

تعیین میزان انتشار فرمالدهید از فراورده‌های مرکب چوبی

محمد مهدی برازنده*^۱، حسین حسینیخانی^۲ سعید اسحاقی^۳ و عباس فخریان^۲

*^۱- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد، عضو هیئت علمی پژوهشی بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور،

پست الکترونیک: mbaraz@rifr-ac.ir

^۲- کارشناس ارشد، عضو هیئت علمی پژوهشی بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

^۳- کارشناس ارشد، صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۱

چکیده

با توجه به تأثیر نامطلوب گاز فرمالدهید بر سلامتی انسان و محیط‌زیست، میزان انتشار این گاز از یک فراورده‌چوبی تعیین گردید تا بدین طریق روشی عملی برای اندازه‌گیری میزان انتشار این گاز از هر فراورده چوبی دیگر ارائه گردد. بدین منظور نمونه‌های تخته خرده‌چوب از چوب درخت زرد تاغ با تغییر گرادیان رطوبتی در سه سطح و با استفاده از چسب اوره فرمالدهید، ساخته شدند. سپس با استفاده از روش دسیکاتور طبق دستورالعمل شماره D 5582-00 مربوط به آیین‌نامه ASTM، میزان انتشار گاز فرمالدهید از هر نمونه بر حسب میکروگرم فرمالدهید بر میلی‌لیتر محلول (ppm)، محاسبه گردید. نتایج بدست‌آمده نشان می‌دهند که با افزایش گرادیان رطوبت، میزان انتشار گاز فرمالدهید، کاهش می‌یابد، به طوری که میزان انتشار از تخته‌های خرده‌چوب با گرادیان رطوبتی صفر درصد، ۸/۹۴۶ ppm، تخته‌های خرده‌چوب با گرادیان رطوبتی ۲ درصد، ۶/۳۱۲ ppm و تخته‌های خرده‌چوب با گرادیان رطوبتی ۴ درصد و ۴/۱۷۲ ppm فرمالدهید اندازه‌گیری شد. با افزایش گرادیان رطوبت از صفر درصد به ۲ درصد، انتشار فرمالدهید، به میزان ۲۹ درصد و با افزایش گرادیان رطوبت از ۲ درصد به ۴ درصد، انتشار گاز فرمالدهید، به میزان ۳۴ درصد کاهش یافت. همچنین مقایسه این مقادیر با مقادیر استاندارد و مجاز نشان می‌دهد که این تخته‌ها فقط در فضاهای باز باید مورد استفاده قرار گرفته و از به‌کار بردن آنها در محیط‌های داخلی به شدت باید اجتناب شود.

واژه‌های کلیدی: فرمالدهید، تخته خرده‌چوب، فراورده‌های چوبی، روش دسیکاتور.

مقدمه

بوده که دارای کاربردهای منحصر بفردی می‌باشد. عوامل زیادی بر خصوصیات ورق‌های فشرده چوبی اعم از تخته‌فیبر و تخته خرده‌چوب تأثیر می‌گذارند که در بین آنها گونه‌ی چوبی، نوع ماده‌ی اولیه، فرم هندسی خرده‌چوب‌ها، نوع رزین و مقدار آن در لایه‌های مختلف

سالیان زیادی از اولین تلاش‌هایی که برای ساخت صفحات فشرده‌ی چوبی از ضایعات چوب و مواد لیگنوسولوزی شروع شده، می‌گذرد. تخته خرده‌چوب از انواع صفحات فشرده چوبی یا فراورده‌های چند سازه‌ای

فرمالدهید می‌تواند منجر به مرگ شود. فرمالدهید در بدن به اسید فرمیک تبدیل شده و با نفوذ به خون، باعث بالا رفتن اسیدیته آن می‌شود.

