



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

علیرضا دهدشتی<sup>۱</sup>، رودابه حافظی<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۱۷

تاریخ ویرایش: ۹۳/۰۷/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۰۸

### 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 به صورت موردی اجرا گردید. با در نظر گرفتن محیط آزمایشگاهی مورد مطالعه، 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 داده‌ها 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 فتل 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

ناشی از این عوامل شامل سوختگی و خوردگی 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، خوردگی، 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

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 مورد مطالعه 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

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

۲- مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران.

مطالعه حاضر به صورت موردی طراحی و برای آزمایشگاه اجرا گردید. در این مطالعه تجربی با استفاده از چک لیست، عوامل خطر موجود در محیط آزمایشگاهی مورد بررسی و پایش قرار داده شد. برای تدوین چک لیست مطالعه حاضر از چک لیست‌های مختلف که به طور تخصصی برای آزمایشگاه‌ها و از سوی سازمان‌های تحقیقاتی از جمله سازمان بین‌المللی کار (ILO<sup>۱</sup>)، اداره ایمنی و بهداشت شغلی (OSHA<sup>۲</sup>) و مدیریت ایمنی و بهداشت (HSE<sup>۳</sup>) 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 چک لیست مورد نظر متناسب با آزمایشگاه‌های کشور توسط محققین طراحی و مطابق با شرایط آزمایشگاه دانشکده بهداشت اصلاحات لازم اعمال گردید و چک لیست 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

انفجار کپسول اطفاء حریق در آزمایشگاه دانشگاه تربیت مدرس تهران اشاره کرد [۳]. با توجه به آمار دولت ایالات متحده 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]. به طوری 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 زمینه 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 خطر ساز 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 به صورت 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 به منظور 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 مورد مطالعه شامل ۱۰ نفر از کارشناسان بخش‌های مختلف آزمایشگاهی بوده است.

1. International Labour Organization

2. Occupational Safety and Health Administration

3. Health and Safety Executive

درجه خطر (HR)	توصیف اثرات مواد شیمیایی در تقسیم بندی مخاطرات شیمیایی	مواد شیمیایی پرمصرف
۱	موادی که ACGIH آنها را در طبقه A4 سرطانها قرار داده است مواد محرک (Xi)	کرومات پتاسیم، فنل، متانول، استن، اتانول، EDTA (mg/m <sup>3</sup> ) <sup>۱۸۸۰-۲۶۲</sup> TLV-TWA(ACGIH)=
۲	موادی که در اثر استنشاق سبب ایجاد سرفه و گلو درد می شوند موادی که ACGIH آنها را در طبقه A3 سرطانها قرار داده است موادی که به عنوان مواد زیان آور (X) طبقه بندی شده اند	دی سولفید کربن، کلروفرم، ان هگزان (mg/m <sup>3</sup> ) <sup>۱۷۶-۳۱</sup> TLV-TWA(ACGIH)=
۳	موادی که به عنوان مواد سمی (T) طبقه بندی شده اند مواد خورنده (C)	آمونیاک، اسید کلریدریک، نیترات پتاسیم، اسید سالیسیلیک، اسید استیک، استیلن
۴	موادی که در اثر استنشاق باعث ایجاد خفگی و سوختگی اعضا تنفسی می شوند موادی که ACGIH آنها را در طبقه A1 سرطانها قرار داده است مواد خیلی خورنده (Cx) (<Ph<۲)	بنزن، اسید سولفوریک، هیدروکسید سدیم، سولفات منگنز، نیترات نقره، کلرید آهن، تری اکسید آرسنیک (mg/m <sup>3</sup> ) <sup>۲-۰/۰۱</sup> TLV-TWA(ACGIH)=
	موادی که باعث نابودی بافت مخاطی و سیستم تنفسی می شوند	

هر کدام از مواد شیمیایی برآورد شد. برآورد درجه مواجهه با استفاده از شاخص مواجهه<sup>۸</sup> (EI) و از رابطه ۱ تعیین گردید.

رابطه (۱)

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

n = تعداد فاکتورهای مورد استفاده

شاخص مواجهه بر مبنای تقسیم بندی مقایسه ای<sup>۹</sup> لیکرت به صورت ۴ گزینه ای تدوین گردید (جدول شماره ۲). سپس درجه ریسک<sup>۱۰</sup> (RR) هر ماده شیمیایی با توجه به درجه خطر و درجه مواجهه و با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید.

شیمیایی از برگه اطلاعات ایمنی مواد<sup>۴</sup> (MSDS)، برچسب ظروف حاوی مواد شیمیایی و منابع استفاده شد. همچنین میزان مصرف ثبت شده هر ماده در هر آزمایش جمع آوری گردید. جهت ارزیابی ریسک مواد شیمیایی پرمصرف از جنبه اثر بر سلامت و بهداشت افراد از روش ارائه شده توسط دپارتمان بهداشت حرفه ای سنگاپور استفاده شد [۱۰]. در این روش درجه خطر<sup>۵</sup> (HR) هر کدام از مواد شیمیایی با توجه به اثرات سمی، حد مجاز مواجهه<sup>۶</sup> (TLV)، سرطان زایی، خوردگی و عوامل زیان آور تعیین شد (جدول شماره ۱). پس از تعیین درجه خطر، درجه مواجهه<sup>۷</sup> (ER) با

