brasil. Entretanto, segundo o Boletim de Vigilância epidemiológica de doenças transmitidas por alimentos (BRASIL, 2005), as DTA geraram gastos com internações da ordem de 280 milhões de reais entre 1999 e 2004.

Apesar do aumento gradativo e anual da incidência de surtos relacionados ao consumo de alimentos, estima-se que a maioria dos casos de DTA não são notificados ou contabilizados adequadamente. Isso porque, em grande parte da população, os sintomas iniciais provocados pelos microrganismos patogênicos são leves, e as pessoas contaminadas não buscam auxílio médico apropriado para que isso seja contabilizado nas estatísticas epidemiológicas (NEVES, 2016).

Para entender a gravidade do cenário das enfermidades que acometem a sociedade, é necessário notificar as aparições de doenças de cunho alimentício. De acordo com dados de 2016 do Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC), estima-se que ocorram 48 milhões de surtos de DTA, 128.000 hospitalizações e 3.000 mortes por ano nos Estados Unidos da América. No período de 2000 a 2015, foram registrados 11.241 episódios de DTA, envolvendo 2.121.110 pessoas expostas, 218.507 doentes e 158 mortes (BRASIL, 2016). Devido a diversos fatores, é possível inferir que este número deve ser ainda maior, uma vez que a enfermidade não é de notificação compulsória, as pessoas não relacionam a enfermidade ao consumo de alimentos contaminados e, muitas vezes, não procuram assistência médica (GOULART et al., 2016).

Com o intuito de prevenir os surtos de DTA entre os consumidores médios, há uma preocupação cada vez maior com a qualidade da produção de alimentos, baseada na garantia do consumidor de obter um alimento que possua características como sanidade e aspectos nutricionais e sensoriais adequados (BENEVIDES e LOVATTI, 2004). Para garantir que um alimento é adequado para o consumo, existem legislações sanitárias e órgãos fiscalizadores de boas práticas de produção, fabricação e manipulação (SANTOS, 1995).

Para que o alimento esteja livre de qualquer agente patogênico ou toxinas, é necessária uma adesão à segurança primária na manipulação dos alimentos, ou seja, programas de capacitação que ofereçam conhecimentos práticos e teóricos sobre uma qualidade higiênico-sanitária satisfatória. Esse é um pré-requisito para a fiscalização da eficiência de todas as etapas da manipulação alimentar, pois, frequentemente, essas falhas estão associadas à falta de conhecimento ou negligência dos manipuladores (SILVA, et al., 2015).

O monitoramento da qualidade microbiológica dos alimentos destinados ao consumo humano nos solos brasileiros, assim como a análise daqueles envolvidos em DTA, é realizado pela Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública. O suporte técnico laboratorial é fornecido às ações de vigilância sanitária e epidemiológica na elucidação dos surtos notificados no território nacional (GOULART et al., 2016).

4.2 Formas de contaminação

Segundo dados da Organização das Nações Unidas, em 2017, 53% dos municípios brasileiros não possuíam saneamento básico. Para a Lei nº. 11.445/2007, saneamento básico é:

“III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente;”

Quando o saneamento não é uma prioridade governamental e deixa de ser providenciado à população, há exposição a lixo, animais sinantrópicos e até dejetos humanos, o que pode causar contaminação no solo, água e alimentos.

Com isso, entende-se que a proliferação das Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs) é uma das principais consequências da falta de acesso pleno ao saneamento básico, o que indica que mudar a forma como o ambiente e os alimentos são tratados é imprescindível para que surjam melhoras na saúde pública. Como informa a Agência Brasil, mais de 200 mil pessoas foram internadas no Brasil em 2019 em decorrência dessa doença, o que confirma a urgência da resolução da problemática em questão.

Há três tipos relevantes de casos dentro do grupo das doenças relacionadas à contaminação alimentar: a infecção, a intoxicação e a toxinfecção. Primeiramente, define-se como infecção alimentar o conjunto de sintomas e danos à saúde subsequentes à ingestão de algum alimento contaminado por células de microrganismos patogênicos (bactérias), que se aderem e se multiplicam dentro do trato intestinal (LIMA; SOUSA, 2002). A “intoxicação”, ademais, se refere tanto à consequência do consumo de alimentos contaminados por toxinas microbianas

liberadas no alimento durante o processo de proliferação dos microrganismos, quanto à contaminação gerada por agrotóxicos ou substâncias químicas presentes no alimento. A toxinfecção, por fim, ocorre devido à ingestão de alimentos contaminados por células microbianas e toxinas ou substâncias tóxicas presentes (FRANCO e LADGRAF, 2005).

Além disso, um relatório lançado pelo Centro de Controle e Prevenção de Doenças dos Estados Unidos, CDC, indicou que as folhas verdes, como o alface e o espinafre, são as principais fontes de intoxicação alimentar e, portanto, devem ser priorizadas nos estudos referentes à busca de melhores formas de higienização.

4.3 Bactérias e vírus

Como informado anteriormente, vírus e bactérias são os principais agentes causadores de doenças alimentícias e, ao analisar suas estruturas, podemos encontrar a seguinte similaridade: a membrana plasmática. Essa membrana é composta de proteínas e fosfolipídios, e as proteínas compõem 70% da membrana. Dentre suas principais funções, enfatiza-se a permeabilidade e o transporte.