نفس‌های تند و بریده، بیهوشی، کما و امکان مرگ از علائم نوشیدن مقدار زیادی محلول فرمالدهید است. فرمالدهید در بدن می‌تواند موجب ایجاد تغییر در پروتئین‌های DNA شود. حیوانات آزمایشگاهی که در معرض دوزهای بالای فرمالدهید قرار گرفته‌اند، در طول زندگی خود به سرطان‌های پیشرفته در نای و گلو مبتلا شده‌اند. با این همه، برخی مطالعات نشان می‌دهند که غلظت‌های پایین فرمالدهید که کارگران کارخانه‌های تخته سه‌لایی با آن مواجه‌اند، عامل سرطان‌زا نیست. اما فرمالدهید را در رده سرطان‌زاهای احتمالی در انسان طبقه‌بندی می‌کنند ([http:// FORUM.IranBlog.com](http://FORUM.IranBlog.com)). استاندارد JAS JPIC-EW.SE00-01/Notification No. 1751 2008 مربوط به کشور ژاپن، فرآورده‌های چوبی را از نظر انتشار فرمالدهید به ۴ گروه زیر تقسیم کرده:

کیک، مواد افزودنی مورد استفاده، مقدار رطوبت و توزیع آن در ضخامت کیک (گرادیان رطوبت)، ساختار کیک و نحوه‌ی توزیع ذرات چوب در صفحات آن، جهت قرار گرفتن خرده‌چوب‌ها، دانسیته متوسط و پروفیل دانسیته تخته‌ها از اهمیت بیشتری برخوردارند. در فرایند تولید، این فاکتورها علاوه بر تأثیر بر خواص ورق‌های فشرده چوبی بر یکدیگر نیز اثر متقابل دارند. متأسفانه عامل منفی در کاربرد تخته خرده‌چوب ساخته شده با چسب اوره-فرمالدهید، انتشار گاز فرمالدهید از این محصولات است. به دلیل اینکه رزین‌های فرمالدهید در ساخت بسیاری از مواد، مانند تخته سه‌لایی، اسفنج‌های افشانه‌ای و فوم استفاده می‌شوند؛ این مواد در طول زمان به آرامی فرمالدهید نشر می‌کنند. به این علت، فرمالدهید یکی از مهمترین آلاینده‌های هوای درون خانه است. غلظت‌های بالای ۰/۱ ppm آن در هوای خانه باعث سوزش چشم، آسیب به غشای مخاطی، سردرد و احساس سوزش در نای و مشکل شدن تنفس می‌شود. نوشیدن محلول

درجه محصول میانگین	فرمالدهید آزاد شده (ppm)	حداکثر مجاز (ppm)
F☆☆☆☆	۰/۳	۰/۴
F☆☆☆	۰/۵	۰/۷
F☆☆	۱/۵	۲/۱
F☆	۵/۰	۷/۰

کلیه فرآورده‌هایی که دارای نشان F☆☆ می‌باشند، به هیچ وجه نباید در فضاهای داخلی استفاده شوند (Towood.com). بدین جهت چند روش اندازه‌گیری فرمالدهید آزاد شده از فرآورده‌های چوبی (از جمله روش‌های دسیکاتور/پرفوراتور) و همچنین تأثیرات

براساس این استاندارد، کلیه فرآورده‌های چوبی که با نشان F☆☆☆☆ تولید می‌شوند، بدون هیچ‌گونه محدودیتی قابل استفاده در محیط‌های بسته می‌باشند. فرآورده‌هایی با نشان F☆☆ و F☆☆ به طور محدود می‌توانند در فضاهای بسته مورد استفاده قرار گیرند ولی

ساخته شد. به منظور ایجاد رطوبت یکنواخت، تخته‌های ساخته شده، به مدت ۲۴ ساعت در شرایط استاندارد (رطوبت نسبی ۶۵٪ و درجه حرارت ۲۰ درجه سانتی‌گراد)، نگهداری شدند. میزان فرمالدهید آزاد شده از هر نمونه تخته خرده‌چوب، با استناد به استاندارد شماره D 5582-00 آیین‌نامه ASTM و به روش زیر اندازه‌گیری شد.

