

## تعیین انتقال مونومراستایرن از ظروف پلی استایرنی شفاف به نوشیدنیهای داغ

دکتر محمود قاضی خوانساری<sup>\*</sup>، محمد رضا خاکسار<sup>۱</sup>، دکتر سید علی ابراهیم زاده موسوی<sup>۲</sup>، دکتر عبدالجبار چراغعلی<sup>۳</sup> و مهندس سکینه هاشمی جوادی<sup>۴</sup>

### چکیده:

ماده پلاستیکی پلی استایرن جزو مواد بسته بندی بسیار پر مصرف می‌باشد و در دهه‌های 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 اینه ظروف در سطح زندگی افراد جامعه، بررسی و تعیین انتقال مونومرهای سازنده آن بویژه مونومراستایرن 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 نمونه‌ها بصورت استخراج از نمونه‌های آزمایشگاهی که همراه با یکارگیری 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 نمونه‌های مجهول با استفاده از غلاظتهای مشخص، منحنی استاندارد رسم گردید و نمونه مجهول با استفاده از آن تعیین غلاظت 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 مونومراستایرن می‌باشد. جهت انجام قابلیت تکرار و صحت روش یکسری مطالعات درون روز (within-day) و روز به روز (day to day) با استفاده از نمونه‌های بلانک آزمایشگاهی همراه با اضافه نمودن مقادیر مشخصی از مونومراستایرن به هر کدام از این نمونه‌ها انجام گرفت که حاکی از قابلیت تکرار پذیری روش بود. نتایج حاصل از مطالعات بازیافتی مبنی بر میانگین ۹۴/۵۸٪ با محدوده بازیافت ۹۴/۳۱-۹۵/۲۳٪ بود. در نهایت در ۵۱ نمونه آزمایش شده از ظروف پلی استایرنی شفاف به میزان ۹/۵۶ ppb - ۷/۰۷ از مهاجرت مونومراستایرن به داخل مایع درون لیوان (آب داغ) تعیین گردید. لازم به ذکر است که حد تشخیص دستگاه برای مونومراستایرن برابر (1ppb) ۰/۰۰۱mg/kg است. این مقدار از میزان مهاجرت مونومراستایرن از میزان تعیین شده استاندارد بهداشتی بیشتر است. البته لازم به تذکر است که این ماده واجد خاصیت تراکم پذیری دریافت چربی بدن نیز می‌باشد و برای روشنتر شدن اثرات مخاطره آمیز آن نیاز به تحقیقات بالینی بیشتری است.

**واژگان کلیدی:** مونومراستایرن، ظرف یکبار مصرف، نوشیدنی داغ

\*. عهده دار مکاتبات

<sup>۱</sup>. گروه داروشناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

<sup>۲</sup>. گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

<sup>۳</sup>. گروه داروشناسی و سم شناسی دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله اعظم.

<sup>۴</sup>. آزمایشگاه لوازم کنترل داروغذایی، آزمایشگاه بسته بندی.

## مقدمه:

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

اثرات سمی مونومراستایرن بر روی دستگاه تولید مثل، تنفس، سلسله اعصاب، دستگاه گوارش دستگاه لفواوی، 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 مواجه 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 آبزیان بیشتر از جانوران خشک‌زی صورت می‌گیرد (A.g. Environ.pro. 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 تأثیرپذیری 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 تعامی 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 اصلی ترین 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 یسکویت 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 مزمم مونومراستایرن مربوط به متابولیتهای آن به ویژه اکسیداستایرن است که واجد اثرات بسیار محرب بر

آشکار ساز  $245\text{ nm}$  است، حجم هر نمونه تزریقی با استفاده از سرنگ هامیلتون برابر  $50\text{ }\mu\text{l}$  می باشد و AUFS دستگاه ثبات برابر  $0.005$  است.

در ابتدا حلال استوک، ازنمونه استاندارد از مونومراستایرن خالص با غلظتی برابر  $100\text{ mg/lit}$  در متابول تهیه می شود، و از این حلال کاری جهت اضافه نمودن به نمونه های استانداردها و مطالعات تایید صحت روش و بازیابی استفاده می گردد.