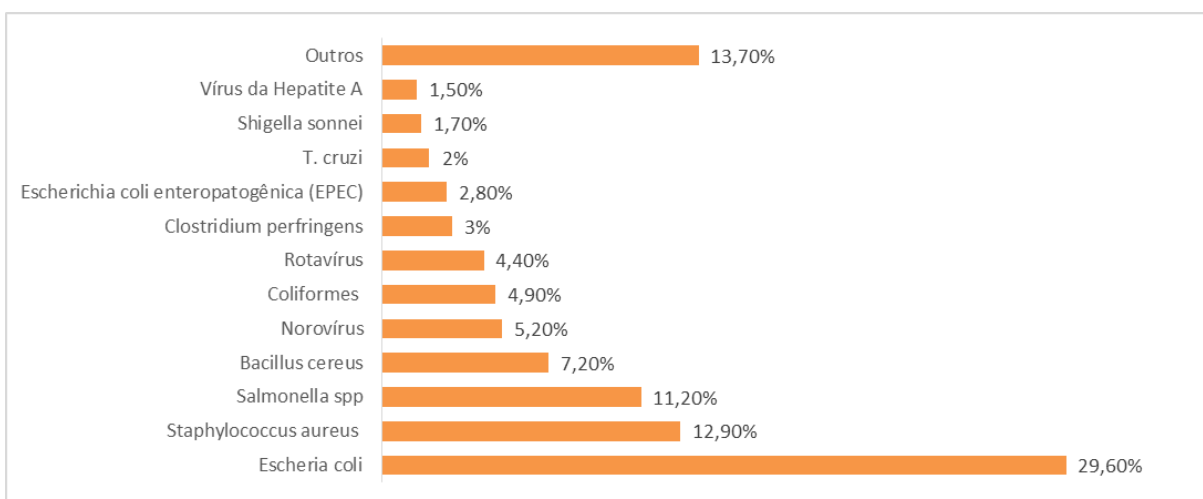
“A membrana citoplasmática forma uma barreira hidrofóbica impermeável à maioria das moléculas hidrofílicas. Entretanto, existem vários mecanismos (sistemas de transporte) que capacitam a célula a transportar os nutrientes para o seu interior e produtos de degradação para fora. Esses sistemas de transporte atuam contra um gradiente de concentração para aumentar a concentração dos nutrientes no interior da célula, função que requer alguma forma de energia. Há três mecanismos gerais de transporte envolvidos no transporte da membrana: o transporte passivo, o transporte ativo e a translocação de grupos” (JAWETZ, et al., 2014).

Uma das formas da ação de compostos antimicrobianos é a desnaturação da membrana celular, e:

“As proteínas ocorrem em um estado tridimensional compactado, determinado primariamente, por ligações covalentes de dissulfeto intramoleculares e por várias interações não covalentes, como ligações iônicas, hidrofóbicas e de hidrogênio ou ligações covalente dissulfeto. Esse estado, denominado estrutura terciária da proteína, é facilmente desorganizado por diversos agentes físicos (p. ex., calor) ou químicos (p. ex., álcool), resultando em uma proteína não funcional. A ruptura da estrutura terciária de uma proteína é denominada "desnaturação proteica" (JAWETZ, et al., 2014).

Por isso, há a frequente utilização da água sanitária, um composto halogenado, na higienização de verduras folhosas, que, por meio da reação chamada “cloro livre”, pela qual é formado o ácido hipocloroso e o íon hipoclorito, que age oxidando as proteínas de forma irreversível. (ESTRELA, et al., 2002)

GRÁFICO 2. Distribuição dos agentes etiológicos mais identificados nos surtos de DTHA Brasil, 2012 a 2021



FONTE: Sinan/SVS/Ministério da Saúde

4.4 Desinfetantes e esterilização

As ações de desinfecção e esterilização têm o mesmo objetivo: matar microrganismos. Mas, a diferença entre elas consiste na abrangência de microrganismos. Segundo Jawetz (2014) a esterilização é definida como: “Um processo definido, utilizado para deixar uma superfície ou um produto livres de organismos viáveis, inclusive bactérias e esporos”

Os desinfetantes do processo de desinfecção, por outro lado:

“Produtos ou biocidas utilizados para reduzir o número de microrganismos viáveis, ou a carga biológica em um produto ou superfície a um nível previamente especificado como apropriado para seu manuseio ou sua posterior utilização. Os desinfetantes não são necessariamente esporocidas, mas mostram-se esporostáticos, inibindo a germinação ou o crescimento” (JAWETZ, et al., 2014).

Ademais, o mecanismo de ação de diversos produtos desinfetantes e esterilizantes é a desnaturação proteica, que consiste na ruptura da estrutura terciária da proteína por meio da ação de agentes físicos ou químicos.

4.5 Cartilha de boas práticas

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA, disponibiliza uma cartilha de boas práticas que indica que procedimentos devem ser adotados por serviços de alimentação a fim de garantir a qualidade higiênicosanitária e a conformidade dos alimentos com a legislação sanitária (RDC 216/04).

A cartilha de higienização aborda as formas corretas de retirar o lixo, cuidados que devem ser tomados com a água usada na limpeza e cozimento de alimentos e instruções sobre como lavar as mãos da forma correta. Sobre a higienização de hortaliças, frutas e legumes, alimentos que podem ser consumidos crus, ela diz que a recomendação é priorizar os produtos que contém cloro ativo em sua formulação, e manter os alimentos submersos por 15 minutos em água clorada.