آماده‌سازی نمونه‌های آزمونی

از هر ۳ نمونه تخته، تعداد ۸ قطعه به طول 127 ± 2 میلی‌متر و عرض 70 ± 2 میلی‌متر تهیه گردید، تعداد ۲۴ قطعه برای آزمایش آماده شد. اطراف هر یک از قطعه‌ها را تا فاصله حداکثر ۵ میلی‌متر از لبه‌ها، در پارافین مایع غوطه‌ور ساخته، سپس همه قطعات را به مدت ۷ شبانه‌روز در شرایط ثابت از نظر دما و رطوبت نگهداری می‌نماییم.

جذب فرمالدهید آزاد شده

یک دسیکاتور به حجم تقریبی ۱۰/۵ میلی‌لیتر که ماده جاذب آن تخلیه شده، پس از اطمینان از اینکه هیچ روزه‌ای در دسیکاتور و سرپوش آن وجود ندارد، با یک دستمال کاغذی آغشته به آب مقطر پاک شده و با یک دستمال کاغذی تمیز خشک گردید. به منظور اطمینان از عدم نفوذ هوا به داخل دسیکاتور، لبه دسیکاتور و سرپوش آن با لایه نازکی از گریس، آغشته شد. تعداد ۸ قطعه از هر نمونه که مطابق آنچه قبلاً گفته شد، آماده شده، و اطراف یک بشر ۴۰۰ میلی‌لیتری که به طور وارونه بالای صفحه سرامیکی دسیکاتور قرار دارد، طوری چیده شد که هوا به همه سطوح و لبه‌ها دسترسی داشته باشد (شکل ۱).

فرمالدهید از تخته خرده‌چوب، مورد بررسی قرار گرفته و نشان داده شده، که با کاهش نسبت مولی فرمالدهید به اوره، انتشار فرمالدهید از تخته خرده‌چوب کاهش پیدا می‌کند (Myers and Nagaoka, 1980).

تحقیقات انجام شده نشان می‌دهند که با افزایش زمان، از تولید تخته خرده‌چوب، انتشار فرمالدهید به طور معنی‌داری کاهش پیدا می‌کند (Sundin and Roffael, 1989).

بعضی کفپوش‌های لایه‌ای شده ممکن است مقادیر کمی از فرمالدهید و ترکیبات آلی فرار را در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد از خود آزاد کنند (Marutzky, 1997) ; (Gustaffson and Jonsson, 1993).

روش‌های مختلف اندازه‌گیری انتشار فرمالدهید از محصولات با پایه‌ی چوبی شامل روش‌های پرفوراتور (EN 120)، فلاسک (DIN EN 77-3)، آنالیز گازی (DIN EN 717-2)، دسیکاتور (JIS A 1460) و اتاق مقیاس بزرگ (PREN 717-1) می‌باشد.

مواد و روشها

نمونه‌های تخته خرده‌چوب زرد تاغ با استفاده از خرده‌چوب‌هایی به طول ۲۱ میلی‌متر، عرض ۱/۹۹ میلی‌متر و ضخامت ۰/۶۵ میلی‌متر تهیه گردید. عمل چسب‌زنی خرده‌چوب‌ها با استفاده از محلول مخلوط چسب اوره فرمالدهید و هاردنر با درصد مواد جامد ۵۰ درصد که توسط هوای فشرده به طور کامل بر روی خرده‌چوب‌ها پاشیده شده است، انجام شد. در فرایند تهیه تخته خرده‌چوب، فشار پرس (۳۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)، درجه حرارت پرس (۱۸۵ درجه سانتی‌گراد) و زمان پرس (۴ دقیقه) را ثابت نگهداشته و سه نمونه تخته خرده‌چوب با گرادیان‌های رطوبتی صفر، ۲ و ۴ درصد

خرده‌چوب انجام گردید. مراحل تهیه محلول‌های استاندارد و رسم منحنی کالیبراسیون در ضمیمه آمده است.

