AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DA RADIAÇÃO UV NA DESINFECÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO PARA DESTRUIÇÃO DE OOCISTOS DE CRYPTOSPORIDIUM E CISTOS DE GIARDIA

Nome do autor principal
Genivaldo Inacio [(1)]
Técnico de sistema de tratamento de esgoto da Estação de Tratamento de Esgotos ABC, formado no curso superior de química industrial nas Faculdades Osvaldo Cruz, cursando Pós graduação em Gestão Ambiental no instituto de tecnologia do SENAI Mario Amato
Tatiana Christina dos Reis Dinthof [(2)]
Bióloga da Estação de Tratamento de Esgotos ABC, formada no curso superior de Biologia da Universidade São Judas.
Marcelo Morgado [(3)]
Assessor de Meio Ambiente da Presidência da Sabesp, engº químico formado no Instituto Militar de Engenharia e pós-graduado em Gestão Ambiental pela Unicamp.

Endereço[(1)] - e-mail: genivaldoinacio@sabesp.com.br

RESUMO

Avaliar a eficácia da desinfecção com radiação ultravioleta na destruição de dois parasitos relevantes para a saúde humana , eventualmente presentes na água de reúso e que se encontram na forma encistada (oocistos de Cryptosporidium e cistos de Giardia) e daí resistentes à ação do cloro e por sua dimensões pequenas com potencial de vencer os processos de filtração em areia/antracito e com cartuchos. Também se verificará o efeito da recirculação pelo dispositivo UV sobre a eficácia da desinfecção e da condição novos e saturados dos cartuchos usados nos filtros. O trabalho foi desenvolvido com água de reúso produzida na ETE ABC.

PALAVRAS-CHAVE: desinfecção UV, Giardia, Cryptosporidiun, água de reúso.

INTRODUÇÃO

A água de reúso produzida na ETE ABC, a partir do efluente final, é utilizada internamente 30% na selagem de bombas e como água de serviço na lavagem de equipamentos e ruas e aguada de áreas verdes. Outra parte é vendida para prefeituras para lavagem de ruas e monumentos, irrigação de jardins e desobstrução de galerias. A capacidade de produção da instalação é de 11000m³/mês, dos quais somente 80% são comercializados. Parte do efluente final dos decantadores secundários é desviada para uso no sistema de utilidades e passa por um filtro cesto metálico de malha 1581 microns e por um filtro de areia e antracito e é acondicionado em reservatórios, sofrendo aplicação de hipoclorito de sódio (de 4 a 10ppm) para desinfecção. Fração desta água sofre nova filtração em sistema de filtro de cartuchos 1mícron nominal e monitora-se o cloro residual, que deve estar entre 2 e 10 ppm.
Está água é disponibilizada para venda como água de reúso. A legislação / normatização para água de reúso adotada em vários países, tem por base as orientações preconizadas pela OMS e não prevê análise para formas encistadas de protozoários, pois se entende haver confiança estatística que se possa controlar sua presença através de outros parâmetros como a colimetria fecal. A Sabesp adota a filtração final em cartuchos 1 mícron nominal, o que em tese oferece segurança contra a presença destes parasitos, que tem dimensões de 6 a 8 micra e dose infectante para indivíduos adultos sadios de ordem de apenas 14 cistos.
Decidiu-se avaliar a eficácia da radiação UV tendo em vista que é adotada em desinfecção de água em algumas estações de tratamento de água e bebedouros e atua sobre o núcleo dos parasitos, destruindo seu código genético e tornando-os inviáveis. Por outro lado, isto cria uma dificuldade adicional pois o método de determinação da EPA-EUA leva em conta a presença física das formas encistadas e não se reconhece a diferença entre a situação viável e inviável.
Por outro lado é relevante buscar formas alternativas de eliminação, pois os filtros de cartucho tão fechados rapidamente colmatam e tem que ser substituídos. Além disso, ao elevar-se a pressão na carcaça dos filtros pode haver formação de caminhos preferenciais entre cartuchos e na sua junção com os dispositivos de fixação

das colunas. Tais fatos foram detectados na fase inicial de concepção dos protocolos de ensaio, quando se encontraram alguns cartuchos descartados sem sulcos que indicassem a penetração das canoplas de montagem. Isto ensejou a troca de molas de aperto, afiamento das bordas das canoplas e ainda mudanças no procedimento de montagem.
Registre-se que os testes se tornaram possíveis com a aquisição de equipamentos e desenvolvimento da metolodogia de análise de Cripto e Giardia no Laboratório Central da Sabesp, uma vez que tal tipo de análise é realizada apenas num número muito pequeno de instituições no país.