4.6 Visitas a quatro restaurantes em Brasília

Foram dados coletados em uma pesquisa de campo feita em quatro restaurantes localizados na Região Administrativa denominada Plano Piloto, no Distrito Federal, a respeito dos métodos de higienização. Os estabelecimentos observados foram:

- Restaurante Universitário da Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro;
- Dona Dilla, no 1º piso do shopping ID, SNH/DF;
- Restaurante na candangolândia, entre o Guará II e o Park Way;
- Fortaleza Grill, no Setor Comercial Sul.

Por acordo com os restaurantes, os resultados da pesquisa serão apresentados de forma genérica, sem individualização dos estabelecimentos.

A quantidade de hortaliças usadas por dia foi relatada por cada um dos restaurantes:

- Dona Dilla: 14 maços de alfaces americanas, 2 maços de alfaces crespas, 2 maços de alfaces roxas, 6 maços de rúcula e 5 maços de agrião por dia;
- Restaurante Universitário: em torno de 10 caixas de alface por dia;
- Fortaleza Grill: 2 maços de alface por dia;
- Restaurante da Candangolândia: de 4 a 6 caixas de hortaliças por dia.

Também foi perguntado a quantidade de clientes atendidos por dia:

- Dona Dilla: mais de 180 pessoas por dia;
- Restaurante Universitário: em torno de 5 mil pessoas por dia;
- Fortaleza Grill: em torno de 70 pessoas por dia;
- Restaurante da Candangolândia: não soube informar.

Três dos quatro restaurantes incluídos na pesquisa demonstraram priorizar produtos baseados no cloro para a higienização de alimentos, e apenas um dos quatro utiliza ácido acético. A familiarização com a cartilha de recomendação da Anvisa foi unânime, e os funcionários de todos os restaurantes afirmaram ter recebido treinamento sobre suas normas.

O método de higienização escolhido pelos restaurantes consiste, em geral, nas seguintes etapas:

- Lavagem da verdura folhosa para retirar o excesso de sujeira, ou as impurezas visuais;
- Quinze minutos de imersão da verdura folhosa em solução de água e produto que contém cloro ativo, para três restaurantes, ou ácido acético, para um quarto;
- Por fim, lavagem da verdura para retirar o excesso de produto e cheiro do cloro ou ácido acético.

Os 4 restaurantes afirmaram ter uma pessoa específica para fazer a limpeza das hortaliças, e que esse processo inteiro, como descrito acima, demora cerca de 2 horas.

5. DESINFECÇÃO DE HORTIFRUTI

O Brasil é o terceiro maior produtor de hortifruti no mundo, gerando cerca de 45 milhões de toneladas por ano e, conforme pesquisas da Embrapa do ano de 2016, 97,5% dessa produção é voltada para o mercado interno.

Dados da revista Hortifruti Brasil informam que o consumo médio de hortifruti do brasileiro em 2018 foi de 22,1 quilos por ano, o que equivale a cerca de 60 gramas por dia. Apesar do consumo desses produtos ser quase tão grande quanto a produção, está longe do recomendado pela FAO (400 gramas diários), e uma razão

disso é a falta de conhecimento sobre os melhores métodos de higienização, bem como os altos números de doenças consequentes do consumo de hortaliças.

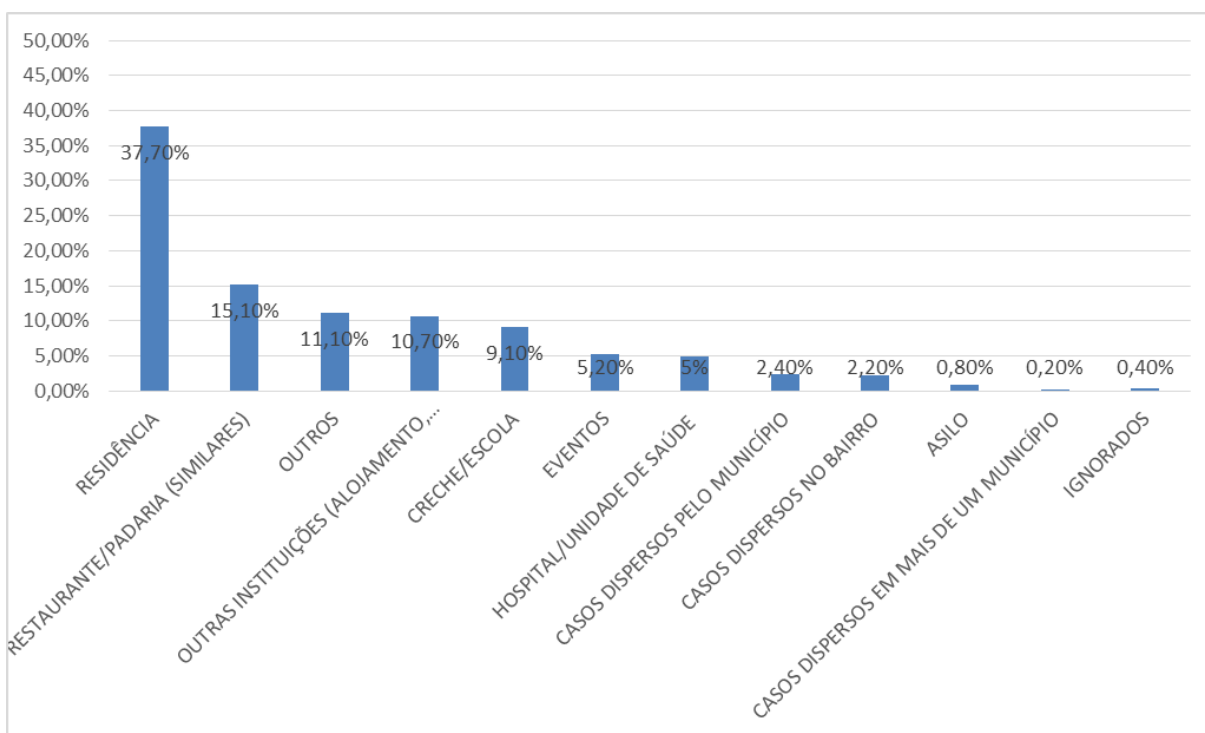
TABELA 1. Número de casos de DTHA de 2012 a 2021

