



Uso de ozônio em sistemas de depuração de ostras visando a segurança para o consumidor

Use of ozone in oysters' depuration systems for consumer's safety

Lucas de Oliveira Soares REBOUÇAS* & Alex Augusto GONÇALVES

Programa de Pós-Graduação em Produção Animal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA

*Email: lucaslosr@gmail.com

Recebido em 14 de novembro de 2013

Resumo - Por terem um eficiente mecanismo de filtração, os moluscos bivalves podem acumular em seu organismo uma grande quantidade de bactérias, vírus entéricos e protozoários, o que pode ser caracterizado como um problema de saúde pública. Diante dessa problemática é necessária a utilização de um sistema de depuração aliado a um agente sanificante, como cloro, luz ultravioleta (UV) ou ozônio. O ozônio é um gás incolor de odor pungente, instável e parcialmente solúvel em água, que se destaca por seu elevado poder oxidante. É um forte agente desinfetante com ação sobre uma grande variedade de microrganismos patogênicos, apresentando uma eficiência germicida que excede a do cloro e da luz UV. Nos últimos anos vários estudos vêm mostrando a eficácia do ozônio como sanificante, em diversas áreas, como na desinfecção de água pra consumo, de produtos de origem animal e vegetal e em sistemas de depuração de moluscos bivalves. Desta forma, este trabalho demonstra o potencial da tecnologia do ozônio em sistemas de depuração de ostras como forma de agregar segurança ao produto para o consumidor final.

Palavras-Chave: ozonização, contaminação, moluscos, inativação microbiana.

Abstract - Bivalves can accumulate a high number of bacteria, enteric viruses and protozoa in the body due to their efficient filtering mechanism. This could lead to a public health problem. Thus, it is necessary to use a depuration system coupled with a sanitizing agent such as chlorine, UV light or ozone. Ozone is an unstable, colorless gas with pungent odor, and high oxidizing power. It is a strong disinfecting agent and acts on a wide variety of pathogenic organisms. The efficiency of ozone exceeds the germicidal UV light and chlorine. In recent years, several studies have shown the effectiveness of ozone as a sanitizer in several areas, such as the disinfection of water, and of plant and animal, products for consumption. Thus, this work demonstrates the potential of ozone technology in oyster's purification systems to guarantee safety to the final consumer, as also pointed out in other studies.

Keywords: ozonation, contamination, mollusks, microbial inactivation.



Introdução

Os bivalves têm como característica uma flora bacteriana muito rica devido ao seu eficiente mecanismo de filtração, sendo capazes de filtrar até 10 L/hora, conseqüentemente acumulando inúmeros microrganismos provenientes da água onde são cultivados ou extraídos (Pereira, Nunes, Nuernberg & Schulz, 2006). Dessa forma, esses animais podem acumular, quando mantidos em águas poluídas, grandes quantidades de bactérias, como as dos gêneros *Salmonella*, *Escherichia* e *Shigella*, vírus entéricos e protozoários, entre outros, o que os transforma em um problema de saúde pública (Forcelini, 2009). O consumo desses moluscos na forma crua ou levemente cozidos agrava o problema.

Diante desta problemática é necessário utilizar métodos que diminuam a carga microbiana presente nos cultivo de moluscos bivalves. Entre estes métodos se destaca a depuração, que consiste na manutenção dos moluscos por um determinado tempo em contato com água limpa em condições controladas, a fim de que, através do processo de filtração, os patógenos presentes nos tecidos sejam excretados nas fezes e pseudofezes (Richards, 1988).

Mesmo com a depuração ainda existe risco de contaminação, sendo necessário o uso em conjunto de sanificantes como cloro, ozônio e esterilização por meio de luz Ultra Violeta (Correa, 2006).

O ozônio já vem sendo utilizado na Europa, desinfetando água potável. Apesar de diversos registros relatarem aplicações comerciais como a esterilização de piscinas e engarrafamento de água, no Brasil, o uso do ozônio para estes fins é quase nulo, sendo o cloro o sanificante mais utilizado nas indústrias, embora durante o seu manuseio possa ocorrer a formação de compostos tóxicos produzindo contaminantes indesejáveis como, por exemplo formação de trihalometanos (Gonçalves, 2011).

