ارزیابی ریسک بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست در آزمایشگاه دانشگاهی: یک مطالعه موردی

علیرضا دهدشتی[۱]، رودابه حافظی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۰۸ تاریخ ویرایش: ۹۳/۰۷/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۱۷

چکیده

زمینه و هدف: آزمایشگاه‌های دانشگاهی مکان‌هایی برای انجام فرآیندهای متنوع آزمایشگاهی محسوب می‌شوند. عوامل زیان‌آور فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و مکانیکی در محیط آزمایشگاه وجود دارد. هدف از مطالعه حاضر شناسایی و ارزیابی خطرات بهداشتی، ایمنی و زیست‌محیطی در یک آزمایشگاه دانشگاهی می‌باشد.

روش بررسی: طرح مطالعه به‌صورت موردی اجرا گردید. با در نظر گرفتن محیط آزمایشگاهی موردمطالعه، چک‌لیست طراحی گردید. با توجه به اهداف مطالعه متغیرهای مورد نیاز برای ارزیابی در حیطه‌های بهداشت و سلامت، ایمنی و محیط‌زیست در چک‌لیست گنجانده شد. در جمع‌آوری دادها از روش مشاهده و مصاحبه با ۱۰ نفر از کارشناسان آزمایشگاه استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج به دست آمده از چک‌لیست نشان داد موارد عوامل مخاطره‌آمیز مرتبط با بهداشت، ایمنی و پیامدهای زیست‌محیطی را به ترتیب ۱۵، ۴۲ و ۱۰ مورد بوده است. بر اساس رتبه ریسک، بنزن، هیدروکسید سدیم، اسید استیک و اسیدسولفوریک پرخطرترین و EDTA، کرومات پتاسیم و فنل کم‌خطرترین بودند. بر اساس درجه ریسک، بنزن مخاطره‌آمیزترین ترکیب به لحاظ بهداشتی، ایمنی و زیست‌محیطی را به خود اختصاص داد.

نتیجه‌گیری: در ارزیابی ریسک آزمایشگاهی باید عوامل مخاطره‌آمیز از نظر بهداشتی، ایمنی و محیط‌زیست بررسی شوند. در هر برنامه پیشگیری برای اجرای اقدامات اصلاحی ضروری است درجه احتمال خطر عوامل، مورد نظر قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی ریسک، آزمایشگاه دانشگاهی، درجه احتمال خطر، بهداشت، ایمنی.

مقدمه

آزمایشگاه مکانی برای انجام آزمایش علمی و به‌ویژه آزمودن مواد شیمیایی می‌باشد. در آزمایشگاه وسایل و مواد آزمایشگاهی ویژه‌ای قرار داده می‌شود که با آن‌ها می‌توان اندازه‌گیری‌های گوناگون، آزمایش‌های تجربی، تجزیه و تحلیل، تعیین مقدار و کنترل کیفیت و غیره را انجام داد. معمولاً چهار شاخه از علوم تجربی شامل شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی در آزمایشگاه موردمطالعه قرار می‌گیرد. از محیط‌های کاری که درصدی از حوادث را به خود اختصاص می‌دهند، آزمایشگاه‌ها می‌باشند. در آزمایشگاه‌های علوم پزشکی با توجه به تنوع رشته‌های آموزشی، دانشجویان و پژوهشگران عملیات متنوع آزمایشگاهی انجام می‌دهند. به دلیل ماهیت آزمایشگاه‌های آموزشی علوم پزشکی امکان مواجهه با عوامل مختلف زیان‌آور شیمیایی، بیولوژیکی و ایمنی وجود دارد.. مهم‌ترین آسیب‌های ناشی از این عوامل شامل سوختگی و خورندگی ناشی از سود و اسیدها، آسیب‌های تنفسی ناشی از استنشاق گازها و سموم، عوارض کبدی، کلیوی، سیستم اعصاب مرکزی و سرطان در اثر مسمومیت ناشی از فلزات سنگین و حلال‌های آلی [۱]، آلودگی‌های عفونی که می‌تواند توسط میکروارگانیسم‌ها مانند باکتری‌ها، ویروس‌ها، انگل‌ها و قارچ‌ها به انسان منتقل گردد و آتش‌سوزی و برق‌گرفتگی گزارش شده است. پسماندهای آزمایشگاهی به دلیل داشتن خصوصیات سمیت، خورندگی، قابلیت اشتعال و مواد واکنش‌دهنده در دسته پسماندهای خطرناک قرار می‌گیرند. بیماری مت‌هموگلوبینمیا بیماری است که در اثر آلوده شدن آب به نیترات ناشی از نفوذ شیرابه زباله به آب ایجاد و در کودکان مشکلات جدی را به وجود می‌آورد [۲]. مطالعات نشان می‌دهد امکان وقوع حوادث شغلی در آزمایشگاه‌ها زیاد است. به‌عنوان مثال می‌توان به سانحه

۱- (نویسنده مسئول) دکترای بهداشت حرفه ای، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، گروه بهداشت حرفه ای، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران.
dehdashti@semums.ac.ir
۲- مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-17]