ANO	SURTOS	EXPOSTOS	DOENTES	HOSPITALIZADOS	ÓBITOS	LETALIDADE
2012	863	42.137	14.670	1.623	10	0,07%
2013	861	64.361	17.455	1.893	8	0,05%
2014	886	124.358	15.700	2.524	9	0,06%
2015	673	37.164	10.676	1.453	17	0,16%
2016	538	200.895	9.935	1.406	7	0,07%
2017	598	47.408	9.426	1.439	12	0,13%
2018	597	57.296	8.406	916	9	0,11%
2019	771	17.388	9.586	1.301	10	0,10%
2020	292	10.548	4.600	595	0	0,13%
2021	268	9.129	4.385	296	1	0,02%
TOTAL GERAL	6.347	610.684	104.839	13.446	89	0,08%

FONTE: Sinan/SVS/Ministério da Saúde

Entre os anos 2007 e 2020, foi notificada no Brasil uma média de 662 surtos de DTHA por ano, 156.691 doentes (média de 17 doentes/surto), 22.205 pacientes hospitalizados e 152 óbitos (BRASIL, 2022). É essencial elaborar propostas de higienização para evitar o aumento das DTA, e assim incentivar seu consumo para que a média diária proposta pela FAO seja atingida.

GRÁFICO 3. Distribuição dos surtos de DTHA por local de ocorrência, entre os anos 2012 e 2021



FONTE: : Sinan/SVS/Ministério da Saúde

A figura acima demonstra a relevância de propostas alternativas aos métodos mais conhecidos de lavagem de alimentos, pois é fato que, em geral, o brasileiro médio não coloca isso como prioridade no cotidiano dentro de casa.

Ao que se pode depreender dos levantamentos realizados, compostos contendo como princípio ativo o peróxido de hidrogênio devem ser considerados para uso na nobre tarefa de higienização de hortifrutis, em especial as verduras folhosas para ingestão direta.

6. COMPARATIVO ENTRE O CLORO ATIVO E O PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

Apesar do cloro ser um produto de baixo custo, é visto através da coleta de dados que sua eficácia não é a ideal. Por outro lado, a lavagem de hortaliças com peróxido de hidrogênio seria mais prática, devido ao menor tempo de ação necessário para matar os microrganismos, menor quantidade de água utilizada no processo (pois, ao contrário do cloro, o peróxido não transmite um odor forte para o alimento) e a mão de obra seria menor, pois a higienização demandaria menos tempo.

6.1 Potenciais de oxidação

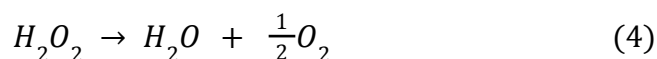
Dentre o elevado conjunto de conhecimento da química, uma categoria é das mais importantes e engloba as versáteis reações redox, com grande número de mecanismos de transformação química e aplicações industriais. Tais reações funcionam por meio da troca de elétrons, onde uma espécie se reduz e a outra se oxida. Identifica-se que a reação é de oxirredução por meio da verificação da alteração do número de oxidação, nox, dos participantes da reação (ATKINS; JONES, 2018).

Os autores Atkins e Jones de um dos mais conceituados livros básicos de referência em Química, classificam tais reações como:

“...extraordinariamente versáteis e muitas reações comuns são exemplos deste tipo de processo, como a combustão, a corrosão, a fotossíntese, metabolismo dos alimentos e extração de metais de minérios parecem completamente diferentes, mas ao examinar essa reação ao nível molecular, pode-se ver que elas são exemplos de um único processo” (ATKINS; JONES, 2006)

“A substância que permite que a outra seja oxidada é chamada de agente oxidante ou oxidante. Ela remove elétrons da outra substância e, desse modo, se reduz. Analogamente, um agente redutor ou, somente redutor, é uma substância que fornece elétrons e leva a outra a ser reduzida” (BROWN et al., 2016)

Há reações dentro das quais a substância pode oxidar e reduzir ao mesmo tempo, chamadas de auto oxirredução. Essa característica está relacionada ao peróxido de hidrogênio da seguinte forma:



Na equação supracitada, o oxigênio presente no reagente sofre o processo de auto oxirredução. Normalmente, seu nox é de -1, mas quando está na água muda para -2 e no gás oxigênio para 0. Se na trajetória do peróxido para a água o nox passa de -1 para -2, há ganho de elétrons pelo processo de redução. Quando se trata do peróxido para o gás oxigênio, entretanto, há perda de elétrons por oxidação (ATKINS; JONES, 2018).

