

تعیین انتقال مونومر استایرن از ظروف پلی استایرنی شفاف به نوشیدنیهای داغ

دکتر محمود قاضی خوانساری،^{۱*} محمد رضا خاکسار،^۱ دکتر سید علی ابراهیم زاده موسوی،^۲ دکتر عبدالمجید چراغعلی^۳ و مهندس سکینه هاشمی جوادی^۴

چکیده:

ماده پلاستیکی پلی استایرن جزو مواد بسته بندی بسیار پر مصرف می باشد و در دهه های اخیر بطور بسیار گسترده و متنوع در تهیه ظرفهای یکبار مصرف مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به پتانسیل رو به رشد استفاده از این ظروف در سطح زندگی افراد جامعه، بررسی و تعیین انتقال مونومرهای سازنده آن بویژه مونومر استایرن به نوشیدنیهای داغ و تعیین ثبات و پایداری آن در برابر دما از لحاظ بهداشتی بسیار با اهمیت است، چرا که اثرات سمی مزمن این ماده بر سلسله اعصاب و کبد و دیگر ارگانها و اندام بدن بسیار مهم و قابل توجه است. تهیه نمونه ها بصورت استخراج از نمونه های آزمایشگاهی که همراه با بکارگیری فرآیند تقطیر بود، انجام گرفت و بعد آن با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با فشار بالا (HPLC) مرحله شناسایی و تعیین نمونه انجام گرفت قبل از تعیین نمونه های مجهول با استفاده از غلظتهای مشخص، منحنی استاندارد رسم گردید و نمونه مجهول با استفاده از آن تعیین غلظت گردید. با توجه به نتایج بدست آمده در مجموع روش مورد نظر، روشی حساس، سریع و همراه با تکرار پذیری قابل اطمینان به ویژه جهت تشخیص و تعیین مونومر استایرن می باشد. جهت انجام قابلیت تکرار و صحت روش یکسری مطالعات درون روز (within-day) و روز به روز (day to day) با استفاده از نمونه های بلانک آزمایشگاهی همراه با اضافه نمودن مقادیر مشخصی از مونومر استایرن به هر کدام از این نمونه ها انجام گرفت که حاکی از قابلیت تکرار پذیری روش بود. نتایج حاصل از مطالعات بازیافتی مبنی بر میانگین $94/58\%$ با محدوده بازیافت $95/23\% - 94/31\%$ بود. در نهایت در ۵۱ نمونه آزمایش شده از ظروف پلی استایرنی شفاف به میزان $9/56 - 7/07$ از مهاجرت مونومر استایرن به داخل مایع درون لیوان (آب داغ) تعیین گردید. لازم به ذکر است که حد تشخیص دستگاه برای مونومر استایرن برابر 1ppb ($0/001 \text{mg/kg}$) است. این مقدار از میزان مهاجرت مونومر استایرن از لیوان تعیین شده استاندارد بهداشتی بیشتر است. البته لازم به تذکر است که این ماده واجد خاصیت تراکم پذیری در یافت چربی بدن نیز می باشد و برای روشنتر شدن اثرات مخاطره آمیز آن نیاز به تحقیقات بالینی بیشتری است.

واژگان کلیدی: مونومر استایرن، ظرف یکبار مصرف، نوشیدنی داغ

*. عهده دار مکاتبات

۱. گروه داروشناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

۲. گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۳. گروه داروشناسی و سم شناسی دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله اعظم.

۴. آزمایشگاه لوازم کنترل دارو غذایی، آزمایشگاه بسته بندی.

مقدمه:

روی سیستم عصبی مرکزی (CNS) و کبد می‌باشد و حتی می‌تواند منجر به ایجاد شکستهای کروموزومی در لنفوسیت‌های انسان شود (Barale R. 1991).

اثرات سمی مونومراستایرن بر روی دستگاه تولید مثل، تنفس، سلسله اعصاب، دستگاه گوارش دستگاه لنفاوی، دستگاه خون ساز سایر اندامهای بدن طی دهه‌های اخیر بسیار مورد توجه محققان و مراکز پژوهشی بوده است، به طوری که نتیجه این تحقیقات حاکی از آسیب پذیر بودن بدن در مواجهه با مونومراستایرن بویژه در دستگاه تنفسی و گوارشی می‌باشد (Emma J. et al. 1995, Nigel A. et al. 2000).