Relevância dos riscos de contaminação:
Abaixo transcrevemos algumas informações sobre estes dois parasitos obtidas na referência (Lorenza p. and Donato M, 2010) de modo a oferecer um quadro sobre sua relevância como agentes etiológicos. Registre-se que esta fonte se refere à água potável e no caso da água de reúso a uma série de salvaguardas para prevenir contato direto durante sua aplicação, além de requisitos na identificação de tancagem, rede e veículos de transporte visando evitar sua ingestão ainda que acidental.
(Infecções do trato gastrointestinal humano com patógenos entéricos estão entre as principais causas de doença, sofrimento e morte no mundo. Patógenos entéricos são ingeridas com água e alimentos contaminados e passam por todo o trato gastrointestinal. Após o estabelecimento em um hospedeiro, a infecção se espalhou para novos hospedeiros por um subsequente derramamento. As infecções mais importante e prevalente do parvum intestino delgado são causadas por Escherichia coli, particularmente coli enterotoxigênicas e enteropatogênica E., rotavírus, Giárdia lambia e Cryptosporidium [1-3]. Particularmente, mais de 58 milhões de casos de diarréia detectado por ano em crianças estão associados a infecções protozoários intestinais com alta morbidade e mortalidade das taxas de infecção [4]. Cryptosporidium spp. são protozoários apicomplexos oocistos de formação. Após a ingestão, o oocisto excystation, libera esporozoítos que invadem os enterócitos. Os parasitas excysted sofrem multiplicação assexuada (merogony) e sexual (gametogony) produzindo macrogametocytes e microgametos. Após a fecundação do macrogametocytes por microgametes um zigoto desenvolve-se que esporos (esporogonia), gerando oocistos de parede fina, envolvida em auto-infecção e oocistos de parede espessa excretado do hospedeiro . Uma vez liberado no meio ambiente, o parasita pode causar infecções entéricas (criptosporidiose) tanto em humanos e animais, transmitida principalmente pela via fecal-oral através de uma modalidade zoonótico ou antroponótico ou através de água ou alimentos contaminados. Em humanos, a doença resulta em doença e diarréia grave e pode ser letal em indivíduos muito jovens, idosos e imunodeprimidos, particularmente aqueles com infecção pelo HIV [5]. Contaminação da água potável por Cryptosporidium pode resultar em grandes surtos de criptosporidiose [6], além disso, o Cryptosporidium é agora cada vez mais considerada um importante patógeno de origem alimentar [7, 8], causando uma doença de importância sócio-econômico mundial. Três características de Cryptosporidium spp. assegurar um elevado nível de contaminação ambiental e aumentar a probabilidade de transmissão hídrica. Em primeiro lugar, eles são responsáveis por doenças em uma ampla gama de hospedeiros, incluindo o homem [9, 10], têm uma baixa dose infecciosa (10-30 oocistos) Aumentar a possibilidade de infecção também em pessoas saudáveis e imunocompetentes [11, 12], que pode lançar 108-109 oocistos em um único movimento do intestino e excretam oocistos por até 50 dias após a cessação de diarréia [13, 14], em segundo lugar, suas fases transmissivas (oocistos) são pequenos em tamanho e ambientalmente robustos [15, 16] e em terceiro lugar, eles são insensíveis aos desinfetantes normais usados na indústria da água)

OBJETIVO

Verificar eficiência do uso de radiação na faixa de ultravioleta na desinfecção da água de reúso com relação a redução de Cryptosporidium e Giárdia, com e sem recirculação pela lâmpada UV, sem a aplicação de hipoclorito de sódio para não influenciar o efeito da radiação UV.

MATERIAIS

Lâmpada ultravioleta Germetec H16C/5.5C - potência 1600W – emissão na faixa de 165 a 480 nm (cedida gentilmente pelo fabricante para a realização dos testes), rede em PVC para circulação e recirculação do efluente, bomba centrífuga, válvulas, rotâmetro (menor divisão 40m³/h), reservatórios existentes na área de tancagem.