استخراج نمونه: جهت تهیه نمونه آزمایشگاهی، بعد از به جوش آوردن آب دوبار تقطیر، آنرا داخل لیوان یکبار مصرف شفاف می ریزیم و به مدت یک ساعت در دمای  $100^{\circ}\text{C}$  در داخل اتوو قرار می دهیم. معیار این روش بر اساس شرایط مصوب آزمایشگاهی کمیته علمی اروپایی بصورت یک ساعت در  $100^{\circ}\text{C}$  برای نوشیدنیهای داغ و  $24$  ساعت در  $40^{\circ}\text{C}$  برای نوشیدنیهای سرد است. بعد از این مدت، مقدار  $50$  میلی لیتر از مایع داخل لیوان را بهمراه میلی لیتر  $50$  آب دوبار تقطیر و  $25$  میلی لیتر استونیتریل داخل یک بالون ته گرد با حجم  $250$  میلی لیتر می ریزیم و  $2$  میلی لیتر کلرید کلسیم  $20\%$  به آن اضافه می کنیم، سپس بالون را با یک مبرد ته صاف به مجموعه تقطیر متصل می نماییم و عمل تقطیر را به مدت یک ساعت ادامه می دهیم تا مقدار  $24$  میلی لیتر از محلول از طریق قیف در یک بالون ژوژه با حجم  $25$  میلی لیتر جمع شود و حجم آن را با آب دو بار تقطیر به  $25$  میلی لیتر می رسانیم و از این مقدار  $50$  میلی لیتر با سرنگ هامیلتون برداشته و به دستگاه HPLC تزریق می کنیم (Tawfik M.S. and Hugghebebaert A. 1998, EEC, Council. 1998).

جهت تهیه منحنی استاندارد، نمونه های عاری از مونومراستایرن را به ترتیب با غلظتهاي  $\mu\text{l}$   $50$  و  $20$  و  $10$  و  $5$  و  $2/5$  از حلال کاری آلوده می سازیم و به طریقی که در بالا توضیح داده شده عمل تقطیر و استخراج نمونه را صورت می دهیم و در نهایت به دستگاه تزریق می نماییم. از روی نتایج به دست آمده منحنی استاندارد رسم می شود که روی آن

پاییز ۱۳۸۳ ، سال سوم ، شماره سوم

حیوانات تعیین شود و جهت تدوین و تبیین استانداردهای محیطی و زیستی به کار 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 این زیستی هدف عمده این تحقیقات است.

## روش کار:

لیوانهای یکبار مصرف پلاستیکی شفاف با حجم  $200\text{ cc}$  معروف به ظروف یکبار مصرف GPPS (General Purpose Polystyrene) به طور تصادفی از مراکز توزیع عمده در بازار تهیه گردید. لازم به ذکر است کارخانه های عمده این ظروف در شهریار متتمرکز می باشد.

مواد شیمیایی لازم جهت آزمایش شامل استونیتریل و متانول (HPLC-grade) کلرید کلسیم  $20\%$ ، مونومراستایرن با درجه خلوص  $99\%$  از شرکت Merck آلمان تهیه شد.

در این تحقیق برای ارزیابی نمونه ها از یک دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) (High Performance Liquid Chromatography) مدل WATER 600 استفاده گردید که به یک دستگاه رایانه با نرم افزار Data control متصل می باشد. همراه با این مجموعه یک آشکار ساز و ثبات نیز وجود دارد. مشخصات ستون مورد استفاده در دستگاه (HPLC) به صورت Lichrosorb RP-18، ODS1) (با ابعاد  $5\text{ }\mu\text{m}$ , id:  $4.6\text{ mm}$ ,  $* 25\text{ cm}$ ) است.

فاز متحرک آزمایش شامل آب دوبار تقطیر و استونیتریل به نسبت  $1$  به  $3$  می باشد و سرعت حرکت جریان فاز متحرک یک میلی لیتر در دقیقه می باشد. طول موج

(day to day) و مطالعات روز به روز (within-day) نتایج به دست آمده به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آمده است و شاخصهای مورد نظر از قبیل C.V (Coefficient Standard Variation) و یا ضریب تغییرات (Standard Deviation) بیانگر صحت علمی روش تجربی می‌باشد. در روشهای مذکور ضریب تغییرات از ۰/۶۴ تا ۰/۷۶ متغیر بود و میزان غلظت اندازه گیری شده نمونه‌ها طی این مطالعات نزدیک به غلظتهای تزریق شده بود.

نتایج حاصل از مطالعات بازیابی، میانگین ۵۸/۹٪ از محدوده ۲۳-۹۵٪ از بررسی نمونه‌های بازیابی حاصل آمد. نتایج براساس معدل سه بار تعیین از هر نمونه به صورت جداگانه می‌باشد. 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 نمونه‌های اندازه گیری شده و محدوده غلظت مهاجرت بر حسب ng/ml دیده می‌شود که تعداد ۳۹ نمونه واجد محدوده مهاجرتی برابر (ppb) ۷-۸ ng/ml و تعداد ۷ نمونه میزان مهاجرتی بین (ppb) ۸-۹ ng/ml را نشان دادند و در ۵ نمونه نیز میزان مهاجرتی بیش از (ppb) ۹ ng/ml مشاهده گردید.

