# مطالعه اثر زمان ـ درجه حرارت بر روی مرگ و میر باکتریها در سیستمهای تصفیه فاضلاب


نویسندگان مقاله: دکتر بیژن بینا[1]

A.J.Thomson,[3] Dr.L.M.Evison,[2]



خلاصه:

هدف اصلی این مطالعه تحقیق در مورد استفاده از اثرات زمان ـ درجه حرارت به عنوان یک تکنولوژی ساده، ارزان قیمت و بدون نیاز به مراقبت برای تصفیه فاضلاب و رسیدن به استانداردهای میکروبی بهداشت جهانی (WHO)برای استفاده از پساب در زمینه آبیاری نواحی کشاورزی محدود و نامحدود می‌باشد. در این تحقیق از یک محفظه محیطی (Environmental Chamber) که می‌تواند درجه حرارت روز و شب را مدل سازی نماید استفاده گردید. فاضلاب ته‌نشین شده در این محفظه محیطی در معرض درجه حرارتهای مختلف و در زمانهای مختلف قرار گرفت. تعداد باکتریهای شاخص آلودگی مدفوعی (اشریشیا کلی و فیکال استرپتوکوکسی) و نیز سالمونلا در ابتدای آزمایش و نیز بعد از سپری شدن زمانهای مختلف و درجه حرارتهای متفاوت شمارش گردید. اثر ترکیبهای مختلفی که از زمان و درجه حرارت بدست آمد ثابت می‌کند که این روش برای حذف باکتریهای موجود در فاضلاب و رسیدن به استانداردهای بهداشت جهانی قابل استفاده می‌باشد. هر چند در این مطالعه بر روی حذف تخمهای انگل آزمایشی صورت نگرفت ولی از نتایج بدست آمده در مورد حذف باکتریها می‌توان به کارآئی این روش در حذف تخمهای انگل امیدوار بود.


## مقدمه:

اگر چه استفاده از پساب کنترل شده برای کشاورزی در اروپا، آمریکای شمالی و استرالیا از اوایل قرن اخیر مورد توجه قرار گرفته باید خاطر نشان نمود که ارزش استفاده از پساب برای آبیاری غلات در کشورهایی مثل هند، چین و بعدها در خاورمیانه از دیرباز معمول بوده است. حتی در مناطقی که آب فراوان موجود بوده استفاده از پساب به عنوان وسیله‌ای برای صرفه‌جویی در آب و نیز دارا بودن غلظتهای قابل ملاحظه‌ای از فسفر و نیتروژن برای آبیاری مورد توجه بوده است. جدول شمارهٔ یک که توسط انستیو ملی مهندسی محیط زیست هند انجام شده بخوبی برتری تولیدات کشاورزی نواحی که از پساب در آبیاری استفاده


۱ـ دکتر بیژن بینا، عضو هیئت علمی گروه بهداشت محیط دانشکده بهداشت اصفهان.

۲ـ Dr. L. M. Evison ، استاد دانشکدهٔ عمران دانشگاه نیوکاسل انگلستان

۳ـ A.J. Thomson کارشناس مرکز تحقیقات هیدرولیک اکسفورد انگلستان




می‌کنند در مقایسه با تولیدات نواحی که از آب معمولی به همراه مقادیر استاندارد فسفر، نیتروژن و پتاسیم مصرف می‌نمایند را نشان می‌دهد.

هدف از انجام این تحقیق ارائه یک متد ارزان، ساده و کم مراقبت برای رسیدن به استانداردهای بهداشت جهانی در زمینه کیفیت میکروبی پساب برای آبیاری نامحدود در کشورهای در حال توسعه می‌باشد. درجه حرارت و زمان دو عامل عمده در کاهش و از بین رفتن میکروبها در فاضلاب می‌باشند بنابراین در معرض نور خورشید قرار گرفتن یک برکه تثبیت با زمان ماند طولانی می‌تواند منجربه حذف مقادیر زیادی از پاتوژنها گردد. اثر درجه حرارت و زمان بر روی انواع پاتوژنها در شکل یک نشان داده شده است. این نمودار که توسط فیچم و همکارانش (۱۹۸۳) ارائه شده نشان می‌دهد بجز باکتریهایی که اسپور تشکیل می‌دهند بقیه قادر نیستند بیش از چند دقیقه درجه حرارت ۶۵°C را تحمل نمایند. سپس با کاهش درجه حرارت مدت زمان حیات آنها افزوده گشته بطوریکه در ۱۰°C تخم آسکاریس قادر است برای چندین سال و شیگلا برای ۲ تا ۳ ماه زنده بماند.

