

Waterborne and foodborne zoonotic protozoa, an unknown threat as a biological agent in bioterrorism

Hajipour, N.¹, Gharekhani, J.^{2*}

1. Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2. Department of Central Veterinary Laboratory Science, Iranian Veterinary Organization, Hamedan, Iran

*Corresponding author: gharekhani_76@yahoo.com

(Received: 2018/11/10 Accepted: 2019/5/19)

Abstract

Some zoonotic protozoa can be easily transmitted through food and water and cause serious illnesses in humans and animals. Because these pathogenic agents have some characteristics of an effective biological agent such as latent period, low infectious doses, high resistance to disinfectants, they can play a role as an unknown biological agent in bioterrorism. Considering the increasing threats of bioterrorism, biological agents and their use by some colonial countries, it is necessary to identify and recognize these unknown agents and ways to prevent them. Based on a systematic study some keywords such as “bioterrorism”, “biologic”, and “protozoa zoonosis”, “parasite” and names of some waterborne and foodborne parasites were searched in reliable information databases and then the related topics were studied carefully. The results of this study show that in addition to bacteria, viruses and their toxins, zoonotic protozoa such as *Giardia intestinalis*, *Entamoeba histolytica*, *Cryptosporidium parvum*, and *Toxoplasma gondii* which can be transmitted through food and water, can act as biologically hazardous agents in bioterrorism. Because these zoonotic protozoa are resistant to some disinfectants, for example, chlorine and low temperatures, so the only way to deal with these biological agents at times of crisis is to boil the water for 10-15 min at 60 ° C as well as to cook completely those food materials with the probability of contamination.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Bioterrorism, Parasite, Zoonosis, Water and Food

تک‌یاخته‌های زئونوتیک منتقله از آب و مواد غذایی تهدیدی ناشناخته به‌عنوان عوامل

بیولوژیک در بیوتروریسم

ناصر حاجی پور^۱، جمال قره‌خانی^{۲*}

۱. استادیار، متخصص انگل‌شناسی دامپزشکی، گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲. آزمایشگاه مرکزی، سازمان دامپزشکی کشور، همدان، ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: gharekhani_76@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۹۷/۸/۱۹ پذیرش نهایی: ۹۸/۲/۲۹)

چکیده

برخی از تک‌یاخته‌های زئونوتیک به‌راحتی از طریق مواد غذایی و آب منتقل و باعث بیماری‌های جدی در انسان و حیوان می‌شوند. این عوامل بیماری‌زا به‌علت اینکه برخی از خصوصیات یک عامل بیولوژیک مؤثر از جمله دوره کمون و دوز عفونی پایین، مقاومت بالا در برابر ضدعفونی‌کننده‌ها را دارا هستند. بنابراین می‌توانند به‌عنوان یک عامل بیولوژیک ناشناخته در بیوتروریسم ایفای نقش کنند. با تهدیدات فزاینده بیوتروریسم و عوامل بیولوژیکی و استفاده آن‌ها توسط برخی از کشورهای استعمارگر، شناسایی و شناخت این عوامل ناشناخته و راه‌های پیشگیری از آن امری ضروری به‌نظر می‌رسد. بر اساس یک مطالعه سیستماتیک کلید واژه‌های بیوتروریسم، بیولوژیک و زئونوزهای تک‌یاخته‌ای، انگل، اسامی انگل‌های منتقله از آب و مواد غذایی در پایگاه‌های معتبر اطلاعاتی جستجو و موضوعات مرتبط مطالعه گردید. نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که تک‌یاخته‌های زئونوتیک نظیر *ژیاردیا ایتستینالیس*، *انتاموبا هیستولیتیکا*، *کریپتوسپوریدیوم پارووم* و *توکسوپلاسما گوندی* که توانایی انتقال از طریق مواد غذایی و آب را دارند، به‌عنوان عوامل بیولوژیکی در حملات بیوتروریسم ایفای نقش می‌کنند. از آنجایی که این تک‌یاخته‌ها در برابر برخی از ضدعفونی‌کننده‌ها از جمله کلر و دماهای پایین مقاوم هستند، بنابراین تنها راه مقابله با آن‌ها در زمان‌های بحران، جوشاندن آب در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۵-۱۰ دقیقه و نیز پختن کامل مواد غذایی مشکوک به آلودگی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بیوتروریسم، انگل، زئونوز، آب و مواد غذایی

مقدمه

تک‌یاخته‌های زئونوتیک، میکروارگانیسم‌های تک‌سلولی قابل انتقال بین انسان و حیوان می‌باشند. در حال حاضر بیش از ۱۵ گونه تک‌یاخته‌ای و ۵۰ بیماری انگلی دیگر وجود دارد که ماهیت زئونوتیک دارند (Hajipour and Esmaeilnejad, 2018). طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی از تعداد ۱۱۴ بیماری از ۱۵۶ بیماری نوپدید شناخته شده در انسان، جزء بیماری‌های مشترک بین انسان و حیوان می‌باشند (WHO, 1979). تک‌یاخته‌های زئونوتیک به لحاظ تهدید سلامت در انسان و حیوان، بهداشت مواد غذایی و همچنین به لحاظ خسارات اقتصادی حائز اهمیت فراوانی هستند.

به انتشار عمدی عوامل بیولوژیک شدیداً بیماریزا با هدف نابودی و ایجاد خسارت در جوامع انسانی، حیوانی و گیاهی بیوتروریسم گفته می‌شود (Hvarchanova and Georgieva, 2015; Balali-Mood et al., 2013). این عوامل طی ۲۵۰۰ سال به شکل جنگ افزارهای بیولوژیکی مورد استفاده قرار گرفته و هنوز هم تهدیدی جدی برای موجودات زنده به‌شمار می‌آیند (Diadoo, 1999). جنگ‌افزارهای بیولوژیک به لحاظ تأثیر و محدوده عملکرد نسبت به عوامل شیمیایی بسیار خطرناک و مهلک‌تر هستند. امروزه، پیشرفت علوم نوین در رشته‌های بیوشیمی و ژنتیک دستیابی به این اهداف را هموار ساخته است (2010, Bidaki Thavaselvam and Vijayaraghavan; and Balalimood, 2015; Venkatesh and Memish, 2003). استفاده مکرر از عوامل بیولوژیک توسط دول مختلف در طی اعصار گذشته به اثبات رسیده است (Jernigan et al., 2002; Rasco and Bledsoe, 2009; Ryan et al., 1987; Hennessy et al., 1996). قرارداد