استایرن به مقدار بسیار ناچیز در میوه‌ها، سبزیها و گوشت به علت انتقال از آبهای سطحی و خاک یافت می‌شود. نیمه عمر آن کمتر از دو روز است و در بافتهای داخلی حیوانات و انسان تجمع می‌یابد و طبق بررسی واکمن و همکارانش در سال ۱۹۹۷ میلادی تراکم این ماده در آبزیمان بیشتر از جانوران خشک زی صورت می‌گیرد (Environ.pro. A.g. 1998).

توزیع استایرن در محیط هم به صورت محیطی و هم به صورت شغلی مطرح می‌باشد که در هر دو حالت توجه به راههای انتقال این ماده از لحاظ تاثیر پذیری بر سلامتی موجودات زنده بسیار پر اهمیت است (Clarsky K.B. 1985).

در روشهای EPA, ACGIH, NIOSH, OSHA قوانین مربوط به استانداردهای مواجهه این ماده در محیط کار و زندگی بیان شده است و شاخصهای بهداشتی مربوطه تدوین و تبیین گشته است (Niosh Manula. 1999, Buckingham J.E. 1982, Environ. Pro. Ag. 1995).

بدین منظور تمامی مواد شیمیایی تولید کارخانه‌ها جهت تحقیقات عملی مد نظر قرار می‌گیرند تا بدین طریق شاخصهای بهداشتی مواجهه با این گونه مواد برای انسان و

امروزه میزان قابل توجه و چشمگیری از ماده پلاستیکی پلی استایرن در تولید انواع ظروف پلاستیکی یکبار مصرف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این زمینه طی سالهای اخیر مطالعات زیادی در مورد مهاجرت مونومر سازنده این گونه ظروف به داخل نوشیدنیها اعم از گرم یا سرد صورت گرفته است (Lickly T.D. et al. 1995).

میزان توزیع و انتقال این ماده شیمیایی از پلیمر پلاستیکی از لحاظ شیمیایی و بیولوژیکی بسیار مورد توجه اداره نظارت بر دارو و غذای ایالات متحده (Food and drug administration of America) بوده است و در تنظیم برنامه کاربرد کمی از این ماده مورد استفاده قرار گرفته است (Snyder R.C. and Breder 1985). استایرن یکی از عمده‌ترین مواد شیمیایی مورد استفاده در تولید انواع ظروف یکبار مصرف به ویژه لیوانهای یکبار مصرف از قبیل شفاف، مات و اسفنجی می‌باشد. مراکز بسته بندی و فروش مواد غذایی نیز از اصلی‌ترین محلهای به کارگیری این گونه ظروف می‌باشند (Tawfik M.S. and Huyghebaert 1998).

این ماده در بسته بندی محصولات لبنی از قبیل ماست، پنیر و خامه، و همچنین گوشت، تخم مرغ، آب میوه و بیسکویت به کار می‌رود. مونومراستایرن به کار رفته در بسته بندی پلاستیکی بنابر شرایط محیطی از قبیل دما قادر به مهاجرت از ظرف به داخل غذا و ورود به بدن می‌باشد. با ورود بخارات استایرنی مونومر به داخل بدن انسان اثرات قابل توجهی مانند ناراحتیهای پوستی و سوزش چشم، گلو و بینی به عنوان اثراتی که عمدتاً می‌تواند سریع ظاهر شوند، نمود پیدا می‌کند (Flanjak J. and Sharrard J. 1984).

اثرات مزمن مونومراستایرن مربوط به متابولیت‌های آن به ویژه اکسیداستایرن است که واجد اثرات بسیار مخرب بر

حیوانات تعیین شود و جهت تدوین و تبیین استانداردهای محیطی و زیستی بهکار رود. لذا با استفاده از مطالعات بلند مدت به ویژه بر روی کارگران صنایع مختلف در بخش صنعت در مواجهه شغلی با این ماده و بخش مصرف عمومی مردم و توجه به مطالعات آزمایشگاهی، سعی در افزایش سطح معلومات مستند به جهت آگاهی افراد جامعه در کاربرد مفید مطابق با شاخصهای ایمنی زیستی هدف عمده این تحقیقات است.

روش کار:

لیوانهای یکبار مصرف پلاستیکی شفاف با حجم ۲۰۰CC معروف به ظروف یکبار مصرف (General Purpose Polystyrene) به طور تصادفی از مراکز توزیع عمده در بازار تهیه گردید. لازم به ذکر است کارخانه‌های عمده این ظروف در شهریار متمرکز می‌باشد.

مواد شیمیایی لازم جهت آزمایش شامل استونیتریل و متانول (HPLC-grade) کلرید کلسیم ۲۰٪، مونومر استایرن با درجه خلوص ۹۹٪ از شرکت Merck آلمان تهیه شد.