Propriedades do Ozônio

O ozônio (O_3) é uma forma alotrópica instável do oxigênio (O_2). A diferença está na quantidade de átomos. Com um átomo a mais o ozônio (Figura 1) é considerado como um oxigênio enriquecido (Gonçalves, 2004). Os três átomos de oxigênio da molécula do ozônio estão arranjados em ângulo obtuso, onde o oxigênio central é ligado a dois átomos de oxigênio equidistantes (Figura 1) (Chiattonne, 2008). Apresenta-se como um gás incolor e de odor pungente, tem massa molecular igual a 48, liquefaz-se a $-112^\circ C$, possui ponto de congelamento de $-251,4^\circ C$ e sua decomposição ocorre rapidamente, sendo uma reação explosiva quando em temperaturas acima de $100^\circ C$, ou ambiental, na presença de catalisadores.

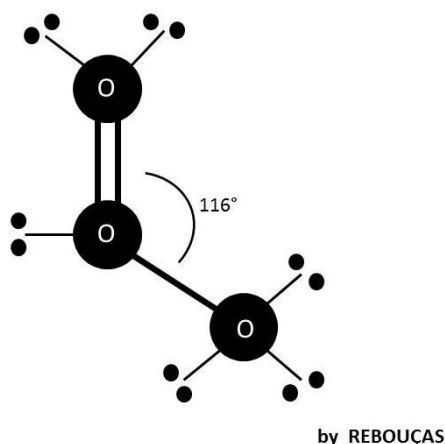


Figura 1: Estrutura molecular do ozônio.

O ozônio é o segundo oxidante mais poderoso, sendo superado em seu potencial de oxidação apenas pelo flúor (Tabela 1). É poderoso contra germes e vírus, ataca o trato respiratório e sua concentração máxima considerada segura para o homem é 0,1 ppm (Kechinski, 2007). Este gás é relativamente instável em solução aquosa e com meia vida de 20 minutos à temperatura de 20°C. Por outro lado, é muito estável no ar, com meia-vida de 12 horas em condições normais de pressão e de temperatura (Di Bernardo, 1993).

Tabela 1: Principais agentes oxidantes e seu potencial de oxidação.

Agente Oxidante	Potencial de Oxidação (mV)
Flúor	3,06
Ozônio	2,07
Peróxido de hidrogênio	1,78
Permanganato	1,67
Dióxido de cloro	1,5
Hipoclorito	1,49
Cloro	1,36

Fonte: Guzel-Seydim (2004) e Chiattonne (2008).

Água Ozonizada

Em meio líquido o ozônio é relativamente instável, decompondo-se facilmente na forma de oxigênio molecular (Chiattonne, 2008). A estabilidade do ozônio em uma solução aumenta com a redução da temperatura e a acidificação (Tabela 2). A concentração de ozônio presente na água é inversamente proporcional à sua temperatura e diretamente proporcional à quantidade de gás injetado (USEPA, 1999).

Tabela 2: Relação da temperatura e solubilidade do ozônio em água.



Temperatura (°C)	Solubilidade (Litros ozônio/litros água)
0	0,640
15	0,456
27	0,270
40	0,112
60	0

Fonte: Chiattonne (2008)

O ozônio é dissolvido facilmente em água com pH inferior a 7,0. Um aumento do pH acelera o processo de decomposição do ozônio resultando na produção de radicais livres potencialmente reativos (Wysok *et al.*, 2006). O diâmetro das bolhas introduzidas no sistema também é um fator determinante para a solubilização do ozônio. A taxa de fluxo do ozônio e o tempo de contato também afetam a transferência do gás para a água. A agitação da amostra incrementa o contato e a solubilização. Khadre *et al.* (2001) relatam que o diâmetro ideal das bolhas de ozônio é de 1 a 3 mm. A geração do ozônio deve ser feita no próprio local de aplicação devido a sua instabilidade.

Nadin *et al.* (2011) utilizaram um gerador de ozônio que produzia o composto através de descarga elétrica em moléculas de oxigênio com alta pureza. A ozonização foi feita através da inserção de pequenas bolhas de ozônio com difusor em água destilada na concentração de 4g/1000 L. Segundo Pezzi (2009), um aspecto negativo do uso da água ozonizada é seu potencial corrosivo nos componentes metálicos das empresas, o que tem inibido sua adoção por parte destas.