۱۹۷۲ مبنی بر منع استفاده از سلاح‌های بیولوژیک به امضای بیش از ۱۴۰ کشور رسید ولیکن تولید و استفاده از این جنگ‌افزارها همچنان توسط برخی از کشورها ادامه دارد (Bidaki and Balalimood, 2015). عمده مطالعات صورت گرفته در حوزه عوامل بیولوژیک، بیشتر بر روی ویروس، باکتری و توکسین‌ها متمرکز شده است در حالی‌که اخیراً از کرم‌های انگلی به‌عنوان عوامل بیولوژیک ناشناخته و جدید در بیوتروریسم یاد می‌شود (Ryan, 2016; Rotz et al., 2002; Paterson, 2006; Phills et al., 1972). عوامل بیولوژیک توانایی آلوده کردن از سه راه گوارشی، استنشاقی و پوستی را دارند. تک‌یاخته‌های زئونوتیک به‌طور عمده از راه گوارشی وارد بدن انسان و حیوان می‌شوند. یکی از منابع آلودگی از طریق گوارش، آب و مواد غذایی می‌باشد که علاوه بر ایجاد مرگ و میر در جوامع انسانی و حیوانی، خسارات اقتصادی جبران‌ناپذیری را به یک کشور و ملت تحمیل می‌کند. آلوده‌سازی آب مصرفی با عوامل بیولوژیک و توکسین‌ها (سموم میکروبی) بعد از تصفیه آب و قبل از توزیع آن در شهر به راحتی امکان‌پذیر می‌باشد (Rasco and Bledsoe, 2009). علاوه بر آب، مواد غذایی از جمله شیر، گوشت و فراورده‌های گوشتی به‌ویژه اقلام وارداتی بیشتر در معرض آلودگی به عوامل بیولوژیک قرار دارند (Alberts, 2005). با تهدیدات فزاینده بیوتروریسم و استفاده از عوامل بیولوژیکی در جهت نابودی افراد نظامی و غیرنظامی و حتی نابودی حیوانات و گیاهان در جهت آسیب به اقتصاد یک کشور و یا انتشار عوامل بیماری‌زا به انسان از این طریق، لازم و ضروری است که عوامل بیولوژیکی نوظهور و راه‌های پیشگیری و کنترلی آن شناسایی شود (Tavakkoly et

C طبقه‌بندی کرده است (Rotz et al., 2002). هم‌چنین عوامل بیولوژیک را به دو گروه اصلی میکروب‌های بیماری‌زا و بیوتوکسین‌ها تقسیم شده است (Tavakkoly et al., 2005). در جدول (۱) برخی از عوامل بیولوژیک و توکسین‌های قابل انتقال از طریق مواد غذایی و آب نمایه شده است.

(al., 2005a). هدف از این بررسی، جمع‌آوری اطلاعاتی جامع و جدید در زمینه عوامل بیولوژیکی ناشناخته انگلی بویژه تک‌یاخته‌های زئونوتیک می‌باشد.

- انواع عوامل بیولوژیک

مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری‌ها در آمریکا (CDC) عوامل میکروبی مورد استفاده در جنگ‌افزارهای بیولوژیک را برحسب میزان خطر در سه گروه A، B و

جدول (۱) - عوامل بیولوژیک و توکسین‌های قابل انتقال از طریق آب و مواد غذایی (Tavakkoly et al., 2005b)

| ردیف | عامل بیولوژیک | دوز عفونی | دوره کمون | دوره بیماری | مقاومت عامل |
|------|-----------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|-------------|
| ۱ | باسیلوس آنتراسیس | ۵۰۰۰۰-۸۰۰۰ | ۱-۶ روز | ۳-۵ روز | زیاد |
| ۲ | بروسلا | ۱۰-۱۰۰ عدد | چند روز تا چند ماه | چند هفته تا چند ماه | زیاد |
| ۳ | ویبریو کلرا | ۱۰-۵۰۰ عدد | ۱-۳ روز | ۱ هفته | زیاد |
| ۴ | فرانسیسلا تولارنسیس | ۱۰-۵۰ عدد | ۲-۱۰ روز | ۲ هفته | متوسط |
| ۵ | سالمونلا تیفی | ۱۰-۱۰۰ | ۱-۲ هفته | چند روز تا چند هفته | متوسط |
| ۶ | اشریشیاکولی آنتره‌موراژیک | ۱۰۰ عدد | ۳-۹ روز | ۲-۱۰ روز | متوسط |
| ۷ | شیگلا دیستانتری | ۱۰۰ عدد | ۲-۴ روز | ۱ هفته | کم |
| ۸ | توکسین بوتولینیوم | ۰/۰۱ میکروگرم در کیلوگرم | ۱۲-۳۶ ساعت | ۱-۳ روز | زیاد |
| ۹ | توکسین کلیستریادیوم پرفرنجس | ۰/۰۰۵ میلی گرم در کیلوگرم | ۱-۳ روز | ۲-۴ روز | کم |
| ۱۰ | آنروتوکسین استافیلوکوک | ۱/۷-۰/۰۳ میکروگرم در کیلوگرم | ۱-۴ ساعت | ۲۴ ساعت | متوسط |
| ۱۱ | تریکوتسن | ۱۲۱ میلی گرم در کیلوگرم | ۱-۳ ساعت | چند روز تا چند هفته | بالا |
| ۱۲ | ریسین | ۳-۵ میلی گرم در کیلوگرم | ۱۸-۲۴ ساعت | ۱-۳ روز | کم |
| ۱۳ | ساکسی توکسین | ۱-۲ میلی گرم در کیلوگرم | ۱-۵ ساعت | ۱-۳ روز | کم |
| ۱۴ | تتردوتوکسین | ۸ میلی گرم در کیلوگرم | ۴-۴۰ ساعت | ۱-۲ روز | کم |

آن به‌روش‌های مختلف باشند (Tavakkoly et al., 2005). البته دارا بودن یکی از شرایط مذکور برای عوامل بیولوژیک در نقش بیوتورریسم کافی است. شاخص مهم عوامل بیولوژیک منتقله از آب و مواد غذایی مدت زنده‌مانی و مقاومت در برابر عوامل ضد عفونی می‌باشد؛ به‌عنوان مثال سالمونلا تا ۳ ماه و اسپور باسیلوس آنتراسیس تا چندین سال در آب فعال

عامل بیولوژیک برای این‌که بتواند در نقش خود به‌عنوان بیوتورریسم موثر واقع شود باید دارای یک‌سری خصوصیات و ویژگی‌هایی از جمله قدرت کشندگی و بیماری‌زایی بالا، دوز عفونی کم، قابلیت سرایت زیاد، دوره کمون کوتاه، عدم امکان ایمنی‌زایی بر علیه آن، عدم امکان تشخیص سریع، ایمن بودن نیروهای خودی، اقتصادی بودن تولید آن و امکان پخش

باقی می‌ماند. جدول (۲) مدت زمان بقای عوامل بیولوژیک منتقله از آب و مواد غذایی را نشان می‌دهد.