در شکل شماره ۱ کروماتوگرام مربوط به مونومراستایرن بعد از تزریق نمونه مجهول رسم گردیده است. در این کروماتوگرام پیک اول مربوط به استونتریل می‌باشد که واجد زمان بازداری (retention time)، ۰/۶۵ دقیقه می‌باشد و پیک دوم مربوط به مونومراستایرن با زمان باز داری ۰/۵۳ دقیقه است. در تمامی پیکهای مربوط به نمونه‌های مجهول زمان بازداری مونومراستایرن برابر ۰/۵۳ دقیقه بوده است.

همان طوری که قبل اشاره شده حداقل غلظت نمونه‌ها در این روش تاحد ppb ۱ تشخیص داده شده است شرایط آزمایش در هیچ آزمایشی تغییر نکرده و مطابق توصیه روش همان یک ساعت در ۱۰۰°C بوده است. نتیجه کلی این که

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 ۰/۲۵ ng/ml، ۰/۱ ng/ml و ۰/۰۵ ng/ml اول تا سوم و در هر روز به ازای ۵ بار آزمایش تزریق انجام گرفت. در حالت روز به روز نیز غلظتهای ۰/۰۵ ng/ml، ۰/۱ ng/ml و ۰/۰۲۵ ng/ml 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 حلal 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 (ppb) ۰/۰۰۱ mg/kg می‌باشد. اطلاعات به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری کامپیوتري 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 = ۰/۹۹۹ از مجموع میانگین ده بار تعیین منحنی استاندارد مشاهده گردید. معادله منحنی استاندارد برای مونومراستایرن تعیین شده برای  $y = 1/8 * 10^3 + 2/7 * 10^3 X$  می‌باشد. در ۰/۰۵ 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

## بحث:

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.

مقدار مونومراستایرن اندازه گیری شده در نمونه های غذایی مختلف از قبیل نوشیدنی داغ مانند چای بین ۷-۸ ppb تعیین گردید که در اینجا هم دما به عنوان مهمترین عامل مهاجرت معروفی 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 Spase) صورت گرفته است، نشان می دهد که با افزایش دما از  $40^{\circ}\text{C}$  تا  $100^{\circ}\text{C}$  میزان مهاجرت نیز افزایش قابل توجهی داشته است و به میزان ۱۴ ppb ارسیده است و در گزارش دوم که بر اساس تحقیق سال ۱۹۸۳ انتشار یافته است با اندازه گیری توسط روش HPLC نیز همان نتایج دیده شد، ولی در اینجا هم افزایش دما و هم میزان ماندگاری مواد غذایی در این گونه ظروف برسی گردید که با افزایش این دو عامل به صورت همزمان، افزایش میزان مهاجرت تا حد Varner S.L. and Breder ۱۵ ppb دیده شده است (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 ۷ ppb در شرایط یک ساعت در  $100^{\circ}\text{C}$  و  $14\text{ppb}$  در شرایط آزمایشگاهی دو ساعت در همین دما است. با توجه به این گزارش بر اساس تحقیق انجام شده، با افزایش زمان ماندگاری، مقدار مهاجرت مونومراستایرن به نوشیدنی افزایش می یابد و به  $17\text{ppb}$  رسید (Tawfik M.S. and Huyghebaert A. 1998).

در گزارش مربوط به ۹۸/۸/EEC کمیسیون اروپایی، شرایط تست آزمایشگاهی برای نوشیدنیهای داغ در ظروف پلی استایرنی باید واجد بدترین شرایط باشد تا حداقل میزان مهاجرت را بتوان تعیین نمود که در این تحقیق و منابع آن مطابق آن عمل گردیده است و البته در اینجا تمرکز بر تاثیر پذیری دما در میزان مهاجرت انجام گرفته است (EEC,

با توجه به آزمایشات انجام شده مونومراستایرن در تمامی نمونه های نوشیدنیهای داغ دیده شد و مقدار تعیین شده در این نمونه ها بین  $7.07-9.56\text{ ng/ml}$  (ppb) متغیر است که در لیوانهای پلاستیکی شفاف دیده می شود. همچنین به نظر می رسد که دما به عنوان یک عامل مهم می تواند 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  $150-200\text{ ppm}$  میانگین  $0.005\%$  کل مونومراستایرن به کار رفته در ظرف می باشد. این مقدار از مونومراستایرن موجود در مقایسه استاندارد جهانی کنگره آزادسی محافظت محیط زیست (Environmental Protection Agency) شامل Maximum Contaminant Level Goal (MCLG) مربوط به نوشیدنیها می شود که همان حداقل تراز آلودگی مطلوب است که بین سالهای ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱ به میزان  $5\text{ ppb}$  تعیین گردیده است. در واقع این حد مونومراستایرن تعیین و تشخیص داده شده در نمونه های 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 می پردازم.