## روش کار:

اثرات ترکیب زمان ـ درجه حرارت بروی باکتریهای شاخص آلودگی مدفوعی و نیز سالمونلا در یک محفظه محیطی مخصوص (Enviromental Chamber) انجام گرفت. این محفظه که توسط شرکت سهامی طراحان محیطی محدود (Design Environmental Limited) ساخته شده است، این امکان را ایجاد کرد که بتوان در آن درجه حرارتهای مختلف را در زمانهای مختلف مدل‌سازی نمود. در این تحقیق اثر درجه حرارت و مدت زمان را در هر سیکل (۲۴ ساعت) بر روی مرگ ومیر میکروبهای شاخص آلودگی مدفوعی (کلیفرمهای کل، اشریشیاکلی و فیکال استریتوکوکسی) ارزیابی گردید. همچنین اثر تغییرات درجه حرارت بر روی سالمونلا بررسی شد.

در آزمایشات از فاضلاب ته‌نشین شده تازه (فاضلابی که تنها عمل ته‌نشینی اولیه روی آن انجام گرفته نه تصفیه بیولوژیکی) که روزانه از شبکه تصفیه فاضلاب شهری مورپس (Morpeth) واقع در جنوب انگلیس تهیه می‌گردید استفاده شد.

یک بشر ۵۰۰CC از فاضلاب ته‌نشین شده و بشر

| نوع آب آبیاری | گندم | باقلا | برنج | سیب‌زمینی | پنبه |
|---|---|---|---|---|---|
| | (تولید محصول برحسب تن در هکتار در سال) | | | | |
| فاضلاب خام | ۳/۳۴ | ۰/۹ | ۲/۹۷ | ۲۳/۱۱ | ۲/۵۶ |
| فاضلاب ته‌نشین شده | ۳/۴۵ | ۰/۸۷ | ۲/۹۴ | ۲۰/۷۸ | ۲/۳۰ |
| پساب برکهٔ تثبیت | ۳/۴۵ | ۰/۷۸ | ۲/۹۸ | ۲۲/۳۱ | ۲/۴۱ |
| آب شیرین + NPK | ۲/۷۰ | ۰/۷۲ | ۲/۰۳ | ۱۷/۱۶ | ۱/۷۰ |

منبع (Shende *et al*, 1988)

اساس این پروژه برمبنای تحقیق در استفاده از نورخورشید برای بالا بردن درجه حرارت فاضلاب به حد کافی است. بطوریکه بتواند به عنوان یک فاکتور مؤثر در حذف میکروارگانسمها عمل نموده و نهایتاً پساب خروجی ازنظر کیفیت میکروبی با استانداردهای بهداشت جهانی مطابقت داشته باشد.

مشابهی از آب در یک قفسه محفظه محیطی قرار داده شد. سطوح هر دو بشر به وسیله کاغذ آلومینیومی پوشانده شد تا از عمل تبخیر جلوگیری گردد. ترمومتر دستگاه دمای هوای داخل محفظه محیطی را نشان داده و برای اندازه‌گیری درجه حرارت مایع درون بشر یک دماسنج معمولی در داخل بشر آب قرار داده شد تا درجه حرارت

مایع و هوای محفظه محیطی با هم مقایسه گردد.