Atualmente o desinfetante químico mais utilizado na desinfecção de água é o cloro com alta eficiência germicida. Apesar desta eficiência a toxicidade potencial dos subprodutos da cloração torna o processo cada vez menos atrativo. Os compostos clorados têm algumas desvantagens que limitam crescentemente o seu uso, tanto no tratamento de água quanto na indústria de alimentos, pois a cloração pode conduzir à formação de compostos organoclorados, trihalometanos (THMs) e ácidos haloacéticos, que são mutagênicos, tóxicos e carcinogênicos em água, em alimentos ou em superfícies de contato (Lee *et al.*, 2008; Silva, Luvielmo, Geyer, & Prá, 2011). A Tabela 3 compara os processos de cloração e ozonização da água em relação à segurança, a remoção de microrganismos, ao residual tóxico, a formação de subprodutos, aos custos operacionais e de investimento.

Tabela 3: Comparação das características do processo de cloração e ozonização.



Características	Cloração	Ozonização
Segurança	+	++
Remoção de bactérias	++	++
Remoção de vírus	+	++
Remoção de protozoários	-	++
Residual tóxico	+++	+
Subprodutos	+++	+
Custos operacionais	+	++
Custos de investimento	++	+++

- , nenhum; +, baixo; ++, médio; +++, alto (Fonte: Lazarova *et al.*, 1999).

Ozônio como agente antimicrobiano

O que diferencia o ozônio dos diversos agentes desinfetantes é o seu mecanismo de destruição dos microrganismos. O cloro, por exemplo, atua por difusão através da parede celular, para então agir sobre os elementos vitais no interior da célula, como enzimas, proteínas, DNA e RNA. O ozônio, por ser mais reativo e oxidante, age diretamente na parede celular, causando sua ruptura, demandando menor tempo de contato e tornando impossível sua reativação, como pode ser visto na Figura 2 (Snatural, 2013). A inativação de bactérias pelo ozônio é um processo complexo, pois o ozônio ataca vários constituintes celulares como proteínas, lipídios insaturados, enzimas da membrana celular, peptoglicanas da parede celular, enzimas e ácidos nucleicos do citoplasma; além de proteínas e peptoglicanas da capa dos esporos bacterianos e capsídeos virais (Khadre *et al.*, 2001).

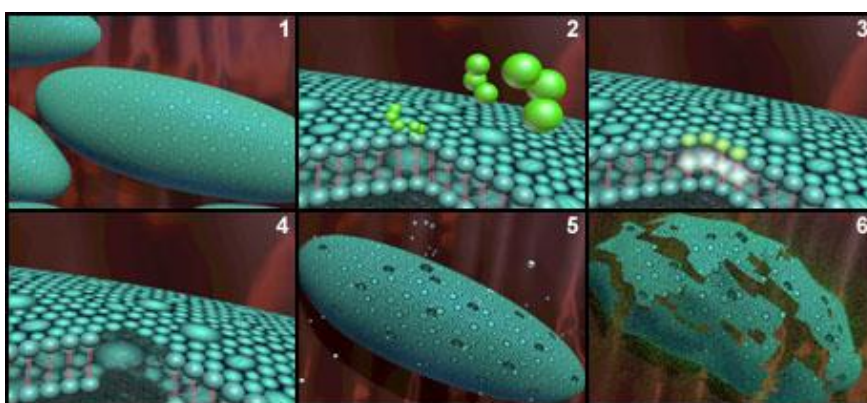


Figura 2: O ozônio em ação sobre os microrganismos. **1.** Bactéria; **2.** Parede celular em contato com ozônio; **3.** Oxidação da parede celular da bactéria; **4, 5 e 6.** Ruptura e destruição da bactéria. Fonte: Snatural Tecnologias Ambientais LTDA. (2013).

A eficiência do ozônio vem sendo evidenciada com o uso do mesmo na forma de gás



(Barboni *et al.*, 2010; Da Costa, 2012) e de água ozonizada (Zhang, 2005; Alexandre, 2011) em produtos de origem vegetal no combate a fungos e bactérias. Além do efeito microbiocida o ozônio também pode ser utilizado para fins de degradação de substâncias indesejadas como micotoxinas (Ikeura *et al.*, 2011).

O ozônio também vem sendo utilizado na manipulação e no processamento de produtos de origem animal (Pohlman, 2012; Naito, 2012). Ultimamente vem sendo bastante utilizado na indústria de processamento de pescado, visando o aumento da vida de prateleira (Kim *et al.*, 2000; Gonçalves, 2011), suprimindo o odor (Gonçalves & Paiva, 2004) e na estocagem de peixes (Campos *et al.*, 2006 e 2005).