نتایج

میانگین حجم اسید کلریدریک مصرف شده برای دو آزمایش، $17/8$ میلی‌لیتر می‌باشد که با قرار دادن این عدد در رابطه (ضمیمه ۱) مقدار C_A برابر $1/0.69$ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بدست آمده که اگر این عدد را در رابطه (ضمیمه ۲) قرار دهیم، غلظت محلول استاندارد B برابر $10/69$ میکروگرم بر میلی‌لیتر بدست خواهد آمد. با استفاده از این عدد و با توجه به میزان رقت هر یک از لوله‌های ۱ تا ۷، غلظت فرمالدهید در محلول‌های ۱ تا ۷ محاسبه گردید که در جدول ۱ درج گردیده است. جذب نمونه‌های استاندارد (لوله‌های ۱ تا ۷) در جدول ۱ و اعداد جذب نمونه‌های آزمایش در جدول ۲ درج شده است. لازم بذکر است که اعداد جذب هر یک از نمونه‌های استاندارد ۳ بار قرائت شد. همچنین در هر آزمایش سه نمونه تهیه و عدد جذب هر نمونه سه بار بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. در محاسبات، مقادیر میانگین جذب، مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱- روش دسیکاتور برای جذب فرمالدهید

۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به یک پتری‌دیش طوری اضافه شد که فقط کف پتری‌دیش را مرطوب کرده و با لبه‌های پتری‌دیش هیچ‌گونه تماسی پیدا نکند. پتری‌دیش با دقت روی بشر قرار داده شده، و سرپوش دسیکاتور روی دسیکاتور گذاشته شد. پس از آن، هر ۳۰ دقیقه، درجه حرارت محیط اطراف دسیکاتور یادداشت گردید. پس از گذشت 1 ± 120 دقیقه، سرپوش دسیکاتور برداشته شده و به دقت، پتری‌دیش خارج گردید. در این مرحله، به منظور انجام آزمایش در سه تکرار، به هر یک از سه لوله آزمایش به وسیله پیپت، ۴ میلی‌لیتر از محلول داخل پتری‌دیش اضافه شده و درپوش لوله‌ها محکم بسته شد. مراحل فوق برای هر ۳ نمونه تخته

جدول ۱- اعداد جذب نمونه‌های استاندارد

شماره نمونه	غلظت فرمالدهید ($\mu\text{g/mL}$)	عدد جذب			میانگین جذب	جذب خالص
		تکرار اول	تکرار دوم	تکرار سوم		
۱	۰	۰/۰۲۴	۰/۰۱۲	۰/۰۲۳	۰/۰۲۰	۰
۲	۰/۲۶۷	۰/۰۲۱	۰/۰۲۳	۰/۰۲۴	۰/۰۲۳	۰/۰۰۳
۳	۰/۸۰۲	۰/۰۴۹	۰/۰۵۴	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰/۰۳۱
۴	۱/۳۳۶	۰/۱۲۳	۰/۱۳۳	۰/۱۲۸	۰/۱۲۸	۰/۱۰۸
۵	۱/۸۷۱	۰/۲۰۰	۰/۱۹۸	۰/۱۹۵	۰/۱۹۸	۰/۱۷۸
۶	۲/۶۷۲	۰/۲۵۵	۰/۲۶۰	۰/۲۶۴	۰/۲۶۰	۰/۲۴
۷	۵/۳۴۵	۰/۵۲۲	۰/۴۸۹	۰/۴۸۵	۰/۴۹۹	۰/۴۷۹