METODOLOGIA

Determinação de coliformes totais, Escherichia coli para supletivamente se avaliar a eficiência da radiação UV, permitindo eventualmente se reduzir a dosagem de cloro, que deve ser mantida para proteção da água estocada. Os parasitos Cryptosporidium e Giárdia foram avaliados no efluente final, após os filtros de areia e antracito e de cartuchos (antes da lâmpada) e após a lâmpada e ainda após a recirculação pela lâmpada. Controlou-se a vazão para não ultrapassar a máxima permitida pelo equipamento UV para desempenho satisfatório (1200m³/h) conforme manual do fabricante. Usou-se manômetro para verificar a condição de saturação do filtro de cartuchos.
Para viabilizar as manobras de válvulas permitindo realizar toda bateria de testes, montou-se a lâmpada num arranjo mostrado no fluxograma e nas fotos de 01 a 09.

RELATÓRIO DE COLETA DA AMOSTRA DIA A DIA

TESTE SEM FILTRO CARTUCHO E SEM CLORAÇÃO

26/01/2011 - 15h30min: iniciada a alimentação do reservatório 02 de água de reúso com efluente dos filtros de areia e antracito, sem passagem pelo filtro cartucho e passando pela desinfecção UV e sem dosagem de cloro. Ajustou-se a vazão para 600 l/hora, através das válvulas e rotâmetro de capacidade máxima 1200 l/hora, pressão do sistema 4 bar. Efetuaram-se coletas nos seguintes pontos:

- Efluente final nos decantadores secundários
- Efluente dos filtros de areia e antracito sem passagem pelo filtro de cartuchos;
- Efluente da lâmpada UV sem recirculação.

O tempo de alimentação do reservatório foi de 12 horas, ao atingir altura de 1,30m e volume de 9294m³.

27/01/11 - 17h00min: foram feitas as manobras para recirculação.
29/01/11 - 17h00min; efetuada a coleta do efluente recirculado e paralisado o sistema, para drenagem do reservatório.

Dados do efluente final
pH = 6,90
Turbidez = 2,53 NTU
DQO tot = 20 mgO_2/l
SST = 8 mg /l
SSV = 3mg/l
SS < 0,1 ml/l
Cor típica = 100 UC

TESTE COM FILTRO CARTUCHO NOVO

Dia 01/02/2011
09h00min; efetuada a troca dos elementos filtrante por novos para avaliar esta condição
10h00min iniciado a alimentação do reservatório 02 e efetuado as coletas do efluente final nos decantadores secundários,efluente pós filtro de areia /antracito e cartucho (antes da lâmpada UV) e pós lâmpada UV,efetuado coleta para colimetria fecal .
Estas amostras foram encaminhadas para o Laboratório Central da Sabesp na condição refrigerada.

Dados do efluente final
pH = 7,20
Turbidez = 13,4 NTU
DQO total = 25 mgO_2/l
SST = 8 mg/l
SSV = 3 mg/L
SS < 0,1 ml/l
Cor típica = 100 UC

Dia 02/02/2011
09h00min: encerrada a alimentação do reservatório 02, atingindo-se a altura de 2,19 m e volume de 15.067m³. Iniciada a recirculação pela lâmpada UV.

Dia 04/02/2011

Efetuada a coleta do efluente recirculado pela lâmpada UV e desligado o sistema para efetuar os preparativos do teste.
Leitura no filtro saturado através do controle via horímetro da lâmpada UV: X h de funcionamento da bomba.

TESTES COM FILTRO CARTUCHO SATURADO

10:00: iniciada a drenagem do tanques.
14:20: iniciada a etapa do teste com o filtro saturado e efetuadas as coletas de amostras do efluente final, pós filtro de areia e antracito e cartuchos a ainda após a lâmpada UV (1 passagem)

Dados do efluente final
pH = 7,19
Turbidez = 2,53 NTU
DQO total = 19 mgO_2/l
SST = 7 mg/l
SSV = 3 mg/l
SS < 0,1 ml/l
Dia 05/02/11
09h00min: concluído o abastecimento do reservatório e iniciado o processo de recirculação quando prevaleciam as seguintes condições:
Volume: 11.733 l e altura 1,66 m

Dia 07/02/11
08h00min: efetuada a coleta de amostra do efluente recirculado
Desligada a lâmpada UV
Leitura no horímetro: 27620 h de funcionamento da bomba
Desligado o sistema de recirculação.