در این تحقیق برای ارزیابی نمونه‌ها از یک دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (High Performance Liquid Chromatography) مدل WATER 600 استفاده گردید که به یک دستگاه رایانه با نرم افزار Data control متصل می‌باشد. همراه با این مجموعه یک آشکار ساز و ثبت نیز وجود دارد. مشخصات ستون مورد استفاده در دستگاه (HPLC) به صورت (Lichrosorb RP-18, ODS1) با ابعاد (۴.۶ mm, id: ۵ μm * ۲۵cm) است.

فاز متحرک آزمایش شامل آب دوبار تقطیر و استونیتریل به نسبت ۱ به ۳ می‌باشد و سرعت حرکت جریان فاز متحرک یک میلی لیتر در دقیقه می‌باشد. طول موج

آشکار ساز ۲۴۵ nm است، حجم هر نمونه تزریقی با استفاده از سرنگ هامیلتون برابر ۵۰ μlit می‌باشد و AUFS دستگاه ثبات برابر ۰/۰۰۵ است.

در ابتدا حلال استوک، از نمونه استاندارد از مونومر استایرن خالص با غلظتی برابر ۱۰۰ mg/lit در متانول تهیه می‌شود، و از این حلال کاری جهت اضافه نمودن به نمونه‌های استاندارد و مطالعات تایید صحت روش و بازیابی استفاده می‌گردد.

استخراج نمونه: جهت تهیه نمونه آزمایشگاهی، بعد از به جوش آوردن آب دوبار تقطیر، آنرا داخل لیوان یکبار مصرف شفاف می‌ریزیم و به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰°C در داخل اتوو قرار می‌دهیم. معیار این روش بر اساس شرایط مصوب آزمایشگاهی کمیته علمی اروپایی بصورت یک ساعت در ۱۰۰°C برای نوشیدنیهای داغ و ۲۴ ساعت در ۴۰°C برای نوشیدنیهای سرد است. بعد از این مدت، مقدار ۵۰ میلی لیتر از مایع داخل لیوان را به همراه میلی لیتر ۵۰ آب دوبار تقطیر و ۲۵ میلی لیتر استونیتریل داخل یک بالون ته گرد با حجم ۲۵۰ میلی لیتر می‌ریزیم و ۲ میلی لیتر کلرید کلسیم ۲۰٪ به آن اضافه می‌کنیم، سپس بالون را با یک مبرد ته صاف به مجموعه تقطیر متصل می‌نماییم و عمل تقطیر را به مدت یک ساعت ادامه می‌دهیم تا مقدار ۲۴ میلی لیتر از محلول از طریق قیف در یک بالون ژوژه با حجم ۲۵ میلی لیتر جمع شود و حجم آن را با آب دو بار تقطیر به ۲۵ میلی لیتر می‌رسانیم و از این مقدار ۵۰ میلی لیتر با سرنگ هامیلتون برداشته و به دستگاه HPLC تزریق می‌کنیم (Tawfik M.S. and Hugghebebaert A. 1998, EEC, Council. 1998).

جهت تهیه منحنی استاندارد، نمونه‌های عاری از مونومر استایرن را به ترتیب با غلظتهای ۵۰، ۲۰ و ۱۰ μlit و ۲/۵ از حلال کاری آلوده می‌سازیم و به طریقی که در بالا توضیح داده شده عمل تقطیر و استخراج نمونه را صورت می‌دهیم و در نهایت به دستگاه تزریق می‌نماییم. از روی نتایج به دست آمده منحنی استاندارد رسم می‌شود که روی آن

پاییز ۱۳۸۳، سال سوم، شماره سوم

می‌توان غلظت نمونه‌های مجهول را محاسبه نمود (Flaniak J. and Sharrard J. 1984).

جهت بررسی حساسیت و صحت روش علمی به ترتیب درون روز (within-day) و روز به روز (day to day) عمل تزریق صورت گرفت. در حالت درون روز به ترتیب غلظت‌های ۰/۱ ng/ml، ۰/۲۵ ng/ml و ۵ ng/ml در روز اول تا سوم و در هر روز به ازای ۵ بار آزمایش تزریق انجام گرفت. در حالت روز به روز نیز غلظت‌های ۵ ng/ml، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ طی ده روز تزریق روزانه انجام گرفت و نتایج جهت صحت مطالعه علمی مورد استناد قرار گرفت.