انفجار کپسول اطفاء حریق در آزمایشگاه دانشگاه تربیت مدرس تهران اشاره کرد [۳]. با توجه به آمار دولت ایالات‌متحده نزدیک به ۱۰۰۰۰ حوادث در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در سال ۲۰۰۵ گزارش شده است [۴]. مطالعات در کشور تایوان نشان می‌دهد حوادث در آزمایشگاه‌های این کشور رو به افزایش است [۵]. بین دسامبر ۱۹۹۷ و مه ۲۰۰۴، ۲۱ حادثه در آزمایشگاه‌های دانشگاه تایوان اتفاق افتاد که باعث آسیب به اساتید و دانشجویان شد [۶]. به‌طوری که مطالعه قبلی نشان می‌دهد حوادث در آزمایشگاه می‌تواند پیامدهای مختلف از نظر شدت داشته و باعث معلولیت و مرگ گردد [۸ و ۷]. مطالعات مختلفی نیز در زمینه‌ی ایمنی و بهداشت کار در محیط‌های آزمایشگاهی به عمل آمده است، از جمله بررسی جو و فرهنگ ایمنی و نقش آموزش در ارائه برنامه ایمنی-بهداشت می‌باشد. این حوادث و مطالعات بیان کننده اهمیت مسائل ایمنی در آزمایشگاه‌ها می‌باشد. با توجه به اینکه عوامل خطرساز در آزمایشگاه‌ها بسیار متنوع هستند و در کشور ایران مطالعات محدودی در خصوص ارزیابی ریسک‌های آزمایشگاهی به عمل آمده است، در این مطالعه هدف شناسایی خطرات احتمالی در آزمایشگاه بوده است. همچنین ارزیابی خطرات با توجه به اثرات زیان‌آور عوامل مختلف بر بهداشت و سلامت افراد، ایمنی و حوادث شغلی و زیست‌محیطی به‌صورت کیفی و کمی تعیین شده است. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند برای طراحی و تدوین روش‌های ارزیابی مناسب از محیط‌های آزمایشگاهی استفاده شود. علاوه بر این با یافتن عوامل خطر بالقوه گام‌های مناسب به‌منظور کاهش و حذف خطرات اجرا گردد.

روش بررسی

این مطالعه برای آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی سمنان در سال ۹۲ و در بخش‌های مختلف آزمایشگاه شیمی، میکروبیولوژی و فیزیک اجرا شده است. جامعه موردمطالعه شامل ۱۰ نفر از کارشناسان بخش‌های مختلف آزمایشگاهی بوده است. مطالعه حاضر به‌صورت موردی طراحی و برای آزمایشگاه اجرا گردید. در این مطالعه تجربی با استفاده از چک‌لیست، عوامل خطر موجود در محیط آزمایشگاهی مورد بررسی و پایش قرار داده شد. برای تدوین چک‌لیست مطالعه حاضر از چک‌لیست‌های مختلف که به‌طور تخصصی برای آزمایشگاه‌ها و از سوی سازمان‌های تحقیقاتی از جمله سازمان بین‌المللی کار (ILO[1])، اداره ایمنی و بهداشت شغلی (OSHA[2]) و مدیریت ایمنی و بهداشت(HSE[3]) استفاده شد. با توجه به اهداف مطالعه متغیرهای مورد نظر شامل: بهداشت و سلامت ۱۴ سؤال، کارکنان و آموزش ۲۸ سؤال، تهویه ۱۴ سؤال، تجهیزات حفاظت فردی ۸ سؤال، انبارداری و سیستم برچسب‌گذاری مواد شیمیایی ۵۰ سؤال، اطلاعات اضطراری ۱۳ سؤال، فضا و تأسیسات ۲۸ سؤال، پسماند ۱۵ سؤال، ایمنی برق ۲۰ سؤال، ایمنی حریق ۱۰ سؤال و ایمنی تجهیزات آزمایشگاه ۱۳ سؤال بود. با مطالعه اطلاعات و روش‌های ارائه شده چک‌لیست مورد نظر متناسب با آزمایشگاه‌های کشور توسط محققین طراحی و مطابق با شرایط آزمایشگاه دانشکده بهداشت اصلاحات لازم اعمال گردید و چک‌لیست در ۱۶ صفحه و ۲۱۳ سؤال طراحی شد. در مرحله بعد برای یافتن عوامل مخاطره‌آمیز مختلف در محیط‌های آزمایشگاهی با توجه به هدف مطالعه از روش مشاهده، مصاحبه و اندازه‌گیری استفاده شده است. با توجه به اهمیت عوامل شیمیایی مورد استفاده در آزمایشگاه، اثرات مختلف از جنبه‌های اثر بر بهداشت و سلامتی افراد، ایمنی و حوادث شغلی و اثرات بر محیط‌زیست (HSE) بررسی شده و ارزیابی در مورد هر یک از آن‌ها به عمل آمد. ارزیابی ریسک یک فرآیند سیستماتیک برای اندازه‌گیری کمی و کیفی خطرات مرتبط با مواد خطرناک، فرآیندها، اقدامات و یا حوادث است[۹]. برای به دست آوردن اطلاعات هر ماده

[1]. International Labour Organization
[2]. Occupational Safety and Health Administration
[3]. Health and Safety Executive

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-17]