جدول (۲) - مدت زمان بقای عوامل بیولوژیک در آب (Tavakkoly et al., 2005b)

| عوامل بیولوژیک | اشریشیا کولی | سالمونلا تیغی | ویبریوکلرا | شیگلا دیسانتری | باسیلوس آنتراسیس | ویروسهای کوکسایی | ویروس هپاتیت | اکوویروس | آدنوویروس |
|--------------------------|--------------|---------------|------------|----------------|------------------|------------------|--------------|----------|-----------|
| مدت زمان زنده‌مانی در آب | ۲-۲۶۲ | ۲-۹۳ | ۴-۲۸ | ۱۵-۲۷ | چندین سال | ۵۶-۲۸۰ | ۱۶-۶۸ | ۱۷۰ | ۱۶-۶۸ |

مواد و روش‌ها

بر اساس یک مطالعه سیستماتیک کلید واژه‌های بیوتروریسم، بیولوژیک، زئونوزهای تک‌یاخته‌ای، انگل و انگل‌های منتقله از آب و مواد غذایی در پایگاه‌های اطلاعاتی Elsevier، Science Direct، Pub Med، SID، Magiran، Iran doc و Google Scholar جستجو و موضوعات مرتبط مطالعه گردید.

یافته‌ها

- نقش برخی از تک‌یاخته‌های زئونوتیک و غیرزئونوتیک به‌عنوان عوامل بیولوژیک

- ژیاوردیا اینتستینالیس (*Giardia intestinalis*) (ژیاوردیا دنودنالیس، ژیاوردیا لامبلیا)

ژیاوردیا یک تک‌یاخته زئونوتیک منتقله از مواد غذایی به‌ویژه آب می‌باشد که ژنوتیپ‌های زئونوتیک A و B آن در گاو و سایر سم‌داران آسیب‌های جدی ایجاد می‌کنند (Thompson, 2004). ژیاوردیازیس با بلع فرم کیست انگل توسط انسان و حیوان ایجاد شده و باعث اسهال، نفخ، درد شکم، تهوع و کاهش اشتها در انسان (Neva and

Brown, 1994) و اسهال، کاهش رشد و تولید در دام‌ها می‌شود (Dwight, 2009; Xiao, 1994). ژیاوردیازیس شیوع جهانی داشته و در بیشتر کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه بویژه در مناطق آب و هوای گرمسیری یافت می‌شود (Singh et al., 2008; Thompson, 2004). دوز عفونی برای ژیاوردیازیس را خوردن یک عدد کیست بیان می‌کنند (Tavassoli, 2006). در یک آزمایش داوطلبانه مشخص شد که با خوردن ده عدد کیست میزان شدت آلودگی در افراد ۱۰۰ درصد بود (Lujan and Svard, 2011). کیست‌های ژیاوردیا در مقابل کلر در pH بالا و دمای کم نسبتاً مقاوم می‌باشد. حاصل ضرب غلظت (میلی گرم در لیتر) یک ماده ضد عفونی کننده در مدت زمان تماس (دقیقه) در دمای ۵ درجه سلسیوس که ۹۹ درصد میکروارگانیسم‌ها را از بین ببرد CT (concentration × contact time) گفته می‌شود. مقادیر CT ژیاوردیا برای دماهای ۰/۵ تا ۵ درجه سلسیوس و pH ۶ تا ۸ در جدول (۳) نمایه شده است. هم‌چنین جدول (۴) تأثیر کلر در غلظت، دما و pH‌های مختلف بر روی زنده‌مانی کیست ژیاوردیا را نشان می‌دهد.

جدول (۳) - مقادیر CT ژیاوردیا در دماهای ۰/۵ تا ۵ درجه سلسیوس و pH ۶ تا ۸ (Hibler, 1987)

| pH | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| دما | ۶ | ۶/۵ | ۷ | ۷/۵ | ۸ |
| ۰/۵ | ۱۸۵ | ۲۳۷ | ۲۸۹ | ۳۱۶ | ۳۴۲ |
| ۱ | ۱۷۴ | ۲۲۷ | ۲۸۰ | ۳۰۲ | ۳۲۴ |
| ۱/۵ | ۱۶۴ | ۲۱۷ | ۲۷۱ | ۲۸۸ | ۳۰۵ |
| ۲ | ۱۵۳ | ۲۰۷ | ۲۶۱ | ۲۷۴ | ۲۸۷ |
| ۲/۵ | ۱۴۲ | ۱۹۷ | ۲۵۲ | ۲۶۰ | ۲۶۸ |
| ۳ | ۱۴۳ | ۱۸۸ | ۲۳۴ | ۲۵۲ | ۲۷۰ |
| ۳/۵ | ۱۴۴ | ۱۸۰ | ۲۱۶ | ۲۴۴ | ۲۷۳ |
| ۴ | ۱۴۴ | ۱۷۱ | ۱۹۷ | ۲۳۷ | ۲۷۵ |
| ۴/۵ | ۱۴۵ | ۱۶۳ | ۱۷۹ | ۲۲۹ | ۲۷۸ |
| ۵ | ۱۴۶ | ۱۵۴ | ۱۶۱ | ۲۲۱ | ۲۸۰ |