O efeito bactericida do ozônio já foi documentado para uma grande variedade de microrganismos, incluindo bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. As bactérias Gram-negativas possuem maior sensibilidade ao ozônio quando comparadas com as bactérias Gram-positivas, pois possuem menor quantidade de peptídeoglicano em sua parede celular (Silva, Luvielmo, Geyer & Prá, 2011). A Tabela 4 apresenta os resultados de diversos experimentos que demonstram a eficácia do ozônio na redução da população bacteriana.

Tabela 4. Eficácia da aplicação do ozônio na redução da população bacteriana.

Bactéria	CONDIÇÕES DO TRATAMENTO				
	Ozônio (mg/mL)	Tempo (min)	pH	Temperatura (°C)	% Redução
<i>Escherichia coli</i>	0,23-0,26	1,67	7	24	99,99
<i>Legionella pneumophila</i>	0,32-0,47	20	7	24	99,99
<i>Mycobacterium fortuitum</i>	0,23-0,26	1,67	7	24	90,00
<i>Salmonella Typhimurium</i>	0,23-0,26	1,67	7	24	99,98
<i>Estreptococos fecais</i>	2,2	19	7,5	16	99,60

Fonte: Wickramanayake (1991).

O ozônio também foi testado na redução das toxinas oriundas de algas. Schneider *et al.*, (2003) analisaram o comportamento da alga *Karenia brevis* em uma cultura com 25 mg de ozônio e relataram uma redução de 80% das células em 10s e redução total em 60s. Os mesmos autores também testaram a depuração com ozônio em uma água rica em algas com potencial tóxico e verificaram que a concentração de algas foi inversamente proporcional ao tempo de tratamento com o ozônio. A floração de maré vermelha é um fator de alto risco em cultivo de moluscos bivalves (Baden *et al.*, 1984) e níveis normalmente encontrados em mariscos pode ser letal para os seres humanos (Pezzi, 2009). A utilização de água do mar ozonizada é uma alternativa para este problema se mostrando eficaz na inativação de toxinas de dinoflagelados (Schneider *et al.*, 2003).



Potencialidade do uso de ozônio no processo de depuração de moluscos bivalves

Em sistemas de depuração, o contato do ozônio com a água do mar pode formar subprodutos oxidantes e uma quantidade significativa de oxidantes residuais totais (TRO - *Total residual oxidant*), principalmente o bromato e bromofórmio, considerados compostos cancerígenos. O ozônio residual pode interromper o sistema fisioecológico de moluscos bivalves reduzindo a eficácia da depuração. Logo a concentração do ozônio não pode ser superior a 0,5 mg/L por um intervalo de até 10 minutos com renovação constante da água (Lee *et al.*, 2008).

Croci (2002) observou a taxa de redução de vibriões patogênicos (*Vibrio cholerae* e *Vibrio parahaemolyticus*) e bactérias (*Escherichia coli*) durante a depuração de mexilhão (*Mytilus galloprovincialis*) após período de 44 horas de depuração, onde a carga microbiana foi reduzida em 0,2%. O ozônio também é um excelente agente desintoxicador.

Sharma (2011) analisou a bioacumulação das toxinas paralisantes dos moluscos (PSP) e sua resistência diante da depuração com uso de cloro (0,05 ppm) e ozônio (25mg O₃/hr), relatando a maior eficiência do último, com redução total das toxinas após 15 dias de tratamento.

Os controles dos parâmetros físico-químicos da água como temperatura e salinidade são de extrema importância no sucesso da depuração com ozônio. Como dito anteriormente a taxa de solubilização do ozônio na água é inversamente proporcional à temperatura. Os valores de TRO são diretamente proporcionais à salinidade do sistema. Para salinidade de 5‰ o TRO é de 2 mg L⁻¹, enquanto em salinidade de 25‰ o valor de TRO sobe para 8 a 10 mg L⁻¹, o que pode ser perigoso para os organismos aquáticos (USEPA, 1999; Gonçalves & Gagnon, 2011).

A Figura 3 mostra uma planta de depuração acoplada a um gerador de ozônio que é introduzido no sistema de depuração em forma de pequenas bolhas através de um difusor, com controle de temperatura e pH para uma melhor taxa de solubilização.