مطالعات بازیابی در این روش به صورت اضافه نمودن غلظت مشخص ۱ ng/ml از حلال کاری تهیه شده به دو مجموعه ۵ تایی انجام شد و مراحل استخراج و آماده سازی نمونه همان طوری که در بالا ذکر شد، انجام گرفت. محدوده تشخیص روش مورد نظر در نوشیدنیهای داغ در حد ۰/۰۰۱ mg/kg (1ppb) می‌باشد. اطلاعات به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری کامپیوتری instat مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج:

در این تحقیق در همه ۵۱ نمونه آزمایشگاهی لیوان یکبار مصرف شفاف که تهیه شده بود، مهاجرت مونومراستایرن مشاهده گردید. بر اساس نتایج بدست آمده بعد از تهیه منحنی استاندارد و ارزیابی آن ضریب همبستگی $r = 0.999$ از مجموع میانگین ده بار تعیین منحنی استاندارد مشاهده گردید. معادله منحنی استاندارد برای مونومراستایرن تعیین شده برای $y = 1/8 * 10^2 X + 2/7 * 10^3$ می‌باشد. در تعیین منحنی استاندارد از غلظت‌های ۵ ng/ml، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ مونومراستایرن به تعداد ده بار طی ده روز متوالی استفاده گردید و نتایج جهت تعیین غلظت‌های نمونه‌های مجهول استفاده شد. جهت تایید صحت روش از مطالعات درون روز

(within-day) و مطالعات روز به روز (day to day) نتایج به دست آمده به ترتیب در جداول ۲ و ۱ آمده است و شاخصهای مورد نظر از قبیل C.V. Coefficient (Variation) و یا ضریب تغییرات SD Standard Deviation) بیانگر صحت علمی روش تجربی می‌باشد. در روشهای مذکور ضریب تغییرات از ۲/۲ تا ۷/۶۴ متغیر بود و میزان غلظت اندازه گیری شده نمونه‌ها طی این مطالعات نزدیک به غلظت‌های تزریق شده بود.

نتایج حاصل از مطالعات بازیابی، میانگین ۹۴/۵۸٪ از محدوده ۹۵/۲۳-۹۴/۳۱ از بررسی نمونه های بازیابی حاصل آمد. نتایج براساس معدل سه بار تعیین از هر نمونه به صورت جداگانه می باشد. در مجموع میزان بازیابی مناسب و خوب است.

در جدول شماره ۳ مقایسه میزان مهاجرت مونومراستایرن بر حسب درصد نمونه آزمایشگاهی نسبت به تعداد کل نمونه های اندازه گیری شده و محدوده غلظت مهاجرت بر حسب ng/ml دیده می‌شود که تعداد ۳۹ نمونه واجد محدوده مهاجرتی برابر ۸-۷ ng/ml (ppb) بودند و تعداد ۷ نمونه میزان مهاجرتی بین ۹-۸ ng/ml (ppb) را نشان دادند و در ۵ نمونه نیز میزان مهاجرتی بیش از ۹ ng/ml (ppb) مشاهده گردید.

در شکل شماره ۱ کرمانتوگرام مربوط به مونومراستایرن بعد از تزریق نمونه مجهول رسم گردیده است. در این کرمانتوگرام پیک اول مربوط به استونیتریل می‌باشد که واجد زمان بازداری (retention time)، ۱/۶۵ دقیقه می‌باشد و پیک دوم مربوط به مونومراستایرن با زمان باز داری ۴/۵۳ دقیقه است. در تمامی پیکهای مربوط به نمونه‌های مجهول زمان بازداری مونومراستایرن برابر ۴/۵۳ دقیقه بوده است.

همان طوری که قبلاً اشاره شده حداقل غلظت نمونه‌ها در این روش تا حد ۱ ppb تشخیص داده شده است شرایط آزمایش در هیچ آزمایشی تغییر نکرده و مطابق توصیه روش همان یک ساعت در $100^{\circ}C$ بوده است. نتیجه کلی این که

تشخیص کمی مونومراستایرن با استفاده از این روش در مجموع روشی حساس با دقت بالا می‌باشد ولی باید توجه داشت چون در اینجا از دستگاه HPLC استفاده می‌شود کار با آن نیاز به توجه و دقت فراوان دارد تا در تشخیص نمونه و اندازه‌گیری غلظت آن خللی وارد نشود.