جدول (۴) - تأثیر کلر در غلظت، دما و pHهای مختلف بر روی زنده‌مانی کیست ژیاوردیا (Jarroll et al., 1981)

| غلظت کلر (mg/L) | دما (°C) | زمان (دقیقه) | pH | تأثیر بر روی کیست‌ها |
|-----------------|----------|--------------|----------|----------------------|
| ۱/۵ | ۲۵ | ۱۰ | ۶، ۷ و ۸ | مرگ تمام کیست‌ها |
| ۲/۵ | ۱۵ | ۱۰ | ۶ | مرگ تمام کیست‌ها |
| ۲/۵ | ۱۵ | ۱۰ | ۷ | ۱/۸ درصد زنده |
| ۲/۵ | ۱۵ | ۳۰ | ۷ | ۰/۴ درصد زنده |
| ۲/۵ | ۱۵ | ۱۰ | ۸ | ۲ درصد زنده |
| ۲/۵ | ۱۵ | ۳۰ | ۸ | ۰/۴ درصد زنده |
| ۲/۵ | ۱۵ | ۶۰ | ۷ و ۸ | مرگ تمامی کیست‌ها |
| ۳ | ۱۵ | ۱۰ | ۶، ۷ و ۸ | مرگ تمامی کیست‌ها |

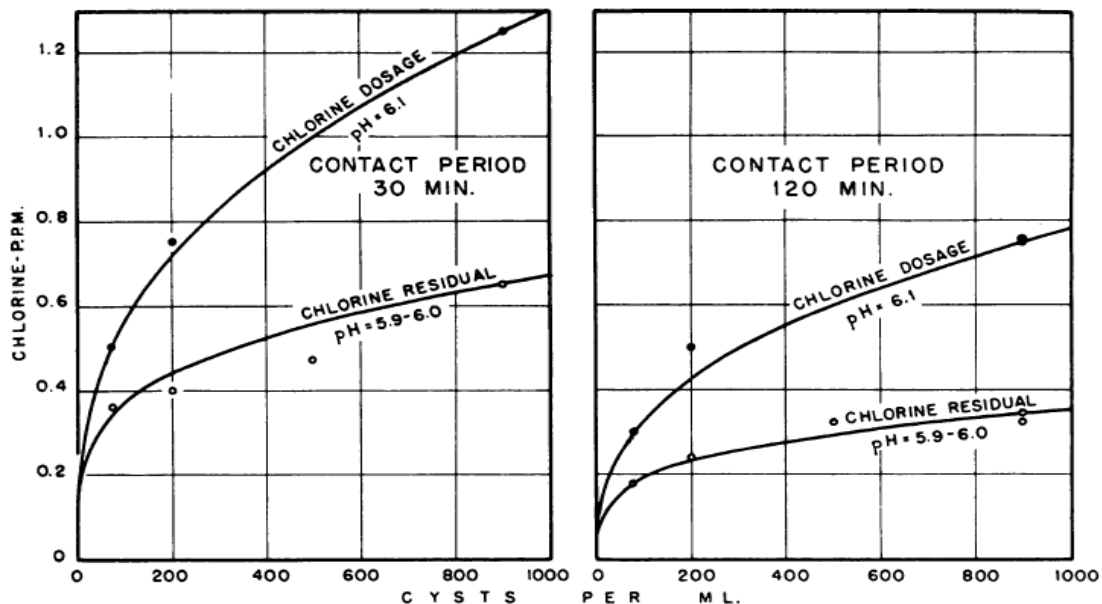
درجه سلسیوس در مدت ۸-۳ دقیقه، ۹۰ درصد غیرفعال و در دمای ۵-۲ درجه سلسیوس در مدت ۱۴۳-۱۴ روز، ۹۰ درصد غیرفعال می‌شوند (Rose and Slifko, 1999). این مقدار برای ژیاوردیا در برابر کلر ۱۲۱-۹۳، کلرآمین ۱۴۷۰ و کلردی اکساید ۱۷ میلی‌گرم بر لیتر در دقیقه می‌باشد (Rose and Slifko, 1999).

کیست‌های ژیاوردیا قادرند به مدت ۲-۳ ماه در آب سرد زنده بمانند ولی آن‌ها در برابر خشکی و یخبندان و نیز اشعه‌ماورای بنفش از بین می‌روند (Tavassoli, 2006). کیست‌ها در ۵۵ درجه سلسیوس از بین می‌روند و قرص‌های یددار با ۲/۵ درصد فنل می‌تواند کیست‌ها را در ۳۰ دقیقه در دمای ۱۵ درجه سلسیوس و یا ۱۵ دقیقه در دمای ۲۰ درجه سلسیوس از بین ببرد (Marquardt et al., 2000). کیست‌های ژیاوردیا ایتستینالیس در آب‌های رودخانه‌ای در دمای ۲۰-۱۲

(Kirk *et al.*, 2015). علایم بیماری در انسان در فرم روده‌ای شامل مدفوع شل یا آبکی، ناراحتی شکمی و دل پیچه، اغلب اسهال آمیبی شدید بوده و باعث درد معده، مدفوع خونی و تب می‌باشد. در موارد نادر در فرم خارج روده‌ای، این انگل به کبد، ریه، مغز و دیگر اندام‌ها رسیده و آبسه‌هایی را تشکیل می‌دهند. بیماری ناشی از *انتاموبیا هیستولیتیکا* می‌تواند در پستانداران غیر انسان نیز رخ دهد. این انگل از سگ، موش، گربه، بز و گاو نیز گزارش شده است (Levine, 1985). *انتاموبیا پولکی* معمولاً از بز گزارش شده است (Pakandl, 1994). دوره کمون بیماری ۴-۲ هفته می‌باشد (Hugh-Jones *et al.*, 2008) و نسبت به باکتری‌های روده‌ای ویروس‌ها مقاومت بیشتری در برابر کلر دارد (نمودار ۱).