FIGURA 2. Potenciais de oxidação.

Potenciais na ordem eletroquímica

Meia-reação de redução	E°/V
Fortemente oxidantes	
$H_4XeO_6 + 2 H^+ + 2 e^- \rightarrow XeO_3 + 3 H_2O$	+3,0
$F_2 + 2 e^- \rightarrow 2 F^-$	+2,87
$O_3 + 2 H^+ + 2 e^- \rightarrow O_2 + H_2O$	+2,07
$S_2O_8^{2-} + 2 e^- \rightarrow 2 SO_4^{2-}$	+2,05
$Ag^{2+} + e^- \rightarrow Ag^+$	+1,98
$Co^{3+} + e^- \rightarrow Co^{2+}$	+1,81
$H_2O_2 + 2 H^+ + 2 e^- \rightarrow 2 H_2O$	+1,78
$Au^+ + e^- \rightarrow Au$	+1,69
$Pb^{4+} + 2 e^- \rightarrow Pb^{2+}$	+1,67
$2 HClO + 2 H^+ + 2 e^- \rightarrow Cl_2 + 2 H_2O$	+1,63
$Ce^{4+} + e^- \rightarrow Ce^{3+}$	+1,61
$2 HBrO + 2 H^+ + 2 e^- \rightarrow Br_2 + 2 H_2O$	+1,60

FONTE: ATKINS; JONES, 2018

A imagem retrata as meias reações de redução e seus potenciais elétricos, que determinam o nível da força ou capacidade da substância de atrair elétrons. Pode ser visto que o peróxido de hidrogênio é um agente oxidante mais forte que o ácido hipocloroso, o que significa que ele desnatura a membrana de proteínas com mais eficiência que o *HOCl*.

7. PROPOSTA DO PRODUTO

A proposta inicial é a formulação de um produto simples, cujo princípio ativo é o peróxido de hidrogênio, para assim colocá-lo como uma opção sanitizante de verduras.

7.1 Tensoativo

Dentre os surfactantes mais utilizados nos setores industriais, destacam-se os tensoativos, compostos químicos relevantes que por possuírem uma porção

hidrofóbica e outra hidrofílica, são denominados anfipáticos. (Nitschke e Pastore, 2002).

No grupo dos tensoativos há uma subclassificação que é diferenciada pelo seu grupo polar, podendo ser: aniônicos, não-iônicos, catiônicos e anfóteros (BAIN & COMPANY.. GAS ENERGY, 2014). A figura abaixo classifica e cita exemplos de cada uma dessas subclassificações.

FIGURA 3. Classificação dos tensoativos.

	1 TENSOATIVOS ANIÔNICOS	2 TENSOATIVOS NÃO-IÔNICOS	3 TENSOATIVOS CATIÔNICOS	4 TENSOATIVOS ANFÓTEROS
Características	Região polar apresenta carga negativa	Não apresentam cargas verdadeiras	Região polar apresenta carga positiva	Dependendo do pH da solução, se comportam como aniônicos ou catiônicos
Mercado brasileiro	Subsegmento de tensoativos mais utilizado (volume e vendas)	Segundo subsegmento mais utilizado (volume e vendas) e com maior variedade em número de moléculas	Obteve o maior crescimento (volume e vendas) em 2012. Possui maior projeção de crescimento até 2018	Subsegmento menos representativo no mercado nacional e mundial
Principais produtos	LAS (Alquilbenzeno sulfonato linear) LESS (Lauril éter sulfato de sódio)	Polietilenoglicóis Álcoois, alquilfenóis e aminas etoxiladas	Sais quaternários de amônio	Betaínas
Principais produtos consumidores	Sabões em pó para roupas, detergentes para louça e xampus	Detergentes, produtos de limpeza industrial, outras aplicações industriais e emolientes e umectantes para cosméticos	Limpeza industrial e institucional, amaciantes e detergentes	Xampus, sabões líquidos e detergentes para louça

FONTE: FROST AND SULLIVAN, 2013

O tensoativo escolhido para compor o produto proposto é o Lauril éter sulfato de sódio, conhecido como LESS, e de amplo uso industrial. Ele possui um alto poder detergente, desengordurante e de formação de espuma e é compatível com tensoativos aniônicos, não-aniônicos e anfóteros, além de ser biodegradável. A sugestão de concentração do surfactante foi de 3%.

7.2 Princípio ativo

O H_2O_2 costuma aparecer como um líquido incolor, mas também existe na forma de gás quando está em temperatura ambiente (ponto de fusão de $-0,43\text{ }^{\circ}\text{C}$ e ponto de

ebulição de 150,2 °C). A densidade do líquido puro é 1,44 g/cm^3 , e ele é altamente solúvel em água. Nas soluções comercializadas, sua densidade varia conforme a concentração, e geralmente são vendidas soluções de H_2O_2 entre 1 a 30 % (m/v) (SOUZA, 2015).

Os valores de potencial padrão (E°) para as semirreações envolvendo H_2O_2 são uma característica muito conhecida para o composto, e estão representados na Figura 4.