میزان مهاجرت مونومراستایرن با افزایش دما و همچنین زمان ماندگاری افزایش می یابد و به بیش از  $12\text{ ppb}$  می رسید (Ramshaw E.M. 1984).

(Council, 1998)

مونومر استایرن در تهیه ظروف یکبار مصرف پلاستیکی و گسترده‌گی مصرف این گونه ظروف در سطح جامعه، تحقیقات بیشتری در زمینه‌های مختلف پزشکی را در این مورد می‌طلبد.

در ادامه باید بدین نکته تصريح نمود که با توجه به خاصیت تجمع پذیری مونومر استایرن به ویژه در بافت چربی و مانندگاری آن در بدن و همچنین سمی بودن متابولیتهای 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 روشن به صورت (within-day) برای ۳ غلظت پایین، متوسط و بالا (۰/۲۵، ۱، ۵ ng/ml)**

۰/۲۵ ng/ml	۱ ng/ml	۵ ng/ml	ذُر و غلظت آزمایش
روز اول- غلظت پایین	روز دوم- غلظت متوسط	روز سوم- غلظت بالا	
۰/۹۴۵ 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

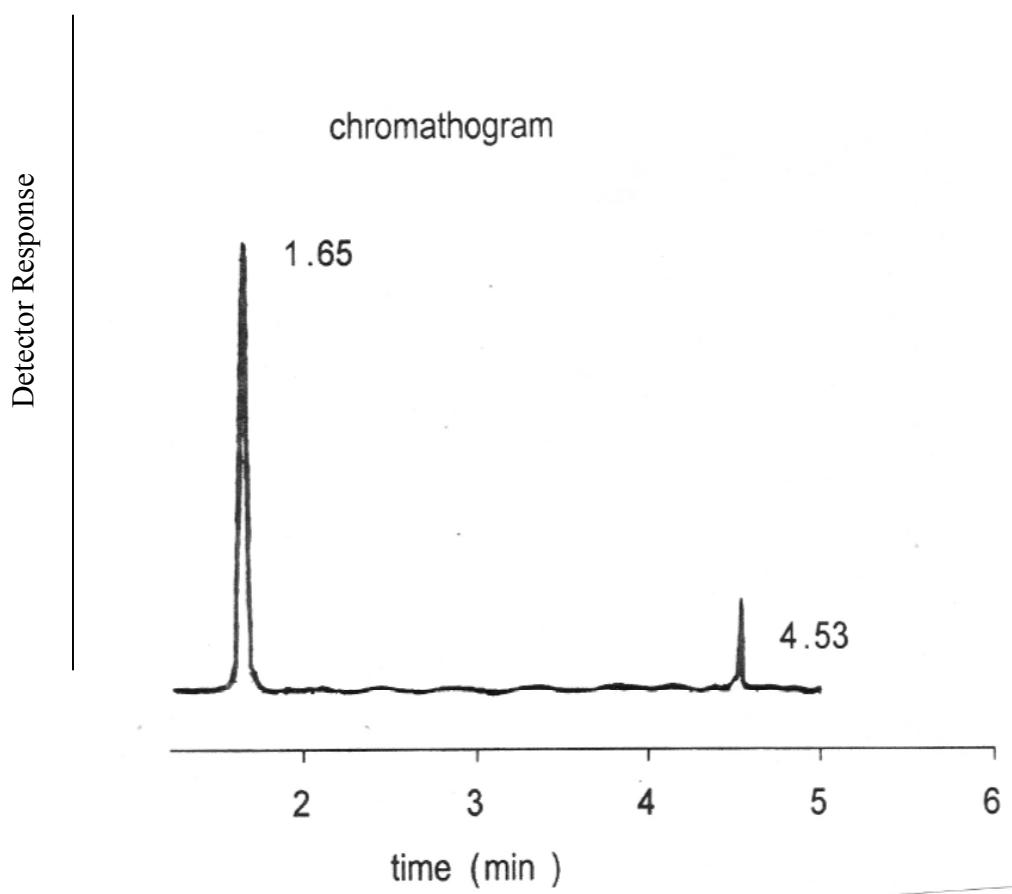
**جدول ۲ - تایید صحت روش کار به صورت (day to day) برای ۵ غلظت (ng/ml) برای ده روز متوالی**