-*انتاموبیا هیستولیتیکا (Entamoeba histolytica)*

انتاموبیا هیستولیتیکا و *انتاموبیا پولکی* دارای اهمیت زئونوتیک می‌باشند (Hajipour and Esmailnejad, 2018). آمیبیازیس ناشی از *انتاموبیا هیستولیتیکا* توزیع جهانی دارد (Hugh-Jones *et al.*, 2008). اکثر این عفونت‌ها در کشورهای در حال توسعه، مرکز و جنوب آمریکا، آفریقا و آسیا گزارش شده است. بلع کیست انگل به‌همراه غذا و آب به‌عنوان منابع مهم آلودگی محسوب می‌شوند (Acha and Szyfres, 2003). تقریباً ۵۰۰ میلیون نفر به عفونت‌های آمیبی *انتاموبیا هیستولیتیکا* مبتلا بوده که حدود ۱۰ درصد از نظر پزشکی دارای علائم بالینی هستند. طبق گزارشات سازمان بهداشت جهانی سالانه ۴۸ میلیون نفر به موارد شدید مبتلا می‌شوند که ۷۰۰۰ نفر بر اثر این نوع عفونت می‌میرند



نمودار (۱) - نمودار اثر کلر در دما و pH های مختلف بر روی کیست *انتاموبیا هیستولیتیکا* (Chang and Fair, 1941)

مدت زنده‌مانی کیست‌های *انتاموبیا هیستولیتیکا* در درجه حرارت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس به ترتیب ۲۸/۵، ۱۰، ۳ و ۱ روز می باشد (Chang and Fair, 1941). درصد مقاومت *انتاموبیا هیستولیتیکا* و ژیرادیا *دئودنالیس* به درجه حرارت‌های مختلف در جدول (۵) نمایه شده است.

جدول (۵) - درصد مقاومت *انتاموبیا هیستولیتیکا* و ژیرادیا *دئودنالیس* به درجه حرارت در زمان‌های مختلف (Mtapuri-Zinyowera et al., 2009)

| زمان (ساعت) | درجه حرارت (°C) | مقاومت <i>انتاموبیا هیستولیتیکا</i> (درصد) | مقاومت ژیرادیا <i>دئودنالیس</i> (درصد) |
|-------------|-----------------|--|--|
| ۱ | ۳۵ | ۵۶/۴ | ۴۸/۹ |
| ۲ | ۴۴ | ۵۹/۳ | ۴۸/۲ |
| ۳ | ۴۶ | ۶۰ | ۲۵/۷ |
| ۴ | ۴۹ | ۵۳/۴ | ۲۵/۳ |
| ۵ | ۵۲ | ۴۴/۷ | ۱۳/۲ |
| ۶ | ۵۵ | ۲۹ | ۱۰/۶ |
| ۷ | ۵۶ | ۵ | ۹/۱ |

کریپتوسپوریدیوم پارووم (*Cryptosporidium parvum*) - کریپتوسپوریدیوم پارووم یک تک یاخته زئونوتیک بوده و بیماری ناشی از آن به‌عنوان یک بیماری منتقله از آب به‌صورت نوپدید و نوظهور در سطح جهان مطرح است (Hayes et al., 1989). کریپتوسپوریدیوزیس در افراد دارای نقص ایمنی باعث بروز اسهال مزمن مهلک می‌شود و می‌تواند باعث بیماری معدی - روده‌ای در طیف وسیعی از پستانداران از جمله انسان، گاو، گوسفند، بز، خوک و اسب‌ها گردد (Tavassoli et al., 2007). دوره کمون این بیماری ۳-۷ روز می‌باشد (Hugh-Jones et al., 2008). درجه حرارت بالای ۶۵ درجه سلسیوس اووسیست‌های این انگل را در مدت ۲۰-۳۰ دقیقه از بین می‌برد (Marquardt et al., 2000).

(Brown, 1994). پاستوریزاسیون با دمای بالا و زمان کوتاه (۷۱/۷ درجه سلسیوس برای ۱۵ ثانیه) برای از بین بردن اووسیست‌های کریپتوسپوریدیوم پارووم در آب و شیر کافی است (John and Petri, 2013; Markell and Voge, 1965). اووسیست‌های این انگل در آب‌های سطحی در دمای ۱۰-۵ درجه سلسیوس در مدت ۱۷۶ روز، ۹۶-۹۹ درصد غیرفعال و در آب‌های رودخانه‌ای در همان دما و مدت، ۹۹-۸۹ درصد غیرفعال می‌شوند (Rose and Slifko, 1999). مقدار CT اووسیست این انگل در برابر کلر، کلرآمین، کلردی‌اکساید به ترتیب ۷۲۰۰، ۷۲۰۰، ۷۸ میلی‌گرم بر لیتر در دقیقه می‌باشد (Rose and Slifko, 1999).

- توکسوپلازما گوندی (*Toxoplasma gondii*)

توکسوپلازما گوندی باعث ایجاد بیماری در انسان و حیوان شده و انسان از طریق خوردن گوشت خام و کم پخته حیوانات خونگرم آلوده به فرم عفونت‌زای انگل (تاکی‌زوئیت) و نیز از طریق خوردن مواد غذایی مانند شیر و آب آلوده به اووسیست دفع شده عفونی این

معمول بر اووسیست‌ها تأثیری ندارد (Neva and

سلسیوس را برای ۲۸ روز تحمل می‌کنند (Markell and Voge, 1965; John and Markell, 2006). کیست‌های آن در دمای انجماد ۶- درجه سلسیوس برای ۱ روز و در دمای ۲۱- درجه سلسیوس بلافاصله از بین می‌روند. اووسیست این انگل می‌تواند در خاک به مدت یک سال زنده بماند (Markell and Voge, 1965; John and Markell, 2006).

-نگلریا فاولری (*Naegleria fowleri*)

آلودگی انسان با این انگل غیر زئونوتیک از طریق بینی و مخاط آن و نیز از طریق پوست آسیب دیده اتفاق می‌افتد. این تک‌یاخته باعث بیماری مننگوانسفالیت آمیبی می‌شود. این آمیب در آب‌های طبیعی مناطق گرمسیر و حاره هم حضور داشته و احتمال ابتلا به آن در فصول گرم سال بیشتر است. از دیگر منابع می‌توان به خاک، گرد و غبار و بیوفیلم‌های بیمارستانی اشاره کرد. نگلریا فاولری ترموفیل بوده و قادر به تحمل دمای ۵۰ درجه سلسیوس و بالاتر است. این آمیب از چشمه‌های آب گرم با دماهای بالا نیز گزارش شده است (Baig and Khan, 2015; John and Markell, 2006).