8. Exposure Index

9. Likert

10. Risk Rate

4. Material safety data sheet

5. Hazard Rate

6. Threshold limit value

7. Exposure Rate

جدول ۲- تعیین شاخص مواجهه

شاخص مواجهه	۱	۲	۳	۴
فاکتور مواجهه				
فشار بخار	کمتر از ۰/۱	بین ۰/۱ تا ۱	بین ۱ تا ۱۰	بیشتر از ۱۰
نسبت آستانه بویایی	بیشتر از ۰/۵	۱ تا ۳	۵ تا ۲	بیشتر از ۵
حد مجاز مواجهه				
مقدار ماده مصرفی در ماه	کمتر از یک	۱-۱۰	۱۰-۷۰	۷۰-۳۴۰
مدت زمان کار در هفته	کمتر از ۸ ساعت	۸-۱۶ ساعت	۱۶-۲۴ ساعت	۲۴-۳۲ ساعت

سازمان<sup>۱۱</sup> NFPA استفاده گردید. هر عبارت ریسک نشان‌دهنده نوع و شدت مخاطره ناشی از آن ماده بخصوص می‌باشد. به منظور 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  $3 \times 3$  احتمال-پیامد (جدول شماره ۴) استفاده شد [۱۱].

$$RISK = P(A) \times P(B) \quad \text{رابطه ۳:}$$

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<sup>۱۲</sup> FMEA استفاده گردید. روش

جدول ۳- رتبه بندی ریسک

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

جدول ۴- احتمال و پیامد مواجهه

احتمال پیامد مواجهه	۱	۲	۳
جزئی (۱)	۱	۲	۳
متوسط (۲)	۲	۴	۶
شدید (۳)	۳	۶	۹

$$RR = \sqrt{HR \times ER} \quad \text{رابطه (۲)}$$

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 خوردگی 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

<sup>11</sup>. National Fire Protection Association

<sup>12</sup>. Failure Mode & Effects Analysis

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

جدول ۶- شناسایی شدت اثر پیامد زیست محیطی

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

جدول ۷- 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 می دهد

جدول ۸- احتمال کشف پیامد زیست محیطی

رتبه	نام طبقه	شرح
۳	غیر قابل شناسایی	هیچ نوع دستورالعمل و تاسیساتی برای دفع ایمن مواد در محیط زیست پیش بینی نشده است
۲	احتمال ۵۰٪ شناسایی می شود	روش ایمن دفع ماده وجود دارد اما در عمل استفاده نمی شود
۱	قابل شناسایی	مواد به صورت ایمن دفع می شوند

برنامه ریزی شده در مطالعه به منظور تجزیه و تحلیل یک سیستم و شناسایی بالقوه مخاطره آمیز و علل و پیامدهای آن مورد استفاده قرار گرفته است [۱۲]. در مطالعه حاضر عدد اولویت ریسک<sup>۱۳</sup> RPN که شاخص مهم در FMEA می باشد و حاصل ضرب احتمال وقوع<sup>۱۴</sup> (O)، شدت اثر<sup>۱۵</sup> (S) و احتمال کشف<sup>۱۶</sup> (D) می باشد (رابطه ۴) تعیین گردید [۱۳].

$$RPN = O \times S \times D \quad \text{رابطه ۴}$$

O: احتمال وقوع پیامدهای زیست محیطی  
S: نشان دهنده وسعت و دامنه خسارات و تلفات، در صورت

بالفعل در آمدن پیامدهای زیست محیطی

D: احتمال این که 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 اندازه گیری از حالات شکست ریسک است و می توان آن را برای رتبه بندی شکست و اولویت بندی اقدامات استفاده کرد. مواد شیمیایی بر اساس شدت اثر پیامد زیست محیطی در سه سطح شدید، متوسط و ضعیف طبقه بندی شد. احتمال وقوع پیامد در

جدول ۹- رتبه بندی ریسک

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

<sup>13</sup>. Risk Priority Number

<sup>14</sup>. Occurrence

<sup>15</sup>. Severity

<sup>16</sup>. Detection

**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

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.

جدول ۱۰- نتایج ارزیابی ریسک مواد شیمیایی از جنبه‌های اثر بر سلامت و بهداشت، ایمنی و حوادث شغلی و اثر بر محیط زیست

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

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، ۳۱/۸ درصد رتبه متوسط و ۲۲/۷ درصد رتبه کم را دارا بودند.

### بحث و نتیجه‌گیری

تدوین و اجرای یک روش برنامه‌ریزی شده به منظور 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<sup>۱۷</sup> (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

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 جنبه 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

17. Safe Work Procedures

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 به طوری 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 به طوری 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 تأیید 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

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، به طوری 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) می‌تواند 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 خوردگی 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 به طور 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 تأیید 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 محیط زیست می‌شود فقدان مدیریت ریسک زیست‌محیطی می‌باشد. در آزمایشگاه مورد بررسی و تا



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;7<sup>th</sup>.
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; 11<sup>th</sup>.
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

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<sup>۱۸</sup> (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

<sup>18</sup>. Emergency Response Plan



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

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

A. Dehdashti<sup>1</sup>, R. Hafezi<sup>2</sup>

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.