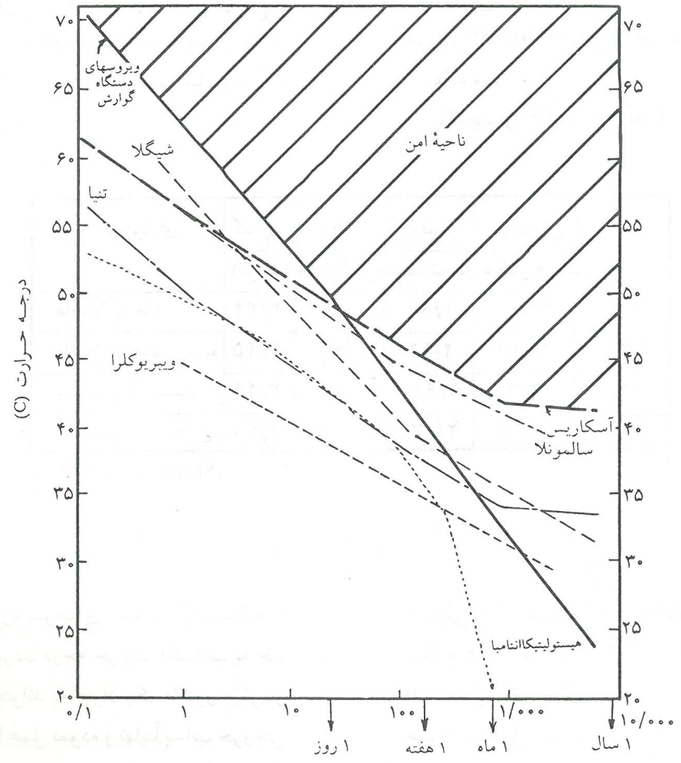
نمونه‌های گرفته شده از بشر در زمانهای مشخص بعد از رقت‌سازی به روش مامبران فیلتر شمارش گردید. در شمارش اشریشیاکلی و کلیفرمهای کل از لاریل سولفات مامبران برات استفاده گردید. برای شمارش اشریشیاکلی انکوباسیون در درجه حرارت ۴۴/۵°C در مدت ۱۸ ساعت و برای شمارش کلیفرمهای کل نمونه‌ها در ۳۷°C و در همان مدت زمان در انکوباتور قرار گرفت.

برای شمارش فیکال استرپتوکوکسی از آگار اسلنتس و بارتلی در انکوباسیون ۴۴/۵°C برای مدت ۴۸ ساعت استفاده گردید. شمارش سالمونلا بوسیله محیط کشت XLD و روش پلیت زدن انجام گردید. پلیتها در درجه حرارت ۳۷°C و برای مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور قرار داده شد.

## نتایج و گفتگو:

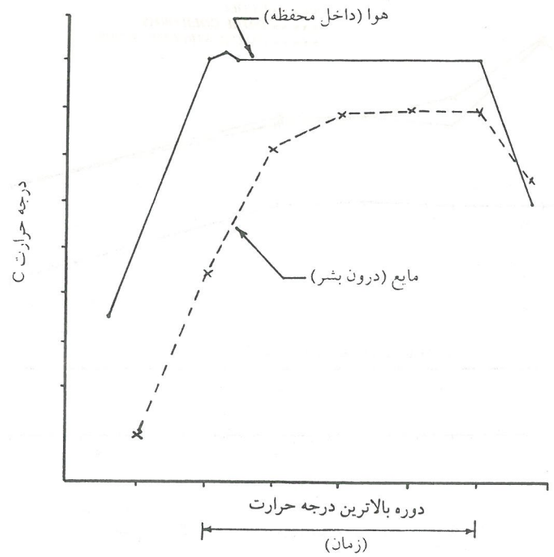
نتایج درجه حرارت حاصل از هوای محفظه محیطی و مایع درون ظرف در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. همانگونه که در شکل نشان داده شده است حداکثر درجه حرارت مایع درون ظرف حدود۱/۱-۱/۲°C کمتر از حداکثر درجه حرارت هوای محیط محفظه می‌باشد. بعلاوه افزایش درجه حرارت مایع در ظرف کندتر از هوای محیط محفظه بود بطوریکه درجه حرارت مایع زمانی به حداکثر می‌رسید که ۲ ساعت از زمان فاز ساکن درجه حرارت هوای محیط محفظه گذشته بود.

بعلاوه بعلت وجود اختلاف در رسیدن به درجه حرارت ماکزیمم بین هوا و مایع لازم بود بعنوان مثال درجه حرارت هوای محیط محفظه را حدود ۴۸°C تنظیم نموده تا بتواند دمای ۴۵°C را در مایع ایجاد کرد.