جدول۱- تعیین درجه خطر با استفاده از اثرات سمی یا عوارض زیان آور مواد شیمیایی

درجه خطر (HR)	توصیف اثرات مواد شیمیایی در تقسیم بندی مخاطرات شیمیایی	مواد شیمیایی پرمصرف
۱	TLV-TWA(ACGIH)=۱۸۸۰-۲۶۲(mg/m3)	کرومات پتاسیم، فنل، متانول، استن، اتانول، EDTA
	موادی که ACGIH آنها را در طبقه A4 سرطانزاها قرار داده است	
	مواد محرک (Xi)	
	موادی که در اثر استنشاق سبب ایجاد سرفه و گلو درد می شوند	
۲	TLV-TWA(ACGIH)= ۱۷۶ -۳۱(mg/m3)	دی سولفید کربن، کلروفرم، ان هگزان
	موادی که ACGIH آنها را در طبقه A3 سرطانزاها قرار داده است	
	موادی که به عنوان مواد زیان آور (X) طبقه بندی شده اند	
۳	TLV-TWA(ACGIH)=۲۵-۱۰(mg/m3)	آمونیاک، اسید کلریدریک،
	موادی که به عنوان مواد سمی (T) طبقه بندی شده اند	نیترات پتاسیم، اسید سالیسیلیک،
	مواد خورنده (C)	اسید استیک، استیلن
	موادی که در اثر استنشاق باعث ایجاد خفگی و سوختگی اعضا تنفسی می شوند	
۴	TLV-TWA(ACGIH)= ۲ -۰/۰۱(mg/m3)	بنزن، اسید سولفوریک، هیدروکسید سدیم،
	موادی که ACGIH آنها را در طبقه A1 سرطانزاها قرار داده است	سولفات منگنز، نیترات نقره، کلرید آهن، تری اکسید آرسنیک
	مواد خیلی خورنده (Cx) (۰<Ph<۲)	
	موادی که به عنوان مواد خیلی سمی (Tx) طبقه بندی شده اند	
	موادی که باعث نابودی بافت مخاطی و سیستم تنفسی می شوند	

شیمیایی از برگه اطلاعات ایمنی مواد[4] (MSDS)، برچسب ظروف حاوی مواد شیمیایی و منابع استفاده شد. همچنین میزان مصرف ثبت شده هر ماده در هر آزمایش جمع‌آوری گردید. جهت ارزیابی ریسک مواد شیمیایی پرمصرف از جنبه اثر بر سلامت و بهداشت افراد از روش ارائه شده توسط دپارتمان بهداشت حرفه‌ای سنگاپور استفاده شد[۱۰]. در این روش درجه خطر[5] (HR) هرکدام از مواد شیمیایی با توجه به اثرات سمی، حد مجاز مواجهه[6] (TLV)، سرطان‌زایی، خورندگی و عوامل زیان‌آور تعیین شد (جدول شماره ۱). پس از تعیین درجه خطر، درجه مواجهه[7] (ER) با هرکدام از مواد شیمیایی برآورد شد. برآورد درجه مواجهه با استفاده از شاخص مواجهه[8] (EI) و از رابطه ۱ تعیین گردید.

رابطه (۱)

$$ER = [EI_1 \times EI_2 \times \dots\dots \times EI_n]\ 1/n$$

n= تعداد فاکتورهای مورد استفاده

شاخص مواجهه بر مبنای تقسیم‌بندی مقایسه‌ای[9] لیکرت به‌صورت ۴ گزینه‌ای تدوین گردید (جدول شماره ۲). سپس درجه ریسک[10] (RR) هر ماده شیمیایی با توجه به درجه خطر و درجه مواجهه و با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید.

4. Material safety data sheet
5. Hazard Rate
6. Threshold limit value
7. Exposure Rate
8. Exposure Index
9. Likert
10. Risk Rate

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-17]

جدول۲- تعیین شاخص مواجهه

شاخص مواجهه / فاکتور مواجهه	۱	۲	۳	۴
فشار بخار	کمتر از۰/۱ میلی متر جیوه	بین۱۰تا۰/۱ میلی متر جیوه	بین۱۰۰تا۱۰ میلی متر جیوه	بیشتر از ۱۰۰ میلی متر جیوه
نسبت آستانه بویایی	بیشتر از۰/۵	۲تا۱	۵ تا۲	بیشتر از ۵
حد مجاز مواجهه				
مقدار ماده مصرفی در ماه	کمتر از یک میلی لیتر یا گرم	۱۰-۱ میلی لیتر یا گرم	۷۰-۱۰ میلی لیتر یا گرم	۳۴۰-۷۰ میلی لیتر یا گرم
مدت زمان کار در هفته	کمتر از ۸ ساعت	۱۶-۸ ساعت	۲۴-۱۶ ساعت	۳۲-۲۴ ساعت

جدول۳- رتبه بندی ریسک

درجه ریسک	رتبه ریسک
۱/۱-۱/۲۹	کم
۱/۹۲-۱/۴۸	متوسط
۲/۱۷ -۲/۹۷	زیاد

جدول۴- احتمال و پیامد مواجهه

احتمال پیامد مواجهه	غیرممکن۱	بعید۲	ممکن۳
جزیی(۱)	۱	۲	۳
متوسط(۲)	۲	۴	۶
شدید(۳)	۳	۶	۹

رابطه (۲) $RR = \sqrt{HR \times ER}$

HR: درجه خطر (مقیاس ۱ تا ۴)

ER: درجه مواجهه (مقیاس ۱ تا ۴)

در نهایت مواد شیمیایی با توجه به درجه ریسک به دست آمده در جدول شماره ۳ رتبه‌بندی شد.

برای ارزیابی ریسک ایمنی مواد شیمیایی از متغیرهای خورندگی و قابلیت اشتعال و انفجار استفاده شد. برای به دست آوردن این اطلاعات از عبارت ریسک مشخص شده برای هر ماده و لوزی خطر ارائه شده توسط سازمان[11] NFPA استفاده گردید. هر عبارت ریسک نشان‌دهنده نوع و شدت مخاطره ناشی از آن ماده بخصوص می‌باشد. به‌منظور محاسبه ضریب ریسک هر یک از مواد، پیامد مواجهه P(B) در سه سطح شدید، متوسط و جزئی و همچنین احتمال مواجهه P(A) در سه سطح ممکن، بعید و غیرممکن طبقه‌بندی گردید. برای محاسبه عدد ریسک حاصل، از رابطه ۳ و ماتریس ۳×۳ احتمال-پیامد (جدول شماره ۴) استفاده شد [۱۱].