Figura 4. Potenciais de redução do H_2O_2

Semirreação	E° / V
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \leftrightarrow 2H_2O$	1,776
$HO_2 + H^+ + e^- \leftrightarrow H_2O_2$	1,495
$O_2 + 2H^+ + 2e^- \leftrightarrow H_2O_2$	0,695
$O_2 + 2H_2O + 2e^- \leftrightarrow H_2O_2 + 2OH^-$	-0,146
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \leftrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	1,507
$Ce^{4+} + e^- \leftrightarrow Ce^{3+}$	1,720
$Cl_{2(g)} + 2e^- \leftrightarrow 2Cl^-$	1,358
$IO_3^- + 6H^+ + 6e^- \leftrightarrow I^- + 3H_2O$	1,085

FONTE: SOUZA, 2015

Para que se obtenha o efeito desejado, utiliza-se a concentração de 3%, que é a quantidade usada em soluções para desinfecção de feridas.

7.3 Preço

Através de pesquisas, conclui-se que o valor comum da água sanitária é R\$1,68 por litro, e o preço do produto proposto ficaria em torno de R\$1,40 a cada 100mL.

Esse preço do produto foi calculado com base no valor das matérias primas:

- Preço do peróxido de hidrogênio 35%, retirado do site Mercado Livre no dia 25 de janeiro de 2023: R\$46,40 por litro;
- Preço do lauril éter sulfato de sódio 27%, retirado do site Mercado Livre no dia 25 de janeiro de 2023: R\$33,60 por litro;
- Preço da água destilada, retirado do site M & M Comércio no dia 25 de janeiro de 2023: R\$7,05 por litro.

A concentração proposta para o H_2O_2 e o Lauril é de 3%, portanto, considerando que a concentração encontrada no mercado é a demonstrada acima, deve-se realizar a diluição dos dois compostos.

Para o H_2O_2 :

$$\begin{aligned} 100\text{ml de solução} &\rightarrow 35\text{ml de peróxido} \\ x\text{ml de solução} &\rightarrow 3\text{ml de peróxido} \\ x &= 8,6\text{ml de solução contendo } 3\% \text{ de peróxido} \end{aligned}$$

Para o Lauril:

$$\begin{aligned} 100\text{ml de solução} &\rightarrow 27\text{ml de LESS} \\ x\text{ml de solução} &\rightarrow 3\text{ml de LESS} \\ x &= 11,1\text{ml de solução contendo } 3\% \text{ de LESS} \end{aligned}$$

E, para completar os 100mL da solução, serão adicionados 80,3mL de água destilada.

A partir desses cálculos, descobre-se a proporção do valor para cada espécie do produto.

- Para o H_2O_2 o valor foi de R\$0,40 para cada 8,6mL;
- Para o Lauril, o valor também foi de R\$0,40 a cada 11,1mL;
- Para a água destilada, o valor foi de R\$0,60 a cada 80,3mL.

Assim, o custo de produção de cada produto com o volume de 100mL seria de R\$1,40.

8. TESTE DO PRODUTO EM ALFACE

O produto foi feito em laboratório no dia 23 de janeiro de 2023, seguindo a formulação proposta.

FIGURA 5. Produto formulado



FONTE: imagem da autora.

O produto foi produzido com base nos cálculos demonstrados nos tópicos acima e, em seguida, testado na higienização de duas folhas de alface. A princípio, o teste teve como objetivo analisar possíveis alterações das propriedades organolépticas da alface, bem como a velocidade e eficácia de ação do modelo formulado.

FIGURA 6. Alface utilizada para o teste



FONTE: imagem da autora.

Seguindo a mesma metodologia utilizada pelos funcionários dos restaurantes consultados, as duas folhas de alface foram, em primeiro lugar, lavadas em água corrente para que as sujidades visíveis fossem removidas.

FIGURA 7. Alface imerso em solução com o produto desenvolvido



FONTE: imagem da autora.

A solução utilizada foi de 100mL do produto puro, cujo conteúdo era apenas o peróxido de hidrogênio e o LESS, para 900mL de água destilada. 1 litro de solução foi utilizado para remover os microrganismos das folhas de alface. O período de imersão foi de quinze minutos, durante o qual foi possível observar a formação de bolhas superfície da hortaliça, uma indicação da ação do H_2O_2 e liberação do gás oxigênio.

FIGURA 8. Alface após a ação do produto



FONTE: imagem da autora.

Após esses quinze minutos de imersão da alface em solução, ela foi retirada e lavada em água corrente para remover o excesso do produto, e em seguida consumida normalmente. Alterações das propriedades organolépticas não foram observadas, ou seja, cor, odor e sabor permaneceram os mesmos.

Posteriormente, a fim de continuar a formulação do produto, testes microbiológicos serão feitos com o intuito de comprovar efetivamente a eficácia do peróxido de hidrogênio e o LESS.

9. CONCLUSÕES, PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este TCC constitui-se como a etapa inicial de um projeto cujo objetivo é oferecer uma alternativa ao cloro na higienização de hortifrutis, com base no peróxido de hidrogênio. Um produto assim seria vantajoso para a diminuição tanto do uso de água, quanto de mão de obra nesse processo em restaurantes e residências, o que seria benéfico para o meio ambiente devido à escassez crescente de água. Como foi constatado a partir das informações coletadas nas visitas aos restaurantes, água e mão de obra dos operadores são dois fatores de alta demanda nas operações de higienização de hortifrutis, em especial de verduras folhosas como alface, agrião e rúcula. Apesar da desvantagem econômica do possível uso do peróxido de hidrogênio, fator importante para a análise de alternativas em qualquer esfera de ação, a longo prazo há custo benefício pela economia de água. É fato que compostos com base em peróxido são uma alternativa ao cloro já respeitada pelo mercado na desinfecção de piscinas, portanto, isso pode se estender a outras áreas de atuação.