بحث:

با توجه به آزمایشات انجام شده مونومراستایرن در تمامی نمونه‌های نوشیدنیهای داغ دیده شد و مقدار تعیین شده در این نمونه‌ها بین $7/07-9/56 \text{ ng/ml (ppb)}$ متغیر است که در لیوانهای پلاستیکی شفاف دیده می‌شود. همچنین به نظر می‌رسد که دما به عنوان یک عامل مهم می‌تواند باعث مهاجرت مونومراستایرن گردد. با بررسی مقدار مهاجرت مونومراستایرن از کل مونومراستایرن به کار رفته در ظرف و با توجه به این که در بین ظروف بین $150-200 \text{ ppm}$ سطح مونومراستایرن وجود دارد، میزان مهاجرت مشاهده شده معادل میانگین $0/05\%$ کل مونومراستایرن به کار رفته در ظرف می‌باشد. این مقدار از مونومراستایرن موجود در مقایسه استاندارد جهانی کنگره آژانس محافظت محیط زیست (Environmental Protection Agency) شامل مقداری بیشتر از استاندارد (Maximum Contaminant Level Goal) MCLG مربوط به نوشیدنیها می‌شود که همان حداکثر تراز آلودگی مطلوب است که بین سالهای ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱ به میزان 5 ppb تعیین گردیده است. در واقع این حد مونومراستایرن تعیین و تشخیص داده شده در نمونه‌های آزمایش شده از این استاندارد بالاتر است و این میزان نیز همان طوری که اشاره شده با توجه به عامل دما بررسی شده است. در اینجا به چند نمونه گزارش از شرایط آزمایشگاهی و نتایج به دست آمده مشابه با این تحقیق می‌پردازیم.

میزان مهاجرت مونومراستایرن با افزایش دما و همچنین زمان ماندگاری افزایش می‌یابد و به بیش از 12 ppb می‌رسد (Ramshow E.M. 1984).

مقدار مونومراستایرن اندازه‌گیری شده در نمونه‌های غذایی مختلف از قبیل نوشیدنی داغ مانند چای بین $7-8 \text{ ppb}$ تعیین گردید که در اینجا هم دما به عنوان مهمترین عامل مهاجرت معرفی شده است (Synder R.C. and Breder (V. 1985).

دو گزارش دیگر بر اساس دو تحقیق صورت گرفته توسط وارنر و همکارانش در سالهای ۱۹۸۱ و ۱۹۸۳ ارائه شده است. گزارش اول که تعیین میزان مهاجرت توسط دستگاه GC(Head Space) صورت گرفته است، نشان می‌دهد که با افزایش دما از 40°C تا 100°C میزان مهاجرت نیز افزایش قابل توجهی داشته است و به میزان $13-14 \text{ ppb}$ رسیده است و در گزارش دوم که بر اساس تحقیق سال ۱۹۸۳ انتشار یافته است با اندازه‌گیری توسط روش HPLC نیز همان نتایج دیده شد، ولی در اینجا هم افزایش دما و هم میزان ماندگاری مواد غذایی در این گونه ظروف بررسی گردید که با افزایش این دو عامل به صورت همزمان، افزایش میزان مهاجرت تا حد 15 ppb دیده شده است (Varner S.L. and Breder (C.V. 1981, Varner S.L. et al., 1983).

طبق گزارش میزان مونومراستایرن تعیین شده در ظروف پلی استایرنی شفاف در قبال نوشیدنیهای داغ به ویژه آب جوش بر بار 7 ppb در شرایط یک ساعت در 100°C و 14 ppb در شرایط آزمایشگاهی دو ساعت در همین دما است. با توجه به این گزارش براساس تحقیق انجام شده، با افزایش زمان ماندگاری، مقدار مهاجرت مونومراستایرن به نوشیدنی افزایش می‌یابد و به 17 ppb می‌رسد (Tawfik (M.S. and Huyghebaert. A. 1998).

در گزارش مربوط به $98/8/\text{EEC}$ کمیسیون اروپایی، شرایط تست آزمایشگاهی برای نوشیدنیهای داغ در ظروف پلی استایرنی باید واجد بدترین شرایط باشد تا حداکثر میزان مهاجرت را بتوان تعیین نمود که در این تحقیق و منابع آن مطابق آن عمل گردیده است و البته در این جا تمرکز بر تاثیر پذیری دما در میزان مهاجرت انجام گرفته است (EEC,

(Counci, 1998).

مونومراستایرن در تهیه ظروف یکبار مصرف پلاستیکی و گستردگی مصرف این گونه ظروف در سطح جامعه، تحقیقات بیشتری در زمینه های مختلف پزشکی را در این مورد می طلبد.

تشکر و قدردانی:

بدین وسیله از راهنمایها و مساعدتهای علمی دکتر سیدابوالقاسم کاهانی استادیار گروه شیمی دانشگاه کاشان که در ضمن انجام این تحقیق مساعدتهای لازم را مبذول داشتند قدردانی و تشکر می نمایم.