رابطه ۳: $RISK = P(A) \times P(B)$

A: احتمال مواجهه فرد با ماده شیمیایی

B: پیامد حاصل از مواجهه فرد با ماده شیمیایی

سپس مواد بر اساس پتانسیل خطر رتبه‌بندی شد. نتیجه عملی و اصلی یک برنامه ارزیابی ریسک تعیین عدد ریسک مربوط به مواد شیمیایی می‌باشد. مواد بر اساس عدد ریسک رتبه‌بندی شدند و این رتبه‌ها برای تعیین اقدامات کنترلی مرتبط مورد استفاده قرار می‌گیرد (جدول شماره ۵).

جهت ارزیابی ریسک اثرات زیست‌محیطی مواد شیمیایی از روش[12] FMEA استفاده گردید. روش

[11]. National Fire Protection Association

[12]. Failure Mode & Effects Analysis

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-17]

جدول ۵- سطوح اقدامات کنترلی

درجه ریسک	رتبه ریسک	اقدامات کنترلی
۱-۲	کم	اقدامات کنترلی موجود حفظ شود
۳-۴	متوسط	در آینده ای نزدیک می بایست اقدامات کنترلی انجام شود
۶-۹	زیاد	اقدامات کنترلی هرچه سریعتر اجرا شود

جدول۶- شناسایی شدت اثر پیامد زیست محیطی

رتبه	نام طبقه	شرح
۳	شدید	خطرناک و غیر قابل تجزیه در محیط زیست
۲	متوسط	تغییر در پارامتر های خاک و سمی برای آبزیان
۱	ضعیف	انتظار نمی رود برروی محیطزیست و آبزیان تاثیر داشته باشد

جدول۷- احتمال وقوع پیامد زیست محیطی

رتبه	نام طبقه	شرح
۳	محتمل	در طول عمر آزمایشگاه به طور مکرر اتفاق می افتد
۲	گاه به گاه	در طول عمر آزمایشگاه به طور متوسط اتفاق می افتد
۱	جزئی	احتمال رخداد آن در طول عمر آزمایشگاه هر چند کم ولی رخ می‌دهد

جدول۸- احتمال کشف پیامد زیست محیطی

رتبه	نام طبقه	شرح
۳	غیر قابل شناسایی	هیچ نوع دستورالعمل وتاسیساتی برای دفع ایمن مواد در محیط زیست پیش بینی نشده است
۲	احتمال۵۰، ۵۰ شناسایی می‌شود	روش ایمن دفع ماده وجود دارد اما در عمل استفاده نمی‌شود
۱	قابل شناسایی	مواد به صورت ایمن دفع می‌شوند

برنامه‌ریزی‌شده در مطالعه به‌منظور تجزیه و تحلیل یک سیستم و شناسایی بالقوه مخاطره‌آمیز و علل و پیامدهای آن مورد استفاده قرار گرفته است [۱۲]. در مطالعه حاضر عدد اولویت ریسک[13] RPN که شاخص مهم در FMEA می‌باشد و حاصل‌ضرب احتمال وقوع[14](O)، شدت اثر[15](S) و احتمال کشف[16](D) می‌باشد (رابطه ۴) تعیین گردید [۱۳].

رابطه ۴: $RPN = O \times S \times D$

O: احتمال وقوع پیامدهای زیست‌محیطی

S: نشان‌دهنده وسعت و دامنه خسارات و تلفات، در صورت بالفعل درآمدن پیامدهای زیست‌محیطی

D: احتمال این‌که بتوان پیامد یا علل به وجود آورنده پیامد را شناسایی کنیم چه قدر است؟

RPN: عدد اولویت ریسک، احتمال بالفعل شدن یک خطر

عدد اولویت ریسک یک اندازه‌گیری از حالات شکست ریسک است و می‌توان آن را برای رتبه‌بندی شکست و اولویت‌بندی اقدامات استفاده کرد. مواد شیمیایی بر اساس شدت اثر پیامد زیست‌محیطی در سه سطح شدید، متوسط و ضعیف طبقه‌بندی شد. احتمال وقوع پیامد در

جدول ۹-رتبه بندی ریسک

رتبه ریسک	درجه ریسک
کم	۱-۱۲
متوسط	۱۳-۱۸
زیاد	۱۹-۲۷

13. Risk Priority Number
14. Occurrence
15. Severity
16. Detection

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-17]

سه سطح محتمل، گاه‌به‌گاه و جزئی، احتمال کشف در سه سطح غیرقابل‌شناسایی، احتمال ۵۰،۵۰ شناسایی می‌شود و قابل‌شناسایی طبقه‌بندی شد. در نهایت مواد شیمیایی با توجه به عدد اولویت ریسک به دست آمده در سه دسته کم، متوسط و زیاد رتبه‌بندی شد.