شکل ۱. اثر زمان ـ درجه حرارت بروی پاتوژنهای انتخاب شده

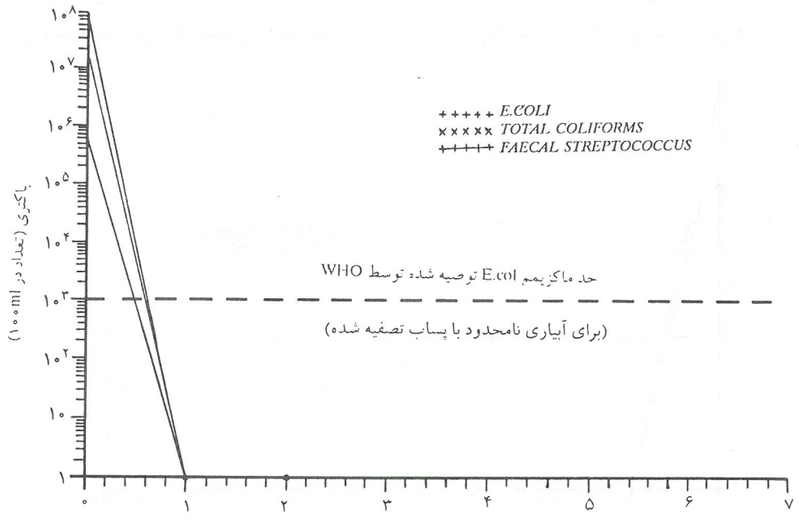




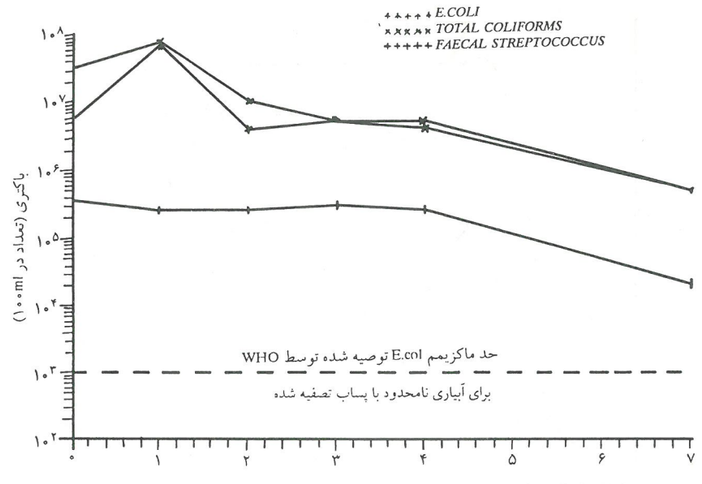

شکل ۲. مقایسهٔ درجه حرارت هوای داخل محفظه با مایع درون بشر در دورهٔ بالاترین درجه حرارت

شکل شماره ۳ ماکزیمم درجه حرارتی که تنها برای مدت ۴ ساعت لازم است تا باکتریهای شاخص آلودگی مدفوعی را از بین ببرد را نشان می‌دهد. از طرفی شکل ۴ درجه حرارتی را نشان می‌دهد که برای از بین بردن باکتریها بسیار پایین می‌باشد. نتیجتاً تستهای دیگری برای تعیین درجه حرارت زمان بهینه بین این دو رنج آزمایش گردید.

در فاضلاب خام ته‌نشین شده از تصفیه‌خانه فاضلاب شهری مورپس (Morpeth) درجه حرارت مؤثر برای از بین بردن باکتریهای شاخص آلودگی مدفوعی ۵۲°C در مایع برای مدت ۲ ساعت بنظر می‌رسد. این تست در شرایطی




شکل ۳. مرگ و میر باکتریها در محفظه محیطی با شرایط (۱۴°C-۵۸-۱۴°)

