دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال هشتم، شماره‌ی ۳۲
پاییز ۱۳۹۶، صفحات ۱۴-۷

استفاده از گرافیت جهت بررسی وجود هیدروکربن‌های آروماتیک در رب‌های گوجه‌فرنگی بسته‌بندی شده

نجمه جعفرزاده اهری
گروه سم‌شناسی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران
Email: najmejafarzade@yahoo.com

مهدی احمدی سابق
گروه شیمی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران
Email: m-ahmadi@iau-ahar.ac.ir

چکیده

مساله تامین غذای سالم، مهم‌ترین چالش قرن حاضر محسوب می‌شود. کنسرو رب گوجه‌فرنگی نیز با توجه به دارا بودن جایگاه دایمی در سبد مصرف خانوار ایرانی، همواره مورد توجه بوده است. در این مطالعه امکان حضور مواد سمی همانند بنزن، تولوئن و زایلن که جزو هیدروکربن‌های آروماتیک می‌باشد، در رب‌های گوجه‌فرنگی کنسرو شده تولید داخل مورد مطالعه قرار گرفت. بررسی محققان نشان داده است حضور این مواد در داخل مواد غذایی می‌تواند اثرات بسیار سوئی برروی سلامتی مصرف‌کنندگان باقی بگذارد. به همین منظور تعدادی از این محصولات از بازار خریداری و با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی، مواد تشکیل دهنده آن‌ها با استفاده از ایده جدید بکارگیری گرافیت، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه وجود این مواد در تعداد قابل توجهی از نمونه محصولات رب موجود در بازار را نشان داد که بایستی مورد توجه نهادهای مسئول قرار گیرد. البته محصولات سالم و فاقد مواد سمی آروماتیک نیز شناسایی شدند که در مقایسه با تعداد نمونه‌های آلوده قابل توجه نمی‌باشد.

کلید واژه: هیدروکربن‌های آروماتیک، کنسرو رب گوجه‌فرنگی، روش کروماتوگرافی گازی، مواد نگهدارنده.

مقدمه

بخش عمده گوجه‌فرنگی جهان در راستای تولید رب گوجه‌فرنگی مصرف می‌گردد که این محصول نیز به نوبه خود در تولید سس‌ها و همچنین طبخ انواع غذاها بکار برده می‌شود [۱]. این در حالی است که رب گوجه‌فرنگی جزو فرآورده‌هایی است که روند فساد در آن‌ها سریع‌تر بوده و به عنوان یک محیط کشت برای انواع مختلفی از آلودگی‌ها می‌باشد. علاوه بر آلودگی‌های میکروبی امکان آلودگی شیمیایی نیز در آن‌ها بیش‌تر است. استفاده از انواع آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی باعث ایجاد آلودگی‌های شیمیایی در محصولات شده و رب گوجه‌فرنگی یکی از محصولاتی است که امکان آلوده شدن آن توسط ترکیبات شیمیایی بیش