جدول ۲- اعداد جذب نمونه‌های آزمایش

میانگین	شماره نمونه		
	۳	۲	۱
	تکرار	تکرار	تکرار
۰/۸۱۷	۰/۹۷۶	۰/۷۳۳	۰/۸۴۴
	۰/۹۷۶	۰/۷۳۳	۰/۸۴۴
	۰/۹۷۶	۰/۷۳۳	۰/۸۴۴
۰/۵۷۲	۰/۹۷۶	۰/۷۳۳	۰/۵۵۷
	۰/۹۷۶	۰/۷۳۳	۰/۵۵۷
	۰/۹۷۶	۰/۷۳۳	۰/۵۵۷
۰/۳۷۳	۰/۹۷۶	۰/۷۳۳	۰/۵۵۷
	۰/۹۷۶	۰/۷۳۳	۰/۵۵۷
	۰/۹۷۶	۰/۷۳۳	۰/۵۵۷

فرمالدهید برحسب میکروگرم بر میلی‌لیتر محلول است. با قرار دادن مقادیر جذب نمونه‌های آزمایش از جدول ۲ در این معادله، غلظت فرمالدهید برحسب میکروگرم بر میلی‌لیتر یا ppm بدست می‌آید که در جدول ۳ دیده می‌شود.

با توجه به داده‌های جدول ۱ معادله خط رگرسیون به صورت زیر بدست آمد:

$$A=0.093C-0.015$$

که در این معادله، A عدد جذب خالص و C غلظت

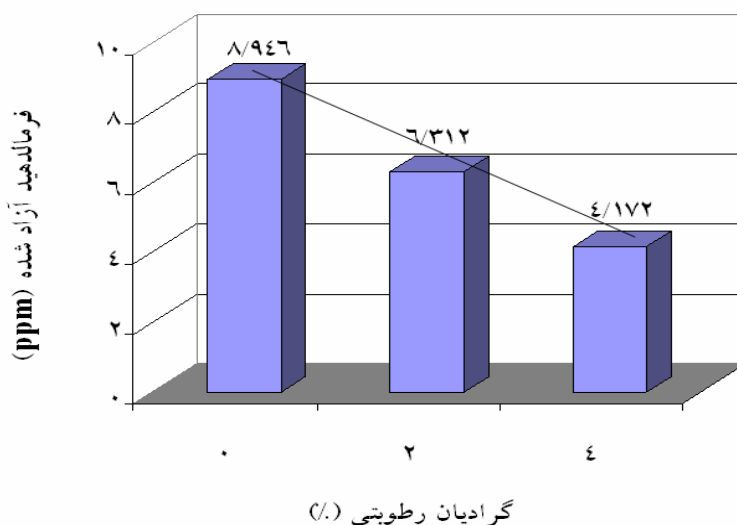
جدول ۳- فرمالدهید آزاد شده از نمونه‌های تخته خرده‌چوب در سه گرادیان رطوبت مختلف

رطوبت	۰ (%)	۲%	۴%
جذب	۰/۸۱۷	۰/۵۷۲	۰/۳۷۳
غلظت فرمالدهید (ppm)	۸/۹۴۶	۶/۳۱۲	۴/۱۷۲

بحث

فرمالدهید را از خود منتشر می‌سازند. به عبارت دیگر، با افزایش گرادیان رطوبت از صفر درصد به ۲ درصد، انتشار فرمالدهید، به میزان ۲۹ درصد و با افزایش گرادیان رطوبت از ۲ درصد به ۴ درصد، انتشار گاز فرمالدهید، به میزان ۳۴ درصد کاهش می‌یابد. فرمالدهید یک ترکیب قطبی بوده و قادر است با گروه‌های هیدروکسیل چوب، پیوند هیدروژنی تشکیل دهد.

همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده، با افزایش گرادیان رطوبت، میزان انتشار گاز فرمالدهید، کاهش می‌یابد، به طوری که تخته‌های خرده‌چوب با گرادیان رطوبتی صفر درصد، ۸/۹۴۶ ppm، تخته‌های خرده‌چوب با گرادیان رطوبتی ۲ درصد، ۶/۳۱۲ ppm و تخته‌های خرده‌چوب با گرادیان رطوبتی ۴ درصد و ۴/۱۷۲ ppm