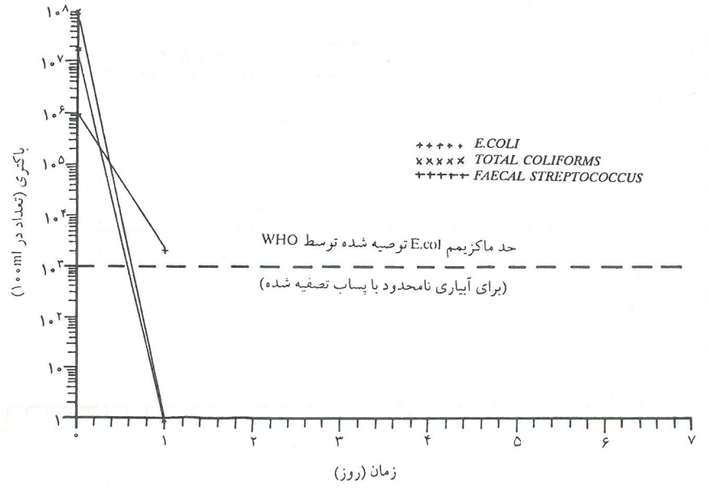



شکل ۴-مرگ و میر باکتریها در محفظه محیطی با شرایط (۱۲°C ـ ۴۸ـ ۱۲°)

انجام گردید که درجه حرارت محفظه محیطی ۵۳°C و مدت زمان ثابت ماندن در این درجه حرارت ۴ ساعت درنظرگرفته شده بود. ارتباط بین درجه حرارت هوا و مایع درون ظرف در شکل شمارهٔ ۲ نشان داده شده است.

این درجه حرارت از درجه حرارت ـ زمان مورد انتظار که توسط فیجم و همکارانش (Feachem *et al*,1983) ترسیم گردیده و در شکل شماره ۱ آمده است تقریباً قدری پایینتر است. در ابتدا تصور می‌شد بایستی درجه حرارت حداکثر محفظه محیطی را به ۶۵°C رساند تا بتوان بطور واضح مرگ ومیر باکتریها را ملاحظه نمود. در حقیقت انتظار این بود که نقطه بحرانی حذف باکتری از نظر درجه حرارت به ۶۰°C نزدیک باشد تا به ۵۰°C.

بعد از اینکه مدت زمان و درجه حرارت بحرانی برای حذف مؤثر باکتریهای شاخص آلودگی مدفوعی بعد از یک سیکل روزانه تعیین گردید لازم بود که این اثر برای حداقل یک مورد پاتوژن مورد ارزیابی قرار گیرد. در همین راستا




شکل ۵-مرگ و میر باکتریها در محفظه محیطی با شرایط (۱۴°C ـ برای چهار ساعت°۵۳ـ ۱۴°)



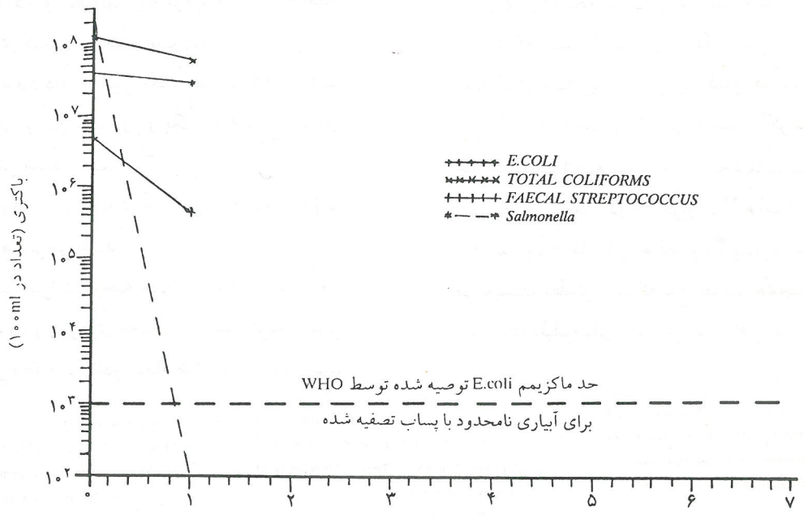
یک نوع مشخص از سالمونلا ایزوله شده با غلظت مشخص به نمونه فاضلاب افزوده گردیده و مانند تستهای قبل اثر درجه حرارت بحرانی برای این نوع سالمونلا آزمایش گردید.