بحث و نتیجه‌گیری

اخیراً استفاده از عوامل بیولوژیکی به‌عنوان سلاح و جنگ‌افزارهای بیولوژیکی در قالب بیوتروریسم یکی از برنامه‌های اصلی کشورهای استعمارگر و سلطه‌طلب بوده و مطالعه سابقه تاریخی برخی از این کشورها حاکی از تولید و استفاده از این عوامل بیولوژیکی در جنگ‌های ناجوانمردانه خود با هدف نابودی بشریت و

انگل توسط گربه و سایرگربه سانان آلوده می‌شود (Gharekhani, 2014; Tavassoli et al., 2013a;) (Tavassoli et al., 2013b). آلودگی به‌صورت مادرزادی و همچنین از راه جفت و تنفسی نیز در انسان گزارش شده است. این بیماری در افراد سالم عموماً بدون علامت می‌باشد (Tavassoli et al., 2012). علائم بیماری عمدتاً ۱۴-۷ روز پس از مواجهه با انگل ظاهر می‌شوند. سردرد، تب، بزرگ شدن عقده‌های لنفاوی به‌ویژه در گردن، گلو درد و درد عضلات از مهم‌ترین علایم بیماری هستند. در توکسوپلاسموزیس مادرزادی، عفونت چشم می‌تواند باعث کوری گردد. توکسوپلاسموز مادرزادی ممکن است منجر به عقب‌ماندگی ذهنی، نارسایی چندگانه ارگان‌ها، هیدروسفالوس یا مرگ جنین شود (Hohlfeld et al., 1989). انسفالیت توکسوپلاسمی شایع‌ترین علت اختلال سیستم عصبی است که در بیماران با نقص سیستم ایمنی مانند ایدز دیده می‌شود که علایم شامل سردرد، خواب‌آلودگی، فلج ناقص یک طرفه و تشنج، کما و متعاقب آن مرگ می‌باشد (Tavassoli, 2006). این بیماری در گوسفندان و بز اهمیت ویژه‌ای دارد و می‌تواند باعث بروز سقط جنین در دام‌های آبستن شود (Gharekhani et al., 2018, Hajian-Bidar et al., 2014, Heidari et al., 2013). عفونت‌های مادرزادی می‌تواند در حیوانات جوان نیز روی داده و مشکلاتی را در هماهنگی عضلات ایجاد نمایند (Gharekhani et al., 2015). اووسیست‌های این انگل در برابر اسیدها، بازها و گندزدهای معمول مقاوم بوده، اما در درجه حرارت ۵۵ درجه سلسیوس در مدت ۳۰ دقیقه از بین می‌روند. اووسیست‌های اسپوردار درجه حرارت ۲۱- درجه

موازین بهداشتی از جمله جوشاندن چند دقیقه‌ای آب و پختن کامل مواد غذایی از عواقب این پدیده مقابله شود. از آنجایی که برخی از تک‌یاخته‌های زئونوتیک در برابر کلر مقاوم بوده و از طرفی اوزن، به‌عنوان یک گندزدای عالی (Von Gunten, 2003) در دسترس عموم نمی‌باشد، لذا تنها راه از بین بردن این تک‌یاخته‌ها جوشاندن آب می‌باشد. در بعضی از کشورها، ستادهایی برای کنترل عوامل بیولوژیکی منتقله از آب و مواد غذایی در زمان‌های بحران وجود دارد که آن‌ها با سیاست‌گذاری، برآورد و تخمین اثرات عوامل بیولوژیکی، آموزش همگانی و کنترل دقیق نقاط حساس احتمال خراب‌کاری و مبادی واردات مواد غذایی و نیز مجوز کردن آزمایشگاه‌های تشخیصی پیشرفته در این نقاط و مجوز کردن مراکز بهداشت نظامی خود به دستگاه‌هایی جهت تشخیص نوع عوامل بیولوژیکی آلوده کننده احتمالی مواد غذایی و آب و درمان افراد در معرض آلودگی می‌باشند (Guidotti, 2000). امروزه آلودگی عمدی مواد غذایی و آب با تک‌یاخته‌های انگلی به‌ویژه تک‌یاخته‌های زئونوتیک مانند *ثیاریدیا اییتستینالیس*، *انتاموبا هیستولیتیکا*، *کریپتوسپوریدیوم پارووم* و *توکسوپلازما گوندی* به‌عنوان عوامل بیولوژیک نوظهور وجود داشته که در انسان و حیوان بیماری‌های جدی ایجاد کرده و گاهی باعث مرگ انسان و حیوان شده و یا از لحاظ اقتصادی، امنیتی خسارات جبران ناپذیری را به کشور وارد می‌کنند. منابع آب، انبارهای مواد غذایی، کارخانجات تولیدکننده مواد غذایی به‌ویژه فراورده‌های گوشتی، شیر و نیز محل‌های ورودی حیوانات زنده و اقلام وارداتی می‌بایستی نقاط حساس و کلیدی در تهدیدات بیولوژیکی قلمداد شده و

یا فلج کردن اقتصاد یک کشور و ملت می‌باشد (Hvarchanova and Georgieva, 2015). پیشرفت‌های روز افزون علمی به‌ویژه در رشته‌های بیوتکنولوژی، مولکولی، بیوشیمی و ژنتیک دستیابی به این سلاح کشتار جمعی را فراهم و تسهیل نموده است (Bidaki and Balalimood, 2015; Thavaselvam and Vijayaraghavan, 2010; Venkatesh and Memish, 2003). اثرات تخریبی این عوامل بیولوژیکی برخلاف جنگ‌افزارهای کلاسیک و شیمیایی به‌صورت تدریجی و خاموش، ظهور و بروز می‌کند (Karamy, 2002)؛ بنابراین شناخت این عوامل به‌ویژه تک‌یاخته‌های زئونوتیک منتقله از آب و مواد غذایی الزامی است و بایستی مورد توجه مسئولین امر به‌خصوص در مراکز نظامی قرار گیرد. عوامل بیولوژیکی از جمله باکتری‌ها، قارچ‌ها و توکسین‌های مختلف می‌توانند از طریق مواد غذایی و آب آشامیدنی باعث آلودگی انسان و حیوان شوند. علاوه بر این عوامل، تک‌یاخته‌های زئونوتیک منتقله از مواد غذایی، آب آشامیدنی نیز به اندازه عوامل بیولوژیکی ذکر شده مهم بوده و باعث بروز بیماری‌های جدی و مهمی در انسان و حیوان می‌شوند. هم‌چنین باعث مرگ افراد شده و یا این‌که باعث کاهش کارایی نیروی‌های نظامی و غیرنظامی در برابر متخصصان به یک کشور گردد. از آنجایی که تک‌یاخته‌های زئونوتیک منتقله از مواد غذایی و آب دارای آثار فیزیکی از جمله تغییر رنگ، بو و طعم نبوده و مصرف‌کننده متوجه آن نمی‌شود بنابراین در مواقع بروز جنگ و غیرجنگ در درجه اول می‌بایستی مراکز و نقاط احتمالی خرابکاری، تحت مراقبت و حفاظت جدی قرار گرفته و در صورت تجاوز و تسخیر این نقاط، احتمال خرابکاری و جنگ بیولوژیکی را محتمل دانسته و با آموزش و رعایت

نقاط حساس که احتمال خرابکاری بیولوژیکی وجود دارد، می‌تواند از اثرات سوء این عوامل بیولوژیکی پیشگیری نماید.