A eficácia do ozônio também foi relatada no aumento da vida de prateleira dos moluscos. Rong *et al.* (2010) analisaram a extensão da vida de prateleira de ostras do pacífico (*Crassostrea gigas*) estocadas a 5±1° C utilizando água ozonizada (5,0×10⁻⁶ g/L), quitosana (5,0 g/L) e a combinação dos dois. O autor observou que após o uso da água ozonizada a vida de prateleira aumentou de oito para 12 dias. Para a combinação com a quitosana a vida de prateleira aumentou em 21 dias. A combinação do ozônio com compostos que possuem potencial de preservação como a quitosana pode ser uma alternativa para a cadeia produtiva de ostras viabilizando sua comercialização em mercados mais distantes.

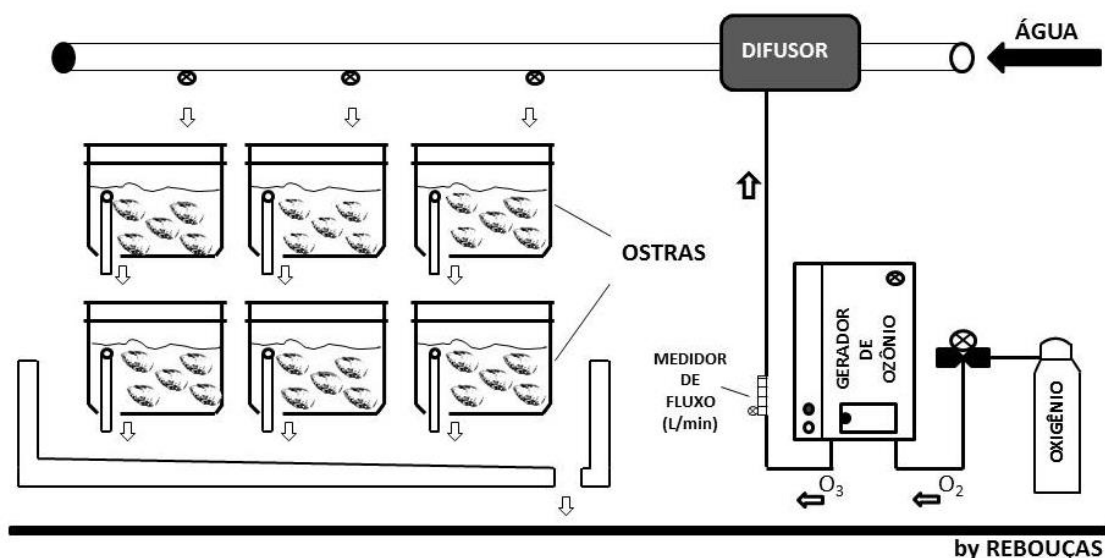


Figura 3: Planta de depuração acoplada a um gerador de ozônio. (Fonte: Arquivo pessoal).

Recomendações

- A FAO orienta que a concentração de ozônio não exceda 0,5 mg/L (aproximadamente 600 mV) por um período de no máximo 10 minutos;
- A geração do ozônio deve ser acoplada ao sistema de depuração (Figura 3) devido à sua elevada instabilidade. O ozônio se decompõe rapidamente em oxigênio, com meia vida de 5,3s em água do mar;
- Uma boa mistura no difusor de ozônio com água marinha retarda a formação de bromato;
- As bolhas de ozônio introduzidas na água devem possuir um diâmetro entre 1 a 3mm;
- 10µg/L é a concentração máxima de bromato permitida em água potável e é sugerido que este mesmo valor seja adotado para água do mar ozonizada utilizada em sistemas de depuração;
- A utilização de *E. coli* como indicador para aptidão de consumo não é recomendável uma vez que existem espécies de vibriões mais resistentes (*V. cholerae* e *V. parahaemolyticus*).

Conclusões

A utilização do ozônio no processo de depuração de ostras é promissora, uma vez que o desinfetante mais utilizado é o cloro, que produz subprodutos com alta toxicidade e pode alterar sensorialmente o produto final. Por outro lado, o ozônio gera menos resíduos tóxicos e subprodutos; é o segundo mais poderoso oxidante, sendo eficaz na inativação de vírus, bactérias e protozoários. Entretanto, o ozônio quando em contato com a água do mar forma subprodutos e resíduos oxidantes (TRO). Estes podem interromper o sistema fisiológico do molusco reduzindo o sucesso da depuração. O ozônio também pode ser aliado a outros métodos de desinfecção como a



radiação UV e a utilização de quitosana para o aumento da vida de prateleira. Contudo, é necessário realização de estudos a nível nacional, visto que de todos os trabalhos existente poucos foram realizados com espécies brasileiras em território nacional. Por meio desses estudos, poderemos auxiliar os órgãos reguladores quanto às condições para seu uso na substituição de outros produtos menos seguros e que, por legislação, são autorizados.