شکل ۲- تأثیر گرادینان رطوبت بر فرمالدهید آزاد شده از تخته خرده چوب زرد تاغ

پیشنهادها

با توجه به تأثیر فاکتورهای مختلف بر میزان انتشار فرمالدهید از فرآورده‌های چوبی، پیشنهاد می‌شود تأثیر دیگر پارامترها از قبیل زمان پرس، درصد چسب و گونه چوبی در قالب یک طرح تحقیقاتی مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از مسئولین بخش تحقیقات علوم چوب و کاغذ مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، که امکان انجام تحقیق حاضر را فراهم نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

بنابراین در هنگام ساخت تخته خرده چوب، فرمالدهید آزاد موجود در چسب اوره- فرمالدهید، به صورت گاز وارد ساختار متخلخل چوب شده و با گروه‌های هیدروکسیل چوب پیوند هیدروژنی تشکیل داده و در آنجا قرار می‌گیرد. بنابراین در صورتی که در چوب رطوبت زیادتری وجود داشته باشد، در این حالت فرمالدهید با آب موجود در چوب در رقابت قرار می‌گیرد. بنابراین با توجه به اینکه گروه‌های هیدروکسیل چوب با آب پیوند هیدروژنی تشکیل داده‌اند، قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی با فرمالدهید نخواهند بود. در نتیجه فرمالدهید در هنگام ساخت تخته، از آن خارج شده و در تخته باقی نمی‌ماند. همچنین مقایسه این مقادیر با مقادیر استاندارد و مجاز نشان می‌دهد که این تخته‌ها فقط در فضاهای باز باید مورد استفاده قرار گرفته و از به کار بردن آنها در محیط‌های داخلی بشدت باید اجتناب شود.

منابع مورد استفاده

- Gustaffson, H. and Jonsson, B., 1993. Trade standards for testing chemical emission from building materials: Part 1: Measurement of flooring materials. *Proceedings of Indoor Air*, 2: 437-442.
- Marutzky, R., 1994. Release of formaldehyde by wood products. In: Pizzi A, editor. *Wood adhesives-chemistry and technology*, vol. 2. New York and Basel: Marcel Dekker Inc.; [Chapter 10].
- Myers, G. E and Nagaoka M, 1980. formaldehyde from UF-bonded panels_ its measurement and its relation to air contamination. *Symp. On Wood Adhesives _ Research, Application, and needs*. Forest Prod. Lab., Madison, Wis., Sept. pp: 23-25.
- Sundin, B. and Roffael, E., 1989. Einfluß der Alterung auf die Formaldehydemissionen von UF-Spanplatten niedrigen Formaldehydabgabepotentials. *Holz-Zent.bl.* Vol. 115, pp.704.

ضمیمه

ضمیمه - تهیه محلول‌های استاندارد به منظور رسم

منحنی کالیبراسیون

مقدار ۲/۷۰ میلی لیتر از یک محلول فرمالدهید ۰.۳۷٪ فرمالدهید را به وسیله پیپت به یک بالون یک لیتری اضافه کرده، با آب مقطر تازه تا خط نشانه رقیق نموده و بخوبی مخلوط می‌کنیم؛ این محلول را محلول استاندارد A می‌نامیم. برای تعیین غلظت فرمالدهید در این محلول، به طریق زیر عمل می‌کنیم:

ابتدا pH متر را با محلول بافر استاندارد با pH=۹ کالیبره می‌کنیم؛ سپس دو مقدار مساوی از محلول استاندارد فرمالدهید A را به منظور انجام آزمایش در دو تکرار، به دو بشر ۱۵۰ میلی لیتری پیپت کرده و به هر یک از بشرها، ۲۰ میلی لیتر محلول یک مولار سولفیت سدیم اضافه می‌کنیم. آنگاه محلول را روی همزن مغناطیسی گذاشته، الکترودهای pH متر را درون آن قرار داده و بدقت با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH برابر