سیاسگزاری

از تمامی افرادی که در انجام این مطالعه همکاری داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌شود.

تضاد منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تضاد منافع برای اعلام ندارند.

تدابیر امنیتی دوچندانی برای آن‌ها اندیشیده شود. نتایج مطالعه حاضر نشان از مقاومت کم‌تر کیست‌های *انتاموبا هیستولیتیکا* در برابر کلر و درجه حرارت نسبت به *ژیاردیا* بوده و اووسیست‌های کریپتوسپوریدیوم پارووم در برابر درجه حرارت و کلر نسبت به توکسوپلاسما گوندی مقاومت بیشتری را نشان می‌دهند. علی‌رغم این‌که تک‌یاخته‌های زئونوتیک منتقله از آب و مواد غذایی به‌عنوان عوامل بیولوژیکی، بسیار خطرناک بوده و می‌تواند نیروهای نظامی و غیرنظامی را تحت تأثیر خود قرار دهد. آموزش بهداشت، رعایت اصول و موازین بهداشتی از جمله جوشاندن آب، کنترل

منابع

- Acha, P. N. , Szyfres, B. (2003). Zoonoses and communicable diseases common to man and animals. 3rd Edition, Pan American Health Organization, Washington, pp.256-275.
- Alberts B. (2005). Modeling attacks on the food supply. Proceedings of the National Academy of Sciences, 102, 9737-9738.
- Baig, A. M., Khan, N. A. (2015). Tackling infection owing to brain-eating amoeba. Acta Tropica, 142, 86-88.
- Balali-mood, M., Moshiri, M. and Etemad, L. (2013). Medical aspects of bio-terrorism. Toxicon, 69, 131-142. [In Persian]
- Bidaki, M., Balalimood, M. (2015). Bioterrorism and Biological Warfare, from Past to the Present: A classic review. Journal of Birjand University of Medical Sciences, 22 182-198. [In Persian]
- Chang, S., Fair, G. M. (1941). Viability and Destruction of the Cysts of *Endameba histolytica*. Journal of American Water Works Association, 33, 1705-1715.
- Rasco, B.A., Bledsoe, G.E. (2009). Bioterrorism and food safety. Microbiologically Safe Foods, 571-600.
- Hajipour, N., Esmailnejad, B. (2018). Parasitic zoonoses, (Translation). Authors: Dhaliwal, B. S. , Juyal, P. D. 1^{end}, Avesta publication, pp.70-90.
- Diadoo, C. A. (1999). An assessment for the need of a bioterrorism preparedness plan at hospital xyz in minnesota. University of Wisconsin-Stout.
- Dwight, B. D. (2009). Georgi's parasitology for veterinarians. Saunders Elsevier, St. Louis.
- Guidotti, T. L. (2000). Bioterrorism and the public health response. American journal of Preventive Medicine, 18, 178-180.
- Gharekhani, J. (2014). *Toxoplasma gondii* infections in domestic animals in Hamedan, Iran: A sero-epidemiological study. Bulltine UASVM Veterinary Medicine, 71(1), 68-72.
- Gharekhani, J., Gerami-Sadeghian, A., Tavoosidana, G.R., Sohrabei, A. (2015) Seroepidemiology of *Toxoplasma gondii* infection in dogs and domestic equine from western Iran. Comparative Clinical Pathology, 24(2), 255-258.
- Gharekhani, J., Yakhchali, M., Esmailnejad, B., Mardani, K., Majidi, G., Sohrabi, A., Berahmat, R., Alaei, M. (2018) Seroprevalence and risk factors of *Neospora caninum* and *Toxoplasma gondii* in small ruminants in southwest of Iran. Archives of Razi Institute, 73(4), 305-310.