در ادامه باید بدین نکته تصریح نمود که باتوجه به خاصیت تجمع پذیری مونومراستایرن به ویژه در بافت چربی و ماندگاری آن در بدن و همچنین سمی بودن متابولیت های آن مانند اکسید استایرن که واجد اثرات مزمن خطرناکی بر بدن هستند نسبت به استفاده از این گونه ظروف به ویژه در مورد نوشیدنیهای داغ دقت عمل صورت گیرد تا افراد جامعه از خطر پذیری کمتری نسبت به این ماده برخوردار باشند (Barele R. 1991).
در آخر باید تاکید شود که با توجه به کاربرد وسیع

جدول ۱ - تایید صحت روش به صورت (within-day) برای ۳ غلظت پایین، متوسط و بالا (۰/۲۵، ۱، ۵ ng/ml)

۰/۲۵ ng/ml	۱ ng/ml	۵ng/ml	دُز و غلظت آزمایش
روز اول - غلظت پایین	روز دوم - غلظت متوسط	روز سوم - غلظت بالا	
۰/۲۴۵ ng/ml	۰/۹۸۲ ng/ml	۴/۸۵ ng/ml	اول
۰/۲۴۵ ng/ml	۰/۹۸۸ ng/ml	۵/۰۲ ng/ml	دوم
۰/۲۴۹ ng/ml	۰/۹۷۶ ng/ml	۵/۱۱ ng/ml	سوم
۰/۲۵۲ ng/ml	۰/۹۵۱ ng/ml	۴/۷۲ ng/ml	چهارم
۰/۲۴۷ ng/ml	۰/۹۶۲ ng/ml	۴/۶۸ ng/ml	پنجم
۰/۲۴۸۷	۰/۹۷۱۸	۴/۸۷۶۰	Mean
۰/۰۰۹	۰/۰۲۱	۰/۳۱	SD
۳/۶۱	۲/۲	۶/۳۵	CV

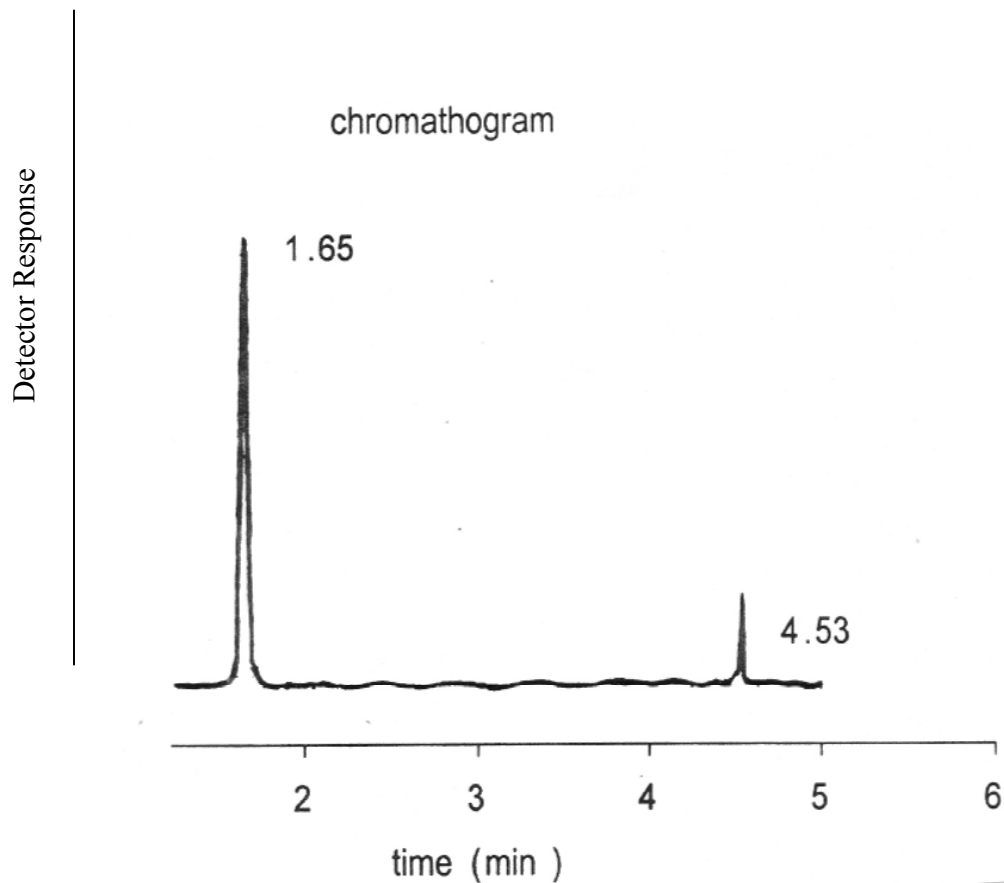
جدول ۲ - تایید صحت روش کار به صورت (day to day) برای ۵ غلظت (۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲، ۵ ng/ml) برای ده روز متوالی