۹ تیترو می‌کنیم. به طور متناوب حجم اسید کلریدریک اضافه شده و pH متناظر با آن را یادداشت نموده و تغییرات pH در مقابل حجم اسید کلریدریک را رسم می‌کنیم. حجم اسید کلریدریک مصرف شده، میانگین حجم‌های مصرف شده برای دو آزمایش خواهد بود. با استفاده از حجم اسید کلریدریک مصرف شده و به کمک رابطه زیر، غلظت محلول استاندارد A را بر حسب میلی گرم فرمالدهید بر میلی لیتر محلول محاسبه می‌کنیم.

$$C_A = (V \times N \times 30.03) / 50 \quad (\text{رابطه ۱})$$

V، حجم اسید کلریدریک مصرفی (میانگین دو آزمایش) بر حسب میلی لیتر برای رسیدن pH محلول به ۹ بوده و از نمودار تغییرات pH بر حسب حجم اسید بدست می‌آید؛ N، نرمالته اسید کلریدریک (۰/۱) و ۳۰/۰۳، ضریب تبدیل میلی اکسی‌والان فرمالدهید به میلی گرم فرمالدهید می‌باشد.

با استفاده از آب مقطر، یک میلی لیتر از محلول استاندارد A را در یک بالون ۱۰۰ میلی لیتری به حجم می‌رسانیم و محلول حاصل را محلول استاندارد B می‌نامیم. غلظت فرمالدهید در این محلول، بر حسب میکروگرم فرمالدهید بر میلی لیتر محلول از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$C_B = (C_A \times 1000 \times 1 \text{ mL}) / 100 \quad (\text{رابطه ۲})$$

تعداد ۷ لوله آزمایش ۱۶×۱۵۰ میلی متری را که دارای درپوش می‌باشند، از ۱ تا ۷ شماره گذاری کرده، سپس آب مقطر و محلول استاندارد B را در حجم‌های زیر به آنها اضافه می‌کنیم (جدول ضمیمه ۱).



شکل ۱ ضمیمه - دستگاه اسپکتروفوتومتر
سری ۱۰۰۰ مدل CEIL EE1020

اصلاح غلظت

همان طور که قبلاً گفته شد، درجه حرارت محیط اطراف دسیکاتور، در هر آزمایش هر نیم ساعت یادداشت شده و میانگین آنها به عنوان درجه حرارت آزمایش در نظر گرفته شد. در آزمایش‌هایی که این میانگین از درجه حرارت ۲۴ درجه سانتی‌گراد، انحراف داشت، غلظت محاسبه شده با استفاده از فرمول زیر که توسط Berg و همکاران ارائه شده، اصلاح گردید.

$$C_0/C = \exp[R(1/t - 1/t_0)] \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در این فرمول:

t ، درجه حرارت واقعی (میانگین درجه حرارت طی ۲ ساعت)

بر حسب درجه کلونین

t_0 ، درجه حرارت اصلاح شده بر حسب درجه کلونین

$$(t_0 = 24 + 273 = 297)$$

R ، مقدار ثابت و برابر ۹۷۹۹

C ، غلظت واقعی فرمالدهید در محلول و C_0 ، غلظت اصلاح شده

فرمالدهید در محلول می‌باشد.

نسبت C_0/C به ازای مقادیر مختلف t محاسبه و در جدولی به

نام جدول Berg و همکاران درج گردیده (جدول ۲ ضمیمه).

جدول (ضمیمه ۱) - نمونه‌های استاندارد برای رسم

منحنی کالیبراسیون

شماره لوله	حجم آب مقطر (میلی لیتر)	حجم محلول B (میلی لیتر)
۱	۴/۰	۰
۲	۳/۹	۰/۱۰
۳	۳/۷	۰/۳۰
۴	۳/۵	۰/۵۰
۵	۳/۳	۰/۷۰
۶	۳/۰	۱/۰۰
۷	۲/۰	۲/۰۰

آماده‌سازی نمونه‌ها برای تجزیه

به هر یک از لوله‌های آزمایش و همچنین لوله‌های ۱ تا ۷ مقدار ۰/۱ میلی‌لیتر اسید کروموتروپیک ۱٪ اضافه نموده و به منظور اختلاط کامل، لوله‌ها را تکان می‌دهیم. پس از آن به آرامی و با دقت، به هر یک از لوله‌های آزمایش و لوله‌های ۱ تا ۷، مقدار ۶ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه کرده و کاملاً تکان می‌دهیم تا هیچ‌گونه نشانه‌ای از کدوری در محلول مشاهده نگردد.