Foto 1: Reservatório 02 de Água de Reúso escolhido para o teste,capacidade 25000 litros.



Foto 2: Sistema de Retorno com Bomba de recirculação e mangueira de nível.



Foto 3: Tomada de Sucção do Sistema de Recirculação.



Foto 4: Ponto de Tomada de Amostra pós Lâmpada UV.



foto 5: Rotâmetro para medição de vazão antes da lâmpada UV.



foto 6: Sistema de Filtro Cartucho de 1 mícron nominal.



Foto 7: Sistema da Lâmpada UV.



foto 8: Ponto de alimentação do teste interligação do sistema de recirculação e ponto de tomada de amostra, antes da Lâmpada UV,Manômetro de pressão do sistema (menor divisão 0,10 bar).



Foto 9: Bomba de recirculação e sistema de retorno do excesso de recalque.

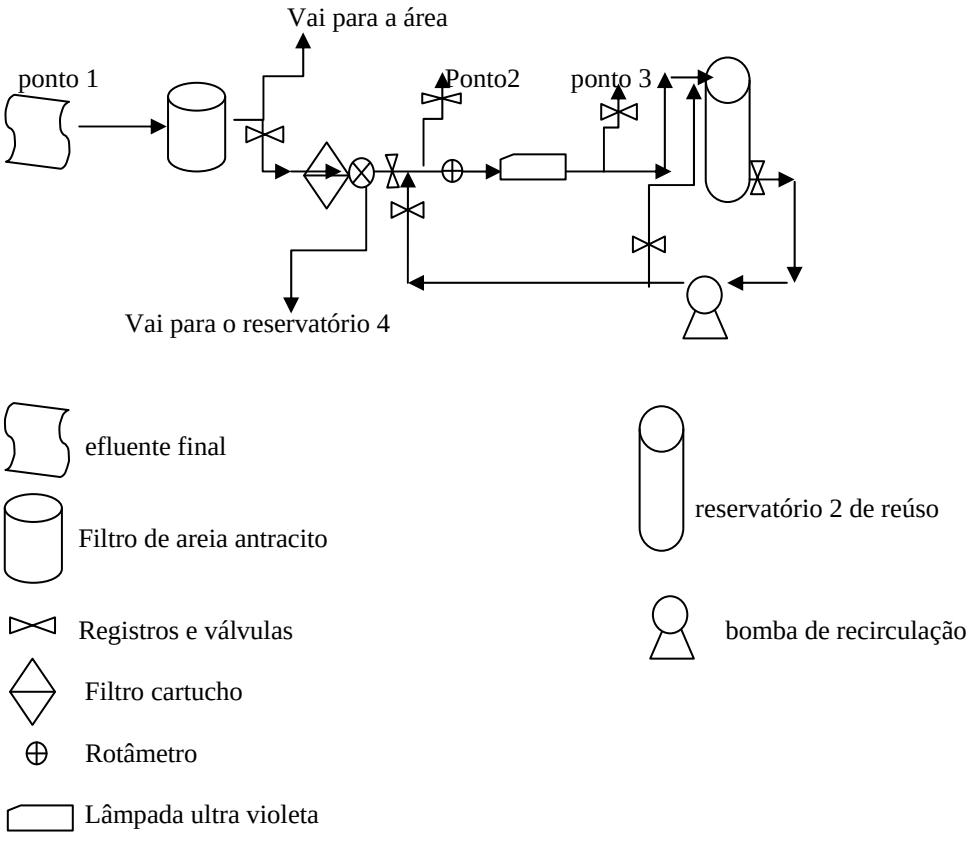


Foto 10: Filtro de Areia e Antracito.



Foto11: Vertedores dos Decantadores Secundários de onde se coletaram amostras.

Figura 1: Fluxograma Do Dispositivo para os Testes



METODOLOGIA DE ANÁLISE

COLIMETRIA

Para análise de Escherichia coli foi utilizado o método de quantificação através de substrato enzimático.