Esse projeto abre as portas para outras perspectivas nos estudos em laboratório sobre a eficácia do uso de H_2O_2 nas tarefas de desinfecção de hortifrutis e as formas de ampliá-la. Dada a importância do tema, tais estudos, em associação com unidades de ensino de alimentos e nutrição, poderão constituir a base de um projeto de mestrado e a subsequente fabricação do produto para uso geral.

REFERÊNCIAS

ALTEKRUSE, Sean F.; SWERDLOW, David L. **The changing epidemiology of foodborne diseases**. The American journal of the medical sciences, v. 311, n. 1, p. 23-29, 1996.

AGÊNCIA BRASIL. **Falta de saneamento básico causa mais de 273 mil internações em 2019**. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2021-10/falta-de-saneamento-basico-causa-mais-de-273-mil-internacoes-em-2019>. Acesso em: 07 de dez. 2022.

ATKINS, P.W.; JONES, Loretta. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. p. 515-560

ATKINS, P.W.; JONES, Loretta. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7.ed. Porto Alegre: Bookman, 2018. p. 537-573

BAIN & COMPANY.. GAS ENERGY. **Potencial de diversificação da indústria química brasileira: relatório 6 : modelo econômico-financeiro** : metionina. Rio de Janeiro , 2014. p.4

BENEVIDES, C. M., & LOVATTI, R. C. C. **Segurança alimentar em estabelecimentos processadores de alimentos**. Hig. aliment, v. 18, n. 125, p. 24-27, 2004

BIOLOGY STACKEXCHANGE. **How does hypochlorous acid inactivate viruses?**. Disponível em: <[biochemistry - How does hypochlorous acid inactivate viruses? - Biology Stack Exchange](#)> Acesso em: 4 de jan. 2023.

Black & Veatch Corporation, (2009). **Chlorine: History, Manufacture, Properties, Hazards, and Uses**. In White's Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants, Black & Veatch Corporation (Ed.). <https://doi.org/10.1002/9780470561331.ch1>

BLOOMFIELD, S. F.; MILES, G. A. **The antibacterial properties of sodium dichloroisocyanurate and sodium hypochlorite formulations**. J Appl Bacteriol, v.46, n.1, p.65-73, 1979.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde. Dados Epidemiológicos - DTA período de 2000 a 2015. Unidade Técnica de Doenças de Veiculação Hídrica e Alimentar - UVHA**. Coordenação Geral de Doenças Transmissíveis - CGDT. SVS, 2016. 11 p

BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância epidemiológica das doenças transmitidas por alimentos no Brasil, 1999 – 2004.** Boletim eletrônico epidemiológico, ano 05, n. 6, dezembro 2005

BROWN, Theodore; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. **Química: a ciência central.** 9 ed. Prentice-Hall, 2005. p.894-898

CAMPOS-MARTIN, J. M.; BLANCO-BRIEVA, G.; FIERRO, J. L. G. **Hydrogen peroxide synthesis: An outlook beyond the anthraquinone process, *Angewandte Chemie International Edition*, v. 45, p. 6962- 6984, 2006.**

CENTERS OF DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **Facts About Chlorine.** Disponível em: <[CDC | Facts About Chlorine](#)>. Acesso em: 5 de jan. 2023

CENTERS OF DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **Foodborne Germs and Illnesses.** Disponível em: <https://www.cdc.gov/foodsafety/foodborne-germs.html>. Acesso em: 08 de fev. de 2023.

COLLINS, Janet E. **Impact of changing consumer lifestyles on the emergence/reemergence of foodborne pathogens.** *Emerging infectious diseases*, v. 3, n. 4, p. 471, 1997.

CHRISTENSEN, C.E.; MCNEAL, S.F.;ELEAZER, P. **Effect of Lowering the pH of Sodium Hypochlorite on Dissolving Tissue in Vitro.** *Journal of Endodontics*, v.34, n4, p. 449-452, 2008

EMBRAPA. **Frutas e hortaliças.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/frutas-e-hortalicas#:~:text=O%20Brasil%20%C3%A9%20o%20terceiro,2%2C5%25%20%C3%A9%20exportada>. Acesso em: 14 de dez. 2022.

ESTRELA, C. R., BARBIN, E. L., SPANÓ, J. C., MARCHESAN, M. A., PÉCORÁ, J. D. (2002). **Mechanism of action of sodium hypochlorite.** *Brazilian dental journal*, 13(2), 113–117. <https://doi.org/10.1590/s0103-64402002000200007>

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, Mariza. **Microbiologia dos alimentos.** São Paulo: Atheneu, 2005; 1:56-58.

GOULART, A.E.R.; LACERDA, I.C.A.; DIAS, R.S. **Potencial risco de intoxicação alimentar por *Staphylococcus spp.* Enterotoxigênio isolados de bolos com cobertura e re-cheio.** *NBC Periódico*. 2016; 6 (11): 11-7.