قرائت جذب بوسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر

عدد جذب نمونه‌های استاندارد و نمونه‌های آزمایش،

بوسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر سری ۱۰۰۰ مدل CEIL

EE1020 قرائت شد (شکل ۱ ضمیمه).

جدول (ضمیمه ۲-) - ضرایب تبدیل غلظت واقعی فرمالدهید به غلظت در درجه

حرارت °C ۲۴ (°F ۷۵)

ضریب تبدیل	درجه حرارت		ضریب تبدیل	درجه حرارت	
	درجه فارنهایت	درجه سانتی گراد		درجه فارنهایت	درجه سانتی گراد
۱/۰۰	(۷۵/۲)	۲۴/۰۰	۱/۲۵	(۷۱/۶)	۲۲/۰۰
۰/۹۷	(۷۵/۷)	۲۴/۲۵	۱/۲۲	(۷۲/۱)	۲۲/۲۵
۰/۹۵	(۷۶/۱)	۲۴/۵۰	۱/۱۸	(۷۲/۵)	۲۲/۵۰
۰/۹۲	(۷۶/۶)	۲۴/۷۵	۱/۱۵	(۷۳/۰)	۲۲/۷۵
۰/۹۰	(۷۷/۰)	۲۵/۰۰	۱/۱۲	(۷۳/۴)	۲۳/۰۰
۰/۸۷	(۷۷/۵)	۲۵/۲۵	۱/۰۹	(۷۳/۹)	۲۳/۲۵
۰/۸۵	(۷۷/۹)	۲۵/۵۰	۱/۰۶	(۷۴/۳)	۲۳/۵۰
۰/۸۲	(۷۸/۴)	۲۵/۷۵	۱/۰۳	(۷۴/۸)	۲۳/۷۵
۰/۸۰	(۷۸/۸)	۲۶/۰۰			

لازم به ذکر است که دمای آزمایش در کلیه آزمایش‌ها، ۲۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد؛ بنابراین ضریب تبدیل ۱

می‌باشد.

Evaluation of formaldehyde emissions from composite wood products

Barazandeh, M.M.^{*1}, Hosseinkhani, H.², Eshaghi, S.³ and Fakhrian, A.²

1*- Corresponding author, M.Sc., Wood and Forest Products Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Iran. Email: mbaraz@rifr-ac.ir

2- M.Sc., Wood and Paper Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Iran.

3- M.Sc., Wood and paper Science Faculty of Natural Resources, Tehran University, Iran.

Received: April, 2012

Accepted: March, 2013

Abstract

With respect to the effects of undesirable formaldehyde exposure to human health and to the environment, emission level of this gas from wood composite product was measured in order to introduce a practical method for evaluating the amount of its emission from glued wood products. In this regard, particleboards panels were prepared from *Haloxylon persicum* using particles with three different moisture gradients using urea-formaldehyde adhesive. Formaldehyde emissions were evaluated using desiccators' method according to ASTM D 5582-00. The results showed that the emission declines as the moisture gradient increases. The emission values were determined as 8.946 ppm, 6.312 ppm and 4.172 ppm for the particleboards with moisture gradients of 0, 2 and 4 percent, respectively. Increasing moisture gradient from 0 to 2 percent resulted in 29 percent and increasing moisture gradient from 2 to 4 percent resulted in 34 percent lower formaldehyde emissions, respectively. In addition, comparing the measured values with standard values showed that these particleboards should be only used in outdoor application rather than indoors.

Key words: Formaldehyde, particleboard, wood products, desiccator method.