یافته‌ها

مطالعه حاضر با هدف شناسایی و ارزیابی سطح ریسک از جنبه‌های بهداشت و سلامت افراد، ایمنی و حوادث شغلی و محیط‌زیست اجرا شده است. تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از چک‌لیست نشان داد که ۱۵ مورد مخاطره‌آمیز مربوط به اثرات بر سلامت و

جدول۱۰- نتایج ارزیابی ریسک مواد شیمیایی از جنبه های اثر بر سلامت وبهداشت،ایمنی و حوادث شغلی و اثر بر محیط زیست

	اثر بر سلامت و بهداشت				اثر بر ایمنی و حوادث شغلی				اثر بر محیط زیست				
نام ماده	درجه خطر	درجه مواجهه	درجه ریسک	رتبه ریسک	احتمال مواجهه	پیامد مواجهه	درجه رسک	رتبه ریسک	شدت اثر	احتمال وقوع	احتمال کشف	عدد اولویت ریسک	رتبه ریسک
کرومات پتاسیم	۱	۱/۲۳	۱/۱	کم	۱	۱	۱	کم	۲	۲	۳	۱۲	متوسط
فنل	۱	۱/۶۸	۱/۲۹	کم	۲	۲	۴	متوسط	۱	۱	۳	۳	کم
متانول	۱	۲/۴۴	۱/۵۶	متوسط	۳	۳	۹	زیاد	۲	۱	۳	۶	کم
استن	۱	۱/۶۸	۱/۲۹	کم	۳	۳	۹	زیاد	۱	۱	۳	۳	کم
اتانول	۱	۲/۲۱	۱/۴۸	متوسط	۳	۳	۹	زیاد	۲	۲	۳	۱۲	متوسط
EDTA	۱	۱/۴۱	۱/۱۸	کم	۲	۱	۲	کم	۲	۲	۳	۱۲	متوسط
دی سولفید کربن	۲	۱/۶۸	۱/۸۳	متوسط	۳	۳	۹	زیاد	۲	۲	۳	۱۲	متوسط
کلروفرم	۲	۲/۳۷	۲/۱۷	زیاد	۱	۱	۱	کم	۳	۲	۳	۱۸	زیاد
ان هگزان	۲	۱/۶۸	۱/۹۲	متوسط	۳	۳	۹	زیاد	۲	۲	۳	۱۲	متوسط
آمونیاک	۳	۲/۱	۲/۵	زیاد	۲	۲	۴	متوسط	۲	۲	۳	۱۲	متوسط
اسید کلریدریک	۳	۲/۴۴	۲/۷	زیاد	۲	۲	۴	متوسط	۳	۲	۳	۱۸	زیاد
اسید استیک	۳	۲/۶۳	۲/۸	زیاد	۳	۳	۹	زیاد	۲	۳	۳	۱۸	زیاد
استیلن	۳	۱/۸۶	۲/۳۶	زیاد	۳	۳	۹	زیاد	۱	۲	۳	۶	کم
نیترات پتاسیم	۳	۱	۱/۷۳	متوسط	۱	۱	۱	کم	۲	۱	۳	۶	کم
اسید سالیسیلیک	۳	۱/۲۳	۱/۹۲	متوسط	۲	۲	۴	متوسط	۲	۲	۳	۱۲	متوسط
بنزن	۴	۲/۲۱	۲/۹۷	زیاد	۳	۳	۹	زیاد	۳	۳	۳	۲۷	زیاد
اسید سولفوریک	۴	۱/۸۶	۲/۷۲	زیاد	۳	۳	۹	زیاد	۳	۲	۳	۱۸	زیاد
هیدروکسید سدیم	۴	۱/۷۳	۲/۶۳	زیاد	۳	۳	۹	زیاد	۳	۳	۳	۲۷	زیاد
سولفات منگنز	۴	۱/۷۳	۲/۶۳	زیاد	۲	۲	۴	متوسط	۳	۳	۳	۲۷	زیاد
نیترات نقره	۴	۱/۴۱	۲/۳۷	زیاد	۲	۲	۴	متوسط	۳	۳	۳	۲۷	زیاد
کلرید آهن	۴	۱/۴۱	۲/۳۷	زیاد	۲	۲	۴	متوسط	۱	۲	۳	۶	کم
تری اکسید آرسنیک	۴	۱/۴۱	۲/۳۷	زیاد	۱	۱	۱	کم	۳	۳	۳	۲۷	زیاد

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-17]

بهداشت افراد، ۴۲ مورد مخاطره‌آمیز مربوط به ایمنی و حوادث شغلی و ۱۰ مورد مخاطره‌آمیز مربوط به پیامدهای زیست‌محیطی بوده است. همچنین یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که کمیته ایمنی و دستورالعمل‌های مکتوب ایمنی و بهداشت در اجرای فرایندهای آزمایشگاه وجود نداشت. چیدمان مواد شیمیایی و تجهیزات موجود در آزمایشگاه به‌طور صحیح و ایمن نبود و کارکنان آزمایشگاه و دانشجویان برای انجام فرایندهای آزمایشگاهی از روش‌های کاری ایمن استفاده نمی‌کردند و در مورد آن‌ها نیز اطلاعی نداشتند و آموزشی به افراد داده نشده بود. همچنین با مشاهده و بررسی دقیق محیط آزمایشگاه مشخص شد که اصول طراحی فضاهای فیزیکی نامناسب بوده و برای انجام امور مختلف و فرایندهای آزمایشگاهی فضاهای مناسب و ایمن در دسترس نبود. علاوه بر این عملکرد سیستم‌های حفاظتی از جمله سیستم‌های تهویه ارزیابی نشده بود. موارد یاد شده در برآورد نهایی ارزیابی ریسک آزمایشگاه مورد استفاده قرار داده شدند.

نتایج حاصل از ارزیابی ریسک مواد شیمیایی با توجه به متغیرهای سلامت و بهداشت، ایمنی و حوادث شغلی و محیط‌زیست نشان داده شده است (جدول شماره ۱۰).