غلظت	دز	۰/۲۵ ng/ml	۰/۵ ng/ml	۱ ng/ml	۲ ng/ml	۵ ng/ml
اول		۰/۲۴۳ ng/ml	۰/۴۸۱ ng/ml	۰/۹۶۸ ng/ml	۱/۸۵ ng/ml	۴/۹۶ ng/ml
دوم		۰/۲۵۸ ng/ml	۰/۴۹۰ ng/ml	۰/۹۸۵ ng/ml	۱/۹۴ ng/ml	۴/۹۵ ng/ml
سوم		۰/۲۴۵ ng/ml	۰/۴۷۶ ng/ml	۰/۹۵۶ ng/ml	۱/۹ ng/ml	۵/۰۴ ng/ml
چهارم		۰/۲۴۷ ng/ml	۰/۴۹۱ ng/ml	۰/۹۸۱ ng/ml	۱/۹۹ ng/ml	۵/۰۱ ng/ml
پنجم		۰/۲۵۱ ng/ml	۰/۵۰۲ ng/ml	۰/۹۸۹ ng/ml	۲/۰۵ ng/ml	۴/۸۷ ng/ml
ششم		۰/۲۵۰ ng/ml	۰/۴۸۵ ng/ml	۰/۹۱۰ ng/ml	۲/۱۵ ng/ml	۴/۹۰ ng/ml
هفتم		۰/۲۴۷ ng/ml	۰/۴۷۶ ng/ml	۰/۹۹۲ ng/ml	۳/۳۲ ng/ml	۴/۹۵ ng/ml
هشتم		۰/۲۴۹ ng/ml	۰/۴۸۰ ng/ml	۰/۹۷۶ ng/ml	۲/۱۱ ng/ml	۴/۹۳ ng/ml
نهم		۰/۲۴۹ ng/ml	۰/۵۱۰ ng/ml	۰/۹۶۸ ng/ml	۱/۸۲ ng/ml	۴/۸۵ ng/ml
دهم		۰/۲۴۸ ng/ml	۰/۴۹۵ ng/ml	۰/۹۹۴ ng/ml	۱/۷۷ ng/ml	۴/۸۶ ng/ml
Mean		۰/۲۴۸۷	۰/۴۸۸۶	۰/۹۷۸۷	۱/۹۹	۴/۸۲۸
SD		۰/۰۱۹	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۴۴	۰/۰۸۵
C.V		۷/۶۴	۵/۱۱	۲/۵۵	۲/۲۱	۱/۷۲

ضوییب 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	محدوده غلظت بر حسب ppb (ng/ml)	درصد نمونه = $\frac{\text{تعداد نمونه آندازه گیری شده}}{\text{تعداد کل نمونه ها}} * ۱۰۰$
۳۹	۷-۸	۷۶/۵
۷	۸-۹	۱۳/۷۵
۵	>۹	۹/۷۵



شکل ۱ - کروماتوگرام مربوط به مونومراستایرن که در نتیجه ارزیابی از تزدیق نمونه مجهول آزمایشگاهی به دست آمده است. مشخصات ستون مورد نظر به صورت (۲۵cm \* ۴.۶ mm, id : ۵  $\mu\text{m}$ ) می باشد. پیک اول مربوط به استونیتریل (فاز متحرک) است که زمان باز داری آن ۰.۶۵ 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.

**منابع :**

- 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,

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

**Ghasi - Khansari M.<sup>\*</sup><sup>5</sup>, Ph.D; Khaksar M.<sup>1</sup>, MSc; Ebrahim Zadeh Mosave S.A.<sup>6</sup>,  
Ph.D; Cheraghali A.<sup>7</sup>, Ph.D; Hashemje Javade S.<sup>8</sup>, 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 done. thereafter, 50 µl of prepared sample were injected into HPLC (high performance liquid chromatography) 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 content 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.*

---

<sup>\*</sup>. Author to Whom all correspondence should be addressed.

<sup>5</sup>. Department of pharmacology, Faculty of medicine , Tehran University of Medical Science.

<sup>6</sup>. Department of food industries, faculty of Agriculture, Tehran University.

<sup>7</sup>. Department of Pharmacology and Toxicology, Baghyyatollah University of medical science, Tehran, Iran.

<sup>8</sup>. Department of Packaging of laboratories administration control of food and drug.