در آزمایشی که درجه حرارت ماکزیمم محفظه محیطی به ۵۳°c و برای مدت چهار ساعت ثابت باقی ماند ملاحظه گردید (شکل شماره ۵) که E.coli و کلیفرمهای کل (total coliform) بعد از یک روز بطور کامل نابود می‌شوند. اما بعضی از فیکال استرپتوکوکسیها هنوز در نمونه باقی مانده بودند هر چند کاهش زیادی در تعداد آنها ایجاد شده بود. به هرحال می‌بایست درنظر داشت که استرپتوکوکسیهااز E.coli و کلیفرمهای کل در مقابل عوامل نامساعد محیطی مقاومتر می‌باشند.

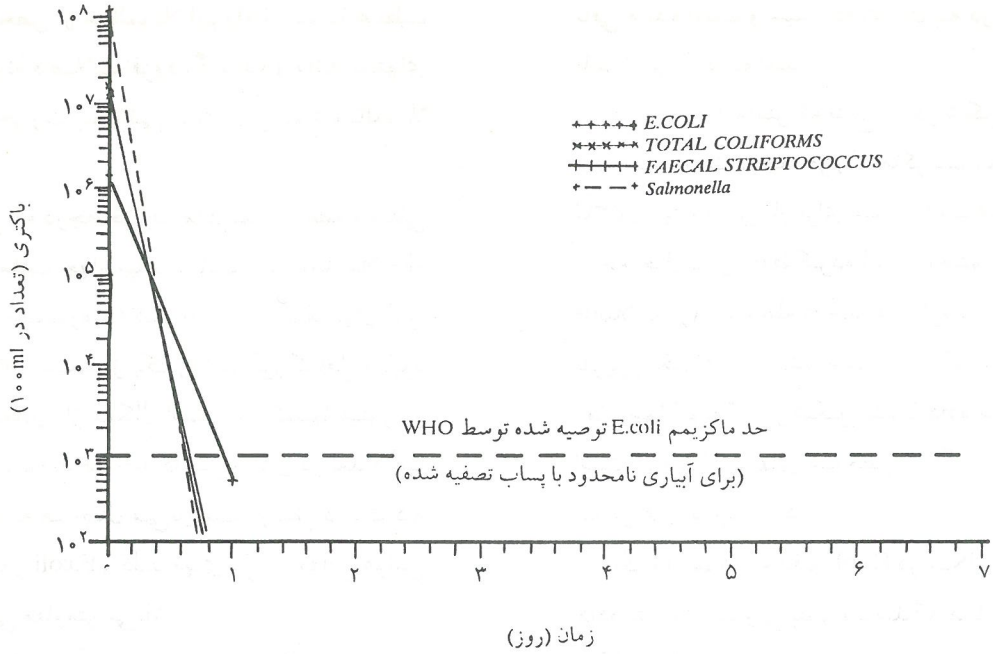
در آزمایشی که در آن درجه حرارت ماکزیمم هوای محفظه محیطی به ۵۳°C و مدت زمان توقف در این درجه حرارت برای دو ساعت تنظیم شده بود (شکل شماره ۶) مشاهده گردید که این ترکیب زمان ـ درجه حرارت برای از بین بردن باکتریهای شاخص آلودگی مدفوعی کافی نیست اما برای حذف سالمونلا کفایت می‌کند. در این تست احتمالاً درجه حرارت نمونه فاضلاب به حدود ۵۱°C رسیده و برای مدت بسیار کوتاهی در این درجه حرارت باقی مانده است و سپس دمای آن به درجه حرارتهای پایین‌تر نزول کرده است.

در آخرین آزمایش که نتایج آن در شکل شماره ۷ نشان داده شده است درجه حرارت ماکزیمم محیط محفظه به ۵۳°C رسیده و این بار برای مدت ۳ ساعت محفظه این درجه حرارت را حفظ کرده است. احتمالاً دمای نمونه فاضلاب درون محفظه به حدود ماکزیمم ۵۲°C برای مدت تقریبی یکساعت رسیده است. این ترکیب درجه حرارت ـ زمان همانگونه که در شکل نشان داده شده است قادر است که باکتریهای شاخص آلودگی مدفوعی و نیز سالمونلا را نابود سازد.