بر مبنای روش ارزیابی ریسک اجرا شده، ۲۲ ماده شیمیایی پرمصرف در آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی سمنان شناسایی شد. با توجه به رتبه‌های ریسک به دست آمده در جدول شماره ۱۰ مخاطره‌آمیزترین مواد شیمیایی بنزن، هیدروکسید سدیم، اسید استیک و اسیدسولفوریک و کم‌خطرترین EDTA، کرومات پتاسیم و فنل بود. از جنبه‌ی اثر بر بهداشت و سلامت بیشترین درجه ریسک مربوط به ماده بنزن با درجه ریسک ۲/۹۷ و کمترین درجه ریسک مربوط به ماده کرومات پتاسیم با درجه ریسک ۱/۱ بود. از جنبه ایمنی و حوادث شغلی مخاطره‌آمیزترین مواد بنزن، هیدروکسید سدیم، متانول، استن، اتانول، اسیدسولفوریک، دی سولفیدکربن، ان هگزان، اسید استیک و استیلن با درجه ریسک ۹ و کم‌خطرترین مواد کرومات پتاسیم، کلروفرم، نیترات پتاسیم و تری اکسیدآرسنیک با درجه ریسک ۱ می‌باشد. از جنبه اثر بر محیط‌زیست مخاطره‌آمیزترین مواد بنزن، هیدروکسید سدیم، سولفات منگنز، نیترات نقره و تری اکسیدآرسنیک با درجه ریسک ۲۷ و کم‌خطرترین مواد فنل و استن با درجه ریسک ۳ می‌باشد. یافته‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که بنزن بیشترین درجه ریسک را در سه سطح سلامت و بهداشت، ایمنی و حوادث شغلی و اثر بر محیط‌زیست را به خود اختصاص داد. همچنین در ارزیابی ریسک ایمنی و حوادث شغلی، ۴۵/۵ درصد از مواد شیمیایی استفاده شده دارای رتبه ریسک زیاد، ۳۱/۸درصد رتبه متوسط و ۲۲/۷ درصد رتبه کم را دارا بودند.

بحث و نتیجه‌گیری

تدوین و اجرای یک روش برنامه‌ریزی‌شده به‌منظور شناخت و ارزیابی ریسک‌های آزمایشگاهی در این تحقیق مورد نظر بوده است. بر مبنای این مطالعه کارکنان آزمایشگاه در طول فعالیت کاری خود با ۲۲ ماده شیمیایی پرمصرف مواجهه داشتند؛ بنابراین در آزمایشگاه امکان مواجهه شغلی با ترکیبات شیمیایی مختلف وجود دارد که در اندازه ریسک و ارزیابی مخاطرات بهداشتی، ایمنی و زیست‌محیطی نقش مهمی دارد. در این مطالعه سه نتیجه مهم به دست آمده است، نخست آنکه برای محاسبه و تعیین ریسک‌های آزمایشگاهی عوامل متعددی باید به حساب آورده شوند، دوم آنکه چیدمان نامناسب مواد شیمیایی و عدم وجود روش‌های کاری ایمن[17] (SWPs) در افزایش ریسک فرایندهای آزمایشگاهی نقش بسزایی دارد، سوم آنکه عوامل سازمانی و محیط کار در ارزیابی و مدیریت ریسک مرتبط با ایمنی و بهداشت سازمانی نقش قابل توجهی دارند.

در ارزیابی ریسک مواد شیمیایی از جنبه اثر بر بهداشت و سلامت افراد تلفیق دو عامل درجه خطر و مواجهه در برآورد نهایی درجه ریسک اهمیت زیادی

17. Safe Work Procedures

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-17]

دارد. برپایه همین استدلال در مطالعه حاضر با وجود اینکه اسیدسولفوریک و بنزن هر دو دارای درجه خطر یکسان بودند و اسیدسولفوریک نسبت به بنزن دارای مقدار مصرف بیشتری بود اما درجه ریسک کمتری را نسبت به بنزن به خود اختصاص داد. در مطالعه جهانگیری [۱۴] که بر روی ارزیابی ریسک عوامل شیمیایی صنعت پتروشیمی انجام گردید، نتایج مشابهی گزارش شده است، به‌طوری که برخی مواد با وجود اینکه درجه خطر یکسانی را به خود اختصاص دادند اما دارای درجه ریسک متفاوت بودند که با مطالعه حاضر انطباق دارد. به نظر می‌رسد جمع‌آوری اطلاعات دقیق در خصوص شاخص‌های مواجهه که شامل اطلاعات فیزیکی ماده و میزان مواجهه هستند و همچنین برآورد و تعیین عوامل مخاطره‌آمیز و درجه خطر (HR) می‌توانند بر دقت محاسبه اندازه ریسک واقعی تأثیر داشته باشند.