Referências

- Alexandre, E. M. C., Santos-Pedro, D. M., Brandão, T. R. S. & Silva, C. L. M. (2011). Influence of aqueous ozone, blanching and combined treatments on microbial load of red bell peppers, strawberries and watercress. *Jour. of Fd. Eng.* 105(1): 277-282.
- Baden, D. G., Bikhazi, S. J., Decker, F. F. & Foldes, I. L. (1984). Neuromuscular Blocking Action of Two Brevetoxins from the Florida Red Tide Organism *Ptychodiscus brevis*. *Toxicon*, 22(1): 75–84.
- Barboni, T., Cannac, M. & Chiaramonti, N. (2010). Effect of cold storage and ozone treatment on physicochemical parameters, soluble sugars and organic acids in *Actinidia deliciosa*. *Fd. Chem.*, 121(1): 946-951.
- Campos, C. A., Losada, V., Rodríguez, O., Aubourg, S. P. & Barros-Velásquez, J. (2006). Evaluation of ozone-slurry ice combined refrigeration system for the storage of farmed turbot (*Psetta maxima*). *Fd. Chem.*, 97(2): 223-230.
- Campos, C. A., Rodriguez O., Losada V., Aubourg S. P. & Barros-Velazquez, J. (2005). Effects of storage in ozonized slurry ice on the sensory and microbial quality of sardine. *Int. Jour. of Fd. Microb.*, 103(2): 121-130.
- Chiattonne, P. V., Torres, L. M. & Zambiasi, R. C. (2008). Aplicação do ozônio na indústria de alimentos. *Alim. Nutr. Araraquara*, 19(3): 341-349.
- Correa, A. A. (2006) *Estudo sobre a dinâmica de depuração de ostras de cultivo (Crassostrea gigas) artificialmente contaminadas com Salmonella enterica sorovar Typhimurium*. [Dissertação de Mestrado]. Florianópolis (SC): Universidade Federal de Santa Catarina.
- Croci, L., Suffredini, E., Cozzi, L. & Toti, L. (2002) Effects of depuration of molluscs experimentally contaminated with *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae* O1 and *Vibrio parahaemolyticus*. *Journ. App. Microb.* 92(1): 460-465.
- Da Costa, A. R. (2012) *Ozônio como agente fungicida na pós-colheita do mamão (Carica papaya*



L.). [Dissertação de mestrado]. Viçosa (MG): Universidade Federal do Viçosa.

Di Bernardo, L. (1993). *Métodos e Técnicas de tratamento de água*. Rio de Janeiro:

ABES. Forcelini, H. C. D. (2009) – *Depuração de ostras de cultivo da Baía de Guaratuba – Paraná – Brasil*. [Dissertação de Mestrado]. Pontal do Paraná (PR): Centro de Estudos do Mar.

Gonçalves, A. A. (2011). *Processos Oxidativos Avançados (Ozônio)*. In: Gonçalves, A. A. (Ed.). *Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação*. (pp. 500-512) São Paulo: Ed. Atheneu.

Gonçalves, A. A. & Paiva, F. G. (2004). El ozono como agente antiséptico em La industria pesquera. *Infopesca Internacional*, 31(1): 32-37.

Gonçalves, A. G. & Gagnon, G. A. (2011). Ozone Application in Recirculating Aquaculture System: An Overview. *Oz: Sci. & Eng.* 33(1): 345–367.

Guzel-Seydim, Z. B., Greene, A. K. & Seydim, A. C. (2004). Use of ozone in the food industry. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 37(1): 453–460.

Ikeura, H., Kobayashu, F. & Tamaki, M. (2011). Removal of residual pesticide, fenitrothion, in vegetables by using ozone microbubbles generated by diferente methods. *Jour. Fd. Eng.* 103(1): 345-349.