غلظت	۵ ng/ml	۲ ng/ml	۱ ng/ml	۰/۵ ng/ml	۰/۲۵ ng/ml	ذُر
اول	۴/۹۶ ng/ml	۱/۸۵ ng/ml	۰/۹۶۸ ng/ml	۰/۴۸۱ ng/ml	۰/۲۴۳ ng/ml	
دوم	۴/۹۵ ng/ml	۱/۹۴ ng/ml	۰/۹۸۵ ng/ml	۰/۴۹۰ ng/ml	۰/۲۵۸ ng/ml	
سوم	۵/۰۴ ng/ml	۱/۹ ng/ml	۰/۹۵۶ ng/ml	۰/۴۷۴ ng/ml	۰/۲۴۵ ng/ml	
چهارم	۵/۰۱ ng/ml	۱/۹۹ ng/ml	۰/۹۸۱ ng/ml	۰/۴۹۱ ng/ml	۰/۲۴۷ ng/ml	
پنجم	۴/۸۷ ng/ml	۲/۰۵ ng/ml	۰/۹۸۹ ng/ml	۰/۵۰۲ ng/ml	۰/۲۵۱ ng/ml	
ششم	۴/۹۰ ng/ml	۲/۱۵ ng/ml	۰/۹۱۰ ng/ml	۰/۴۸۵ ng/ml	۰/۲۵۰ ng/ml	
هفتم	۴/۹۵ ng/ml	۳/۳۲ ng/ml	۰/۹۹۲ ng/ml	۰/۴۷۶ ng/ml	۰/۲۴۷ ng/ml	
هشتم	۴/۹۳ ng/ml	۲/۱۱ ng/ml	۰/۹۷۴ ng/ml	۰/۴۸۰ ng/ml	۰/۲۴۹ ng/ml	
نهم	۴/۸۵ ng/ml	۱/۸۲ ng/ml	۰/۹۶۸ ng/ml	۰/۵۱۰ ng/ml	۰/۲۴۹ ng/ml	
دهم	۴/۸۶ ng/ml	۱/۷۷ ng/ml	۰/۹۹۴ ng/ml	۰/۴۹۵ ng/ml	۰/۲۴۸ ng/ml	
Mean	۴/۸۲۸	۱/۹۹	۰/۹۷۸۷	۰/۴۸۸۶	۰/۲۴۸۷	
SD	۰/۰۸۵	۰/۰۴۴	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۱۹	
C.V	۱/۷۲	۲/۲۱	۲/۵۵	۵/۱۱	۷/۶۴	

ضریب تغییرات: C.V(Coefficient variation) انحراف معیار: SD(Standard deviation)

جدول ۳ - درصد مقدار مونومر استایرن موجود در نمونه ظروف پلی استایرن شفاف

تعداد نمونه آزمایشگاهی	درصد نمونه = $\frac{\text{تعداد نمونه اندازه گیری شده}}{\text{تعداد کل نمونه ها}} \times 100$	محدوده غلظت بر حسب ppb (ng/ml)
۳۹	۷۶/۵	۷-۸
۷	۱۳/۷۵	۸-۹
۵	۹/۷۵	>۹



شکل ۱ - کروماتوگرام مربوط به مونومراستایرن که در نتیجه ارزیابی از تزریق نمونه مجهول آزمایشگاهی به دست آمده است. مشخصات ستون مورد نظر به صورت (۲۵cm * ۴.۶ mm, id : ۵ μm) می باشد. پیک اول مربوط به استونیتریل (فاز متحرک) است که زمان بازداری آن ۱.۶۵ دقیقه است و پیک دوم مربوط به مونومراستایرن با زمان بازداری ۰.۵۳ دقیقه می باشد. طول موج تشخیص (u.v) در ۲۴۵ نانومتر ، AUFS دستگاه برابر ۰/۰۰۵ و سرعت جریان فاز متحرک برابر یک میلی لیتر در دقیقه می باشد.