در مطالعه حاضر تقریباً نیمی از مواد مصرفی در آزمایشگاه از پتانسیل زیاد آتش‌سوزی، انفجار و خورندگی برخوردار می‌باشند؛ بنابراین لازم است اقدامات کنترلی و بررسی‌های بیشتری از نظر مخاطرات این مواد به عمل آید. برای بررسی لازم است جنبه‌های مخاطره‌آمیز یک ترکیب شیمیایی که می‌تواند منجر به حادثه شود به‌طور مفصل تجزیه و تحلیل شود. در گزارشات مربوط به حوادث شیمیایی در آزمایشگاه‌های دانشگاهی نشان داده شده است که نرخ حوادث در آزمایشگاه‌های علمی خیلی بیشتر از آن است که در آزمایشگاه‌های صنعتی رخ می‌دهد [۱۵]. نتایج مطالعات گذشته و مطالعه حاضر تائید کننده آن است که ترکیبات شیمیایی یکی از عوامل بسیار مهم در حوادث آزمایشگاهی تلقی می‌گردند. در تحقیقات به عمل آمده برای یافتن علل حوادث در آزمایشگاه‌های دانشگاهی بر این نکته تأکید داشته است که در اغلب برنامه‌های پیشگیری از حادثه به فرآیند ارزیابی توجه نشده است. یکی از عواملی که باعث بروز پیامدهای منفی در محیط‌زیست می‌شود فقدان مدیریت ریسک زیست‌محیطی می‌باشد. در آزمایشگاه مورد بررسی و تا آنجا که محققین اطلاع دارند دفع مواد شیمیایی آزمایشگاهی و پساب‌های حاصل از آن‌ها در سیستم‌های فاضلاب عمومی و چاه‌های جذبی صورت می‌گیرد که پیامد مهم آن آلوده شدن آب‌های زیرزمینی و همچنین تغییر در پارامترهای خاک می‌باشد. نتایج حاصل از مطالعه یانگ و همکاران نشان داد که برای جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی توسط پسماندهای خطرناک اجرای روش‌های مدیریت ریسک زیست‌محیطی ضروری می‌باشد [۱۶]. در ارزیابی عوامل شیمیایی نباید تنها به نوع و ماهیت ماده محدود شود بلکه شکل و روش استفاده از مواد نیز دارای اهمیت است و این می‌تواند در کاهش خطر آتش‌سوزی و انفجار نقش عمده‌ای ایفا نماید. نتایج حاصل از یک مطالعه در کشور تایلند نشان داد که اغلب کارکنان و محققین آزمایشگاهی برداشت نادرستی از احتمال خطر مواد شیمیایی داشتند به‌طوری که کارکنان آزمایشگاه در شناسایی مواد شیمیایی و استفاده از آن‌ها، علائم ایمنی را مورد توجه قرار نداده و یا اینکه برداشت آن‌ها از برچسب ایمنی بر روی ظروف نادرست بوده است [۱۷]. در مطالعه حاضر نیز نتایج مشابهی به دست آمده است به‌طوری که در مصاحبه با کارکنان و پژوهشگران آزمایشگاه مشخص شد که اغلب آن‌ها برداشت صحیحی از اطلاعات ارائه شده بر روی برچسب ایمنی موجود بر روی ظروف آزمایشگاهی نداشتند؛ بنابراین در برنامه‌های آموزش ایمنی و بهداشت کارکنان در آزمایشگاه مناسب است این مورد در نظر گرفته شود.

در ارزیابی کیفی صورت گرفته با استفاده از چک‌لیست مشخص شد که نارسایی‌های موجود در آزمایشگاه ناشی از نقص در سیستم مدیریتی می‌باشد. در سایر مطالعات که با روش‌های مشابه انجام شده است به نارسایی موجود در آزمایشگاه به دلیل ضعف و نقص در سیستم مدیریتی نیز اشاره شده است که تائید کننده نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌باشد [۱۹-۱۸-۳]. به نظر می‌رسد تدوین خط‌مشی و سیاست‌های مکتوب در مؤسسات آزمایشگاهی در زمینه ایمنی و بهداشت می‌تواند نقش مهمی در کاهش عوامل زیان‌آور در

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-17]

محیط کار داشته باشد. در آزمایشگاه دانشگاهی مورد بررسی، کمیته ایمنی برای بررسی موضوعات مرتبط با ایمنی و بهداشت وجود نداشت که این خود از ضعف سیستم‌های مدیریتی محسوب می‌شود. بر اساس یافته‌های این مطالعه وجود یک سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و زیست‌محیطی در آزمایشگاه‌های دانشگاهی ضروری به نظر می‌رسد. یکی از اجزای مهم در برنامه‌های ایمنی و بهداشت مربوط به آزمایشگاه‌ها، ارزیابی مستمر از شرایط محیط کار آزمایشگاه می‌باشد. ارزیابی مستمر در یافتن ریسک فاکتورها و اقدام به موقع جهت حذف و یا کاهش خطرات مؤثر می‌باشد.

با توجه به ارزیابی‌های ریسک صورت گرفته و نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر، پیشنهاد می‌شود که یک کمیته ایمنی در آزمایشگاه برای ارزیابی خطرات، آموزش، تعیین کارشناس ایمنی و ایمنی زیستی، کمک‌های اولیه، تجهیزات حفاظت فردی و دفع پسماندهای خطرناک تشکیل شود. مواد شیمیایی خطرناک بایستی در یک فرم مشخص شده که شامل نام ماده شیمیایی، ترکیب شیمیایی، مقادیر TLV، راهنمای کار با ماده شیمیایی و مکان‌هایی که در آن‌ها مواد شیمیایی باید استفاده و یا ذخیره شوند ثبت گردد. برای آموزش کارکنان جهت آمادگی در حوادث مربوط به نشت مواد شیمیایی و حریق، اجرای طرح واکنش اضطراری[18] (ERP) در آزمایشگاه ضروری می‌باشد. در رابطه با دفع صحیح مواد زائد تولیدی بایستی مطابق با توصیه‌هایی که متناسب با هر ماده در برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد ثبت شده است عمل نمود. در آخر توصیه می‌شود که جهت جلوگیری از حریق و انفجار، ذخیره‌سازی مواد شیمیایی باید مطابق با شیوه‌های ایمنی باشد. در مطالعه حاضر امکان نمونه‌برداری و تعیین مقدار آلودگی‌های شیمیایی در هوای محیط آزمایشگاهی مقدور نبوده است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده میزان مواجهه به‌طور دقیق برآورد گردد. همچنین در مطالعات آینده مناسب است که به جنبه‌های مدیریتی ایمنی و بهداشت از نظر تدوین خط‌مشی‌ها و راهبردهای سازمانی در برنامه‌های ایمنی و بهداشت محیط‌های آزمایشگاهی توجه شود.