- Hajian-Bidar, H., Heidari, H., Bahari, A. A., Gharekhani, J. (2014). Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* infection in domestic goats in western Iran. International Journal of Advanced Research, 2(8), 639-643.
- Hayes, E. B., Matte, T. D., O'brien, T. R., Mckinley, T. W., Logsdon, G. S., Rose, J. B., Ungar, B. L., Word, D. M., Wilson, M. A. and Long, E. G. (1989). Large community outbreak of cryptosporidiosis due to contamination of a filtered public water supply. New England Journal of Medicine, 320, 1372-1376.
- Heidari, H., Gharekhani, J., Tavosidana, G. H. R. (2013). Role of toxoplasmosis in abortion of ewes in western Iran: a serological study. Scientia Parasitologica, 14(2), 99-103.
- Hennessy, T. W., Hedberg, C. W., Slutsker, L., White, K. E., Besser-wiek, J. M., Moen, M. E., Feldman, J., Coleman, W. W., Edmonson, L. M. and Macdonald, K. L. (1996). A national outbreak of *Salmonella enteritidis* infections from ice cream. New England Journal of Medicine, 334, 1281-1286.
- Hibler, C. P. (1987). Inactivation of Giardia cysts with chlorine at 0.50 C to 5.00 C, American Water Works Association.
- Hohlfeld, P., Daffos, F., Thulliez, P. A., Aufrant, C., Couvreur, J., Macaleese, J., Descombey, D. and Forestier, F. (1989). Fetal toxoplasmosis: outcome of pregnancy and infant follow-up after in utero treatment. The Journal of Pediatrics, 115, 765-769.
- Hugh-jones, M. E., Hubbert, W. T. and Hagstad, H. V. (2008). Zoonoses: recognition, control, and prevention, John Wiley & Sons.
- Hvarchanova, N. , Georgieva, M. (2015). Biological toxins and Bioterrorism. Scripta Scientifica Pharmaceutica, 2, 250-265.
- Jarroll, E. L., Bingham, A. K. and Meyer, E. A. (1981). Effect of chlorine on *Giardia lamblia* cyst viability. Applied and Environmental Microbiology, 41, 483-487.
- Jernigan, D. B., Raghunathan, P. L., Bell, B. P., Brechner, R., Bresnitz, E. A., Butler, J. C., Cetron, M., Cohen, M., Doyle, T. and Fischer, M. (2002). Investigation of bioterrorism-related anthrax, United States, 2001: epidemiologic findings. Emerging Infectious Diseases, 8, 1019.
- John, D. T. , Markell, P. W. (2006). Voge's medical parasitology. Athari A.(Persian translator), 9.
- John, D. T. , Petri, W. A. (2013). Markell and Voge's Medical Parasitology-E-Book, Elsevier Health Sciences.
- Karamy, A. (2002). Investigation and analysis of recent bioterrorism of black wounds. Journal of Military Medicine, 4, 23-30. [In Persian]
- Kirk, M. D., Pires, S. M., Black, R. E., Caipo, M., Crump, J. A., Devleeschauwer, B., Dopfer, D., Fazil, A., Fischer-walker, C. L. and Hald, T.(2015). World Health Organization estimates of the global and regional disease burden of 22 foodborne bacterial, protozoal, and viral diseases, 2010: a data synthesis. PLOS Medicine, 12, e1001921.
- Levine, N. D. (1985). Veterinary Protozoology, Iowa State University Press Ames, pp.245-260.
- Lujan, H. D. , Svard, S. (2011). Giardia: A model organism, Springer Science & Business Media.
- Markell, E. K. , Voge, M. (1965). Medical Parasitology. Academic Medicine, 40, 719.
- Marquardt, W. C., Demaree, R. S. and Grieve, R. B. (2000). Parasitology and Vector Biology. Academic press San Diego, California, pp.347-358.
- Mtapuri-Zinyowera, S., Midzi, N., Muchaneta-Kubara, C., Simbini, T. and Mduluzza, T. (2009). Impact of solar radiation in disinfecting drinking water contaminated with *Giardia duodenalis* and *Entamoeba histolytica/dispar* at a point-of-use water treatment. Journal of Applied Microbiology, 106, 847-852.
- Neva, F. A. , Brown, H. W. (1994). Basic Clinical Parasitology, Appleton & Lange, pp.300-330.
- Pakandl, M. (1994). The prevalence of intestinal protozoa in wild and domestic pigs. Veterinarni Medicina, 39, 377-380.
- Paterson, R. R. M. (2006). Fungi and fungal toxins as weapons. mycological research, 110, 1003-1010.
- Phills, J. A., Harrold, A. J., Whiteman, G. V. and Perelmutter, L. (1972). Pulmonary infiltrates, asthma and eosinophilia due to *Ascaris suum* infestation in man. New England Journal of Medicine, 286, 965-970.
- Rose, J. B. , Slifko, T. R. (1999). Giardia, Cryptosporidium, and Cyclospora and their impact on foods: a review. Journal of Food Protection, 62, 1059-1070.
- Rotz, L. D., Khan, A. S., Lillibridge, S. R., Ostroff, S. M. and Hughes, J. M. (2002). Public health assessment of potential biological terrorism agents. Emerging infectious diseases, 8, 225.

- Ryan, C. A., Nickels, M. K., Hargrett-bean, N. T., Potter, M. E., Endo, T., Mayer, L., Langkop, C. W., Gibson, C., McDonald, R. C. and Kenney, R. T. (1987). Massive outbreak of antimicrobial-resistant salmonellosis traced to pasteurized milk. *Jama*, 258, 3269-3274.
- Ryan, J. (2016). *Biosecurity and bioterrorism: containing and preventing biological threats*, Butterworth-Heinemann.
- Singh, B. B., Sharma, R., Sharma, J. K., Banga, H. S., Kumar, H., Aulakh, R. S. and Gill, J. P. S. (2008). Prevalence of *Giardia intestinalis* infection in cattle. *Journal of Veterinary Parasitology*, 22, 91-92.
- Tavakkoly, H. R., Sarraf Poor, R. and Samady, M. (2005). Water, Food and Bioterrorism. *Journal of Military Medicine*, 7, 75-82. [In Persian]
- Tavassoli, M. (2006). *Veterinary Protozoology*, Urmia, Academic Center for Education, Culture and Research. [In Persian]
- Tavassoli, M., Sodagar-Skandarabadi, M., Soltanalinejad, F. (2007). A survey on cryptosporidial infection in horse in Urmia area, northwestern Iran. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 8, 86-90.
- Tavassoli, M., Ghorhbanzadegan, M., Esmailnejad, B., Mardani, K., Hosseinzadeh, S. (2012). Identification of *Toxoplasma gondii* strain in human and mouse in Urmia by PCR-RFLP. *Veterinary Researches Biological Products*, 25, 29-34. [In Persian]
- Tavassoli, M., Ghorbanzadehghan, M., Esmailnejad, B. (2013b). Foll Detection of *Toxoplasma gondii* in sheep and goats blood samples by PCR-RFLP in Urmia. In: *Veterinary research forum*, 4, 43-47.
- Tavassoli, M., Esmailnejad, B., Malekifard, F., Soleimanzadeh, A., Dilmaghani, M. (2013a). Detection of *Toxoplasma gondii* DNA in Sheep and Goat Milk in Northwest of Iran by PCR-RFLP. *Jundishapur Journal of Microbiology* 6, 1-4.
- Thavaselvam, D. , Vijayaraghavan, R. (2010). Biological warfare agents. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 2, 179.
- Thompson, R. A. (2004). The zoonotic significance and molecular epidemiology of *Giardia* and giardiasis. *Veterinary parasitology*, 126, 15-35.
- Venkatesh, S. , Memish, Z. A. (2003). Bioterrorism—a new challenge for public health. *International Journal Of Antimicrobial Agents*, 21, 200-206.
- Von Gunten, U. (2003). Ozonation of drinking water: Part II. Disinfection and by-product formation in presence of bromide, iodide or chlorine. *Water Research*, 37, 1469-1487.
- WHO (1979). *Parasitic zoonoses*. Report of a WHO Expert Committee with the participation of FAO, World Health Organization.
- Xiao, L. (1994). *Giardia* infection in farm animals. *Parasitology Today*, 10, 436-438.