CRYPSTOPORIDIUM E GIARDIA

Método EPA (EUA) nº 1623: "Crypstoporidium e Giárdia em água por filtração / IMS/FA - Dez/2005

Tabela 1: Programação da coleta de Amostra

Etapa	Amostra	Data da coleta	Volume filtrado (L)	Volume coletado (L)
1-Sem filtro cartucho, sem recirculação	Efluente final	26/01/11	20	20
	Após filtro de areia antracito	26/01/11	20	20
	Após lâmpada UV	26/01/11	20	20
2-Sem filtro cartucho, com recirculação	Após a lâmpada UV	29/01/11	20	20
3-Com filtro cartucho novo,sem recirculação	Efluente final	01/02/11	20	20
	Após filtro de areia antracito	01/02/11	20	20
	Após lâmpada UV	01/02/11	20	20
4-Com filtro cartucho novo, com recirculação	Após Lâmpada UV	04/02/11	20	20
5-Com filtro cartucho saturado, sem recirculação	Efluente final	04/04/11	20	20
	Após filtro de areia antracito	04/02/11	20	20
	Após lâmpada UV	04/02/11	20	20
6-Com filtro cartucho saturado, com recirculação	Após lâmpada UV	07/02/11	20	20

Tabela 2: Resultados Laboratoriais

Etapa	Amostra	Data Coleta	Coliformes Totais (NMP/100mL)	*Escherichia coli* (NMP/100mL)	*Cryptosporidium* (oocistos/L)	*Giárdia (cistos/L)*
1 - Sem filtro cartucho, sem recirculação	Efluente final	26/01/11	> 2419,6	> 2419,6	0,1	29,2
	Após filtro areia e antracito	26/01/11	> 2419,6	> 2419,6	0,0	13,5
	Após lâmpada UV	26/01/11	275,5	11	0,1	17,0
2 - Sem filtro cartucho, com recirculação	Após lâmpada UV	29/01/11	20,9	<1	0,0	1,1
3 - Com filtro cartucho novo, sem recirculação	Efluente final	01/02/11	> 2419,6	> 2419,6	0,0	9,8
	Após filtro areia e antracito	01/02/11	> 2419,6	> 2419,6	0,0	1,0
	Após lâmpada UV	01/02/11	3,1	<1	0,0	2,1
4 - Com filtro cartucho novo, com recirculação	Após lâmpada UV	04/02/11	27,5	18,9	0,0	3,3
5 - Com filtro cartucho saturado, sem recirculação	Efluente final	04/02/11	>2419,6	>2419,6	0,0	9,7
	Após filtro areia e antracito	04/02/11	>2419,6	>2419,6	0,0	0,1
	Após lâmpada UV	04/02/11	55,4	5,2	0,0	6,3
6 - Com filtro cartucho saturado, com recirculação	Após lâmpada UV	07/02/11	1732,9	7,5	0,0	3,2

CONCLUSÕES

Os resultados foram significativos na etapa 1 (sem filtro cartucho, sem recirculação) para a remoção de Coliformes Totais,e Escherichia Coli.O resultado para o Criptosporidium em nada alterou com relação a entrada com relação a Cistos de Giárdia a redução foi efetuada pela barreira física do Filtro de Areia Antracito e não houve redução pós Lâmpada UV. Na etapa 2, quando utilizado o recurso da recirculação, pela Lâmpada UV temos um resultado promissor.

Na etapa 3 (com o filtro cartucho novo e sem recirculação), os resultados foram bons na remoção de Coliformes Totais e Escherichia coli, não teve a presença de Criptosporidium no efluente e com relação ao Cistos de Giárdia houve redução devido barreira física do filtro. Porém na etapa 4 (com a recirculação), os resultados não foram promissores.

Na etapa 5 (com o filtro cartucho saturado e sem recirculação) os resultados foram satisfatórios na remoção de coliformes totais, Escherichia coli com relação a Cistos de Giárdia,o resultado não foi promissor.Não Tivemos presença de Cryptosporidium no efluente. Porém os resultados não foram tão bons como esperado na etapa 6

(com a recirculação) subiram os valores para Coliformes Totais e Escherichia Coli, com relação a Cistos de Giárdia observa-se redução.
Evidenciou-se nesta campanha de testes que o efluente passando uma vez pela lâmpada UV sofre boa redução para Coliformes Totais e Escherichia Coli e não tivemos resultados promissores com relação a redução dos Cistos de Giárdia. Com relação ao Cryptosporidium não tivemos a presença significativa para testes no Efluente. Com a utilização da recirculação pela Lâmpada UV observa-se resultados promissores na redução de Coliformes Totais, Escherichia Coli e Cistos de Giárdia.