تقدیر و تشکر

از دانشگاه علوم پزشکی سمنان و همچنین کارشناسان و محققین آزمایشگاه دانشکده بهداشت که حمایت و همکاری لازم را در مراحل تحقیق به عمل آوردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Sanai CH. Industrial Toxicology. Tehran: Tehran university publishers; 2009 [Persian].
2. Omrani GhA, Alavi Nakhjavani N. Solid Waste (1) (Hospital Waste). Tehran: Andishe Rafie Publishers; 2007, pp 17 [Persian].
3. Halvani GH, Soltani gerd faramarzi R, Ali mohamadi M, Kiyani Z. Idontification and risk assessment laboratory university of Yazd using standard check list. Occupational medicine journal 2011; 3(1):21-27 [Persian].
4. Coghlan K. Investigating laboratory accident. Professional Safety 2008; 53(1):56–57.
5. Tsung-Chih Wu, Chi-Wei Liu, Mu-Chen Lu. Safety climate in university and college laboratories: Impact of organizational and individual factors. Journal of Safety Research 2007; 38: 91–102.
6. Shu CM, Lin ML. Planning, managing and designing in laboratories safety and health. Taipei: Gau-Lih Book Co. 2004.
7. Gau SR. A student killed by electric shock. Central Daily. 1998 October 9;7th.
8. Wang RL, Lan KC. An associate professor with his son shocked by electric in National Kao-Hsing Normal University. United Daily News. 2000; March 26; 11th.
9. Vincent TC, Miley WM. Risk assessment methods approaches for assessing health and environment risks. New York: Adivision of plenum publishing corporation 233 spring streets; 1993, pp 3.
10. Management of HSE national company petrochemical industry, Occupational health requirements work hygiene in petrochemical

[18]. Emergency Response Plan

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-17]

laboratory operations. Journal of chemical.Journal of chemical health and safety 2012;September-october; 19(5):25-36.

16. Li Y, Li J, Chen Sh, Diao W. Establishing indices for groundwater contamination risk assessment in the vicinity of hazardous waste landfills in China. Environmental Pollution 2012 June; 165: 77-90.

17. Artdej R. Investigating undergraduate students' scientific understanding of laboratory safety. Procedia - Social and Behavioral Sciences 2012;46:5058–5062.

18. Adl J. Risks and failures in university laboratories. Journal of medical faculty.Tehran of medical sciences university 2004;(6):518-525 [Persian].

19. Hunadia Husin S, Mohamad A, Sheikh Abdullah S, Anuar N. Chemical Health Risk Assessment at The Chemical and Biochemical Engineering Laboratory. Procedia - Social and Behavioral Sciences 2012;60:300 – 307.

industry, Threshold limit value in petrochemical industry.1. Tehran publishers; 2008;4 [Persian].

11. Malakoti J,Rezazadeh azari M,Goneh farahani A. Risk assessment of occupational exposure to chemical agents harmful to researchers. Scientific journal ebne sina/Department of health Nahaja 2010;13(3, 4):31-35 [Persian].

12. Gandhi OP, Agrawal VP. FMEA-A diagraph and matrix approach. Reliability Engineering & System Safety 1992; 35(2):147-158.

13. Tay KM, Lim CP. Fuzzy FMEA with a guided rules reduction system for prioritization of failures. International Journal of Quality & Reliability Management 2006; 23(8): 1047-1066.

14. Jahangiri M, Parsarad M. Health risk assessment of occupational exposure to harmful chemicals: A case study in a petrochemical. Iran Occupational Health journal 2010;7(4):18-24 [Persian].

15. David J. Leggett. Lab-HIRA: Hazard identification and risk analysis for the chemical research laboratory. Part 2. Risk analysis of

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-17]

Health, safety and environmental risk assessment in an academic laboratory: A case study

A. Dehdashti[1], R. Hafezi[2]

Received: 2014/01/28 Revised: 2014/10/12 Accepted: 2015/02/06

Abstract

Background and aims: Academic laboratories are suited for performing various laboratory processes. Physical, chemical, biological and mechanical stressors are common in laboratory environment. The purpose of the study was to provide a comprehensive health, safety and environmental risk assessment in an academic laboratory.

Methods: A case study design was conducted. The relevant check list was developed for laboratory environment. Based on study objectives required variables in terms of health, safety and environment included in the check list. The data collected through observation and interviews with 10 experts of the laboratory.

Results: Findings from checklist showed the number of risk factors contributed to health effects, safety and environmental impacts were 15, 42 and 10, respectively. In terms of risk rating benzene, sodium hydroxide, acetic acid and sulfuric acid indicated the highest level and EDTA, potassium chromate and phenol were at the lowest level. Risk rating analysis indicated that benzene had the highest risk in view of health, safety and environmental outcomes.

Conclusion: Laboratory risk assessment must focus on health, safety and environmental stressors. Any preventive program should take into account the level of risks for corrective actions.

Keywords: Risk assessment, Academic laboratory, Risk rating, Health, Safety.

1. **(Corresponding author)** Research Center for Social Determinants of Health, Occupational Health Department, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran. dehdashti@semums.ac.ir
2. Occupational health engineering, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-17]