Kechinski, C. P. (2007). *Avaliação do uso de ozônio e de outros tratamentos alternativos para a conservação do mamão papaia (Carica papaya L.)*. [Dissertação de Mestrado]. Porto Alegre (RS): Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Khadre, M. A., Yousef, A. E. & Kim, J. G. (2001). Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review. *Jour. Fd. Scie.*, 66(9): 45-54.

Kim, J. G. (2012). *Environmental Friendly Sanitation to Improve Quality and Microbial Safety of Fresh-Cut Vegetables*. *Biotechnology - Molecular Studies and Novel Applications for Improved Quality of Human Life*, Prof. Reda Sammour (Ed.).

Lazarova, V., Savoye, P., Janex, M. L., Blatchley, E. R. & Pommepuy, M. (1999) Advanced wastewater disinfection technologies: State of the art and perspectives. *Wat. Sci. Tech.* 40(4-5): 203-213.

Lee, R., Lovatelli, A., & Ababouch, L. (2008). *Water Treatment Methods*. In: Lee, R., A. Lovatelli, and L. Ababouch (eds.), *Bivalve Depuration: Fundamental and Practical Aspects*. (pp.33–40) Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Fisheries Technical Paper 511.



- Nadim, A. H., Flaviu, P., Fin, N., Florinal, P., Calin, P., Ilie, S. & Pall, E. (2012). Effect of aqueous ozone solution on pancreatic cells. *J. Cell. Anim. Biol.* 6(2): 25-28, 30.
- Naito, S. (2012). *Ozone in Seafood Processing*. In: O'donnell, C., Tiwari, B. K., Cullen, P. J. & Rice, R. G., *Ozone in Food Processing*. (pp. 137-160) Blackwell Publishing Ltd.
- Pereira, M. A., Nunes, M. M., Nuernberg, L. & Schulz, D. (2006). Microbiological quality of oysters (*Crassostrea gigas*) produced and commercialized In the Coastal Region of Florianópolis – Brazil – *Braz. Journ. Microb.* 137(1):159-163.
- Pezzi, E. (2009). *O uso do ozônio como sanitizante em pós-colheita de produtos agrícolas*. [Monografia]. Porto Alegre (RS): Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Pohlman, F. W. (2012). *Ozone in Meat Processing*. In: O'donnell, C., Tiwari, B. K., Cullen, P. J. & Rice, R. G., *Ozone in Food Processing*. (pp. 123-133) Blackwell Publishing Ltd.
- Richards, G.P. (1988). Microbial Purification of Shellfish: a review of depurations and relaying. *Journ. F. Prot.*, 51(1): 218-251.
- Rong, C., Bang-Zhong, Y., Qi, L. & Lan-Lan, Z. (2010). Combined effect of ozonated water and chitosan on the shelf-life of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). *Innov. Fd. Sci. and Emerg. Tech.* 11(1): 108–112.
- Schneider, K. R., Pierce, R. H. & Rodrick, G. E. (2003). The Degradation of *Karenia brevis* Toxins Utilizing Ozonated Seawater. *Harm. Alg.*, 2(1): 101–107.
- Sharma, R. K., Venkateshvaram, K. & Purushothaman, C. S. (2011). Bioaccumulation and depuration of paralytic shellfish toxin in *Perna viridis* and *Meretrix meretrix* from Mumbai, India. *Ind. Jour. of Mar. Scie.* 40(4): 542-549.
- Silva, S. B., Luvielmo, M. M., Geyer, M. C. & Prá, I. (2011) Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. *Semina: Ciên. Agrá.*, 32(2): 659-682.
- Snatural Tecnologias Ambientais LTDA. (2013). *Ozônio*. Acessado em 04 de outubro de 2013 em: <http://www.snatural.com.br/ozonio.htm>.
- U. S. Environmental Protection Agency (USEPA). (1999). *Wastewater Technology Fact Sheet Ozone Disinfection*. 832-F-99-063.
- Wickramanayake, G. B. (1991). *Disinfection and sterilization by ozone*. In: BLOCK, S. S. (Ed.). *Disinfection and sterilization and preservation* (pp. 182 – 190). Ed. Philadelphia: Lea and Febiyer.
- Wysok, B., Uradziński, J. & Gomólka-Pawlicka, M. (2006). Ozone as an alternative disinfectant –



A review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 15/56(1): 3–8.

Zhang, L., Zhaoxin, L., Zhifang, Y. & Xiang, G. (2005). Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. *Fd. Cntrl.* 16(1): 279-283.