اگرچه نمودار حذف E.coli در شکل شماره ۱ نشان داده نشده است ولی بنظر میرسد که همان فرآیندی که در حذف سالمونلا در برکه تثبیت مؤثر است قادر است به همان نسبت باکتریهای شاخص آلودگی مدفوعی را از بین ببرد. مطالعات قبلی ثابت نموده است که میزان و شدت حذف سالمونلا در برکه‌ها در ارتباط با درجه حرارت محیط می‌باشد. در تابستان که درجه حرارت محیط به بالاترین حد خود می‌رسد به همان میزان حذف سالمونلا در برکه به بالاترین مقدار رسیده و این میزان حذف به مراتب از روزهای سرد زمستانی بیشتر است




شکل ۶-مرگ و میر باکتریها در محفظه محیطی با شرایط (۱۳°C ـ برای ۲ ساعت°۵۳ـ ۱۳°)




شکل ۷. مرگ و میر باکتریها در محفظه محیطی با شرایط (۱۳°C- برای ۳ ساعت°۵۳-۱۳)

(Slanetz *et al*,1970). بطور کلی ثابت گردیده که برکه‌ها در مناطق گرمسیری قابلیت بیشتری در حذف سالمونلا دارند.

زمان ـ درجه حرارت برای حذف و نابودی سالمونلا طبق نتایجی که به وسیله فیچم و همکارانش (Feachem *et al*,1983) ارائه گردیده است عبارتست از یکساعت در ۶۰°C، یکروز در ۵۰°c و یک هفته در ۴۵°C. در بررسی نموداری که توسط آنها ارائه گردیده است ملاحظه می‌شود که برای کمتر از یکساعت (در درجه حرارت ۶۰°C) تنها دو عدد داده و بین یکساعت و ۲۴ ساعت هیچگونه داده‌ایی و بین یک روز و یک هفته نتایج بسیار پراکنده‌ای گزارش شده است.

که در بین یک روز و یک هفته درجه حرارت کشنده و مؤثر از ۲۲°C تا ۵۰°C متغیر می‌باشد.

مطالعهٔ حاضر اثرات درجه حرارت ماکزیمم را در ساعات مختلف و در روزهای مختلف بررسی کرده و بنظر می‌رسد یکی از مطالعات نادر انجام شده در مدت زمان بین یک ساعت و یک روز باشد.

اگر چه سالمونلا یکی از پاتوژنهای مهم در ایجاد بیماریهای ناشی از آب می‌باشد لیکن لازم به ذکر است که شکلهای مختلفی از E.coli نیز در ایجاد بیماریهای اسهالی دخیل می‌باشد (Feachem *et al*,1983). اسهالهایی که توسط E.coli ایجاد می‌گردد قابل افتراق کلنیکی با سایر باتوژنهای دستگاه گوارشی نیست. خصوصاً نوع خاصی از E.coli که سبب اسهالهای کودکان می‌شود عامل اصلی اسهالهای مسافرینی که از این کشورها عبور می‌کنند نیز می‌باشد. در همین ارتباط می‌بایست تذکر داده شود که اگر چه مطالعات انجام شده در این تحقیقات نشان می‌دهد که ترکیب کمتر زمان ـ درجه حرارت لازم است که سالمونلاها را از بین ببرد اما برای حفظ و نگهداری سلامت اهالی می‌بایست مطمئن شد که نوع تصفیه همچنین برای حذف و نابودی کلیفرمهای مدفوعی نیز کافی است.

References


Feachem, R.G. *et al.* (1983). Sanitation and Diseases: Health aspects of excreta and wastewater management. World Bank Studies in Water Supply and sanitation 3. John Wiley & Sons, Uk.

Mara, D. and Cairncross, S. (1989). Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture. World Health organisation.

Saqqar, M.M. (1990). System Analysis of a Wastewater Stabilization Pond Complex. Unpublished Ph.D. Thesis. University of Newcastle upon Tyne.

Shende, G.B. et al. (1988). Status of wastewater treatment and agricultural reuse with special reference to India experience and research and development needs. In: Treatment and ues of sewage effluent for irrigation by pescod, M.B. and Arar, A. (ed).

Slanetz, L.W. et al. (1970). Survival of enteric bacteria and viruses in municipal sewage lagoons. In: Proceedings of the Second International Symposium for Waste Treatment Lagoons. ed. Mckinney, R.E. University of Kansas.