RECOMENDAÇÕES

Prosseguir com as avaliações e testes, pois devido ao pequeno número de amostras e a variação estatística na eficiência, se obtiveram resultados aparentemente anômalos, como piora após recirculação pela lâmpada UV na remoção de parasitos e ainda mais estranhamente em amostra que na mesma corrente, passou pela lâmpada UV.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lorenza Putignani and Donato Menichela, 2010
Global Distribution, Public health and Clinical impact of the Protozoan Pathogen
Hindwi Publishing Corporation
Interdisciplinary Perspectives on Infections Diseases volume 2010(2010)
pp 01

(1] R. W. Goodgame, "Understanding intestinal spore-forming Protozoa: cryptosporidia, microsporidia, *Isospora*, and *"Cyclospora," Annals of Internal Medicine*, vol. 124, no. 4, pp. 429–441, 1996.

[2] L. Eckmann, "Small bowel infections," *Current Opinion in Gastroenterology*, vol. 18, no. 2, pp. 197–202, 2002.

[3] K. K. Pierce and B. D. Kirkpatrick, "Update on human infections caused by intestinal protozoa," *Current Opinion in Gastroenterology*, vol. 25, no. 1, pp. 12–17, 2009.

[4] World Health Organization, "WHO/PAHO informal consultation On intestinal protozoal infections," Tech. Rep. WHO/CDS/IPI/92.2, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 1992.

[5] X.-M. Chen, J. S. Keithly, C. V. Paya, and N. F. LaRusso, "Cryptosporidiosis," *The New England Journal of Medicine*, vol. 346, no. 22, pp. 1723–1731, 2002.

[6] P. Karanis, C. Kourenti, and H. Smith, "Waterborne transmission of protozoan parasites: a worldwide review of outbreaks and lessons learnt," *Journal of Water and Health*, vol. 5, no. 1, pp. 1–38, 2007.

[7] H. V. Smith, S. M. Cacci` o, N. Cook, R. A. B. Nichols, and A. Tait, "*Cryptosporidium* and *Giardia* as foodborne zoonoses," *Veterinary Parasitology*, vol. 149, no. 1-2, pp. 29–40, 2007.
[8] S. M. Cacci `o and E. Pozio, "Molecular identification of food-borne and water-borne protozoa," *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, vol. 32, no. 2, pp. 156–158, 2001.

[9] S. M. Cacci ` o, "Molecular epidemiology of human cryptosporidiosis," *Parassitologia*, vol. 47, no. 2, pp. 185–192, 2005.

[10] A. Grinberg, N. Lopez-Villalobos, W. Pomroy, G. Widmer, H. Smith, and A. Tait, "Host-shaped segregation of the

"Cryptosporidium parvum multilocus genotype repertoire," *Epidemiology and Infection*, vol. 136, no. 2, pp. 273–278, 2008.
[11] H. L. DuPont, C. L. Chappell, C. R. Sterling, P. C. Okhuysen, J. B. Rose, and W. Jakubowski, "The infectivity of *Cryptosporidium Parvum* in healthy volunteers," *The New England Journal of Medicine*, vol. 332, no. 13, pp. 855–859, 1995.

[12] P. C. Okhuysen, C. L. Chappell, J. H. Crabb, C. R. Sterling, and H. L. DuPont, "Virulence of three distinct *Cryptosporidium Parvum* isolates for healthy adults," *The Journal of Infectious Diseases*, vol. 180, no. 4, pp. 1275–1281, 1999.

[13] L. Jokipii and A. M. M. Jokipii, "Timing of symptoms and oocyst excretion in human cryptosporidiosis," *The New England Journal of Medicine*, vol. 315, no. 26, pp. 1643–1647, 1986.

[14] C. L. Chappell, P. C. Okhuysen, C. R. Sterling, and H. L. DuPont, "*Cryptosporidhim parvun*: intensity of infection and Oocyst excretion patterns in healthy volunteers," *The Journal of Infectious Diseases*, vol. 173, no. 1, pp. 232–236, 1996.

[15] B.-M. Hsu, C. Huang, and J. R. Pan, "Filtration behaviors of *Giardia* and *Cryptosporidium*-ionic strength and pH effects," *Water Research*, vol. 35, no. 16, pp. 3777–3782, 2001.

[16] L. J. Robertson and B. Gjerde, "Occurrence of parasites on fruits and vegetables in Norway," *Journal of Food Protection*, vol. 64, no. 11, pp. 1793–1798, 2001.