- Washington D.C, Government Printing Office.
- Ramshaw E.M. (1984) Off-flavour in packaged foods. *CSIRO food Research Quarterly*, **44**:83-88. Styrene migration. *Fd add and con.* **15**(5): 592-599.
- Snyder R.C. and Breder V. (1985) New FDA migration cell used to study migration of styrene from polystyrene into various solvent. *Journal of the association of official Analytical chemists International.* **88**:770-775.
- Tawfik M.S. and Huyghebaert A. (1998) Polystyrene cups and containers: styrene migration. *F d add con.* **15**(5): 592- 599.
- Varner S.L. and Breder C.V. (1981) Headspace sampling and gas chromatographic determination of styrene migration from food - contact polystyrene Cups into beverage and food simulants. *Journal of the Association of official Analytical chemists international.* **64**: 1122- 1130.
- Varner S.L., Breder C.V. and Fazio T.(1983) Determination of styrene migration from food-contact polymer, by using reversed-phase high-performance liquid chromatography . *journal of the Association of Official Analytical Chemist Internationa.* **66**:1067-1073.
- Barale R.(1991)The genetic toxicology of styrene and styrene oxide. *Mutation Research.* **257**:107-126.
- Buckingham J.E. (1982) Dictionary of Organic Compound. *Champah and hall*, New York. **5**: 5071-5075.
- Clarsky K.B. (1985) Suspect Chemical Source book: A Guide to industrial chemical covered under major federal regulatory and advisory .
- EEC,council (1998)Directive of amending council Directive laying down the Basic rules necessary for testing migration of the constituents of plastic materials and articles intended to come in to contact with foodstuffs. *official journal of the European community.* **90**:14.04., 22.
- Emma J., Sherrington B.A., Hons b. Philip A. and Routledge M.D.(1995) The Toxicity of Styrene Monomer. *Adverse Drug React. Toxicol. Rev.* 2001. **20**(1): 9-35.
- Environ. Pro. Ag.(1995) Summery of Data reported and evalution, **60**:33 – [online].
- Environ. pro. Ag. National (1998) Primary Drinking water regulation Drinking water and Health .EPA. **60**: 43.
- Flanjak J. and Sharrad J. (1984) Quantitative Analysis of Styrene Monomer in Food. *Sci. food Agric*, **35**, 457-462. <http://19305/0164011/htdocs/monographs/vol60> .
- Lickly T.D., LEHR K.M. and Welsh G.C. (1995) Migration of Styrene from Polystyrene foam food-contact article. (1984) *Fd chem. Toxic.* **33**(6): 475-481.
- Nigel A., Broun G., James C., Lamb A., Shanna M., Brown A. and Barbara H.(2000) Review of the Developmental and *Reproductive Toxicity of Styrene. Regulatory Toxicology and Pharmacology.* **32**: 228-247.
- Niosh Manual Analytical Method; (1999) Method of 8301, Fourt Edition,

منابع :

DETERMINATION OF MIGRATION OF POLYSTYRENE (PS) FROM GPPS (GENERAL PURPOSE POLYSTYRENE) CUPS TO HOT DRINKS

Ghasi - Khansari M.^{* 5}, Ph.D; Khaksar M.¹, MSc; Ebrahym Zadeh Mosave S.A.⁶, Ph.D; Cheraghali A.⁷, Ph.D; Hashemje Javade S.⁸, MSc

Polystyrene plastic material is a part of important packaging materials that is widely used. In recent decades, It is excessively applied in manufacturing of *disposable drinking containers*. Temperature is an important factor in determination the stability styrene monomer. The migration of styrene monomer in to hot drinks may cause chronic toxic effect in nervous system, liver and other organ of body.

In this study, 51 samples of hot water (100°C) Standing for 60 min were used. Then extraction and distillation of samples were down. thereafter, 50 µlit of preprated sample were injected into HPLC (high performance liquid chromatogarchy) for determination of styrene monomer. The response of the detection system is linear for styrene monomer from 0/25 to 5 ng/ml. This method offer a quick, Sensitive and reliable procedure for specifically for determining of styrene monomer. For the reproducibility of method performed studies of within-day and day to day from independently prepared sample by spiking blank with amount of analyte. The results of the recovery study for styrene monomer were mean 94/58% (range 94/31-95/23%). The limit detection of 0.001 mg/kg (1ppb). The mean contant of styrene monomer was 7/61±0/1 ng/kg (range 7/07 - 9/56).

The concentration of styrene monomer in this study was above the EPA recommended levels. More study are needed to further elucidate this finding.

Key words: *Styrene monomer, Disposable drinking containers, Hot drinks.*

*. Author to Whom all correspondence should be addressed.

⁵. Department of pharmacology, Faculty of medicine , Tehran Univercity of Medical Science.

⁶. Department of food industrials, faculty of Agriculture, Tehran University.

⁷. Department of Pharmacology and Toxicology, Baghyyatollah University of medical scieece, Tehran, Iran.

⁸. Department of Packaging of labratories administration controle of food and drug.