JAWETZ, E.; MELNICK, J. R.; ADELBERG, E. A.; BROOKS, J. F.; BUTEL, J. S.; MORSE, S. A. **Microbiologia médica**. 26. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

KIM, Jin-Gab; YOUSEF, Ahmed E.; DAVE, Sandhya. **Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review**. Journal of food protection, v. 62, n. 9, p. 1071-1087, 1999.

LE LOIR, Y.L.; BARON, F.; GAUTIER, M. **Staphylococcus aureus and food poisoning**. Genet Mol Res, v. 2, n. 1, p. 63-76, 2003

LIMA, A. W. O.; SOUSA, C. P. **Infecções e intoxicações alimentares**. In: Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos. 1 ed. João Pessoa, PB: Nova Idéia, 2002;1:175-199.

MARQUES. Alfredo. **A química da água sanitária**. Ligados pela Química, 2020. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/paginas/lpq/a-quimica-da-agua-sanitaria/>. Acesso em: 12 de jan. de 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA)**. Disponível em: [DTHA — Português \(Brasil\) \(www.gov.br\)](https://www.gov.br/dtha). Acesso em: 08 jan. 2023.

MORARI, Víctor Hugo Carvalho. **Estudo das propriedades químicas e antimicrobianas das soluções de hipoclorito de sódio**. 2012. Tese de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria.

NASCIMENTO, F. C. A. **Aspectos sócio-econômicos das doenças veiculadas pelos alimentos**. Nutrição em Pauta, v. 40, p. 22-26, 2000.

NEVES, M.C.M. **Levantamento de dados oriundos do DATASUS relativos à ocorrências/surtos de intoxicação alimentar no Brasil de 2007-2014**. Monografia [Graduação em Farmácia]- Universidade Federal da Paraíba; 2016.

NITSCHKE, Marcia; PASTORE, Gláucia Maria. **Biossurfactantes: propriedades e aplicações**. Quím. Nova, São Paulo, v. 25, n. 5, p. 772-776, Sept. 2002.

OGLOBO. **INTOXICAÇÃO ALIMENTAR MATA MAIS DE 350 MIL PESSOAS POR ANO**. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/saude/intoxicacao-alimentar-mata-mais-de-350-mil-pessoas-por-ano-alerta-oms-15768347>. Acesso em: 05 de dez. 2022.

PROGRAMA EDUCACIONAL TUTORIAL. **Intoxicação mata mais de 350 mil pessoas por ano, segundo OMS**. Disponível em:

<https://pet.agro.ufg.br/n/80143-intoxicacao-mata-mais-de-350-mil-pessoas-por-ano-s-egundo-oms>. Acesso em: 23 de jan. de 2023.

Qingdon KingAgroot Precision Agriculture Technology Co., Ltd. **KingDraw-Free Chemical Structure**. Disponível em: <http://www.kingdraw.com/indexen?name=download>. Acesso em: 06 de fev. de 2023.

SAMANTA, C. **Direct synthesis of hydrogen peroxide from hydrogen and oxygen: An overview of recent developments in the process, Applied Catalysis A: General**, v. 350, p. 133-249, 2008.

SANTOS, R. C. **A inspeção de alimentos e segurança nacional**. Revista CFMV, v. 1, 1995.

SILVA, A.A.; BASSANI, L; RIELLA, C.O.; ANTUNES, M.T. **Manipulação de Alimentos em uma cozinha hospitalar: Ênfase na segurança dos alimentos**. Cad pedag. 2015; 12(1): 111-23.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. **Cadeia produtiva de hortaliças movimentada R\$ 55 bi por ano no País**. Disponível em: [Cadeia produtiva de hortaliças movimentada R\\$ 55 bi por ano no País – Sociedade Nacional de Agricultura \(sna.agr.br\)](http://cadeiaprodutiva.dehortaliças.movimentada.r$55bi.por.ano.no.país.sociedade.nacional.de.agricultura.sna.agr.br). Acesso em: 22 de jan de 2023.

SOUZA, Fernando Sílvio de. **Sensores amperométricos nanoestruturados para determinação de H₂O₂ em amostras de uso cosmético e de higiene pessoal**. 2015. Tese de doutorado (DOUTORADO EM QUÍMICA) - Universidade Federal de Santa Catarina, [S. l.], 2015.

US PEROXIDE. **Hydrogen peroxide is a powerfull oxidizer**. Atlanta, Georgia, EUA. Disponível em <[Hydrogen Peroxide is a Powerful Oxidizer | USP Technologies \(h2o2.com\)](http://hydrogenperoxide.com)> . Acesso em: 04 jan. 2023.

WESTBROEK, P.; HAKUZIMANA, J.; GASANA, E.; LOMBAERT, P.; KIEKENS, P. **Voltammetric detection of hydrogen peroxide in teeth whitening gels, Sensors and Actuators B**, v. 124, p. 317-322, 2007.

WINTER, J.; ILBERT, M.; GRAF, P. C. F.; ÖZCELİK, D., & JAKOB, U. (2008). **Bleach Activates a Redox-Regulated Chaperone by Oxidative Protein Unfolding**. Cell, 135(4), 691–701. doi:10.1016/j.cell.2008.09.024

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **Benefits and risks of the use of chlorine-containing disinfectants in food production and food processing: report of a joint FAO/WHO expert meeting**, Ann Arbor, MI, USA, 27-30 May 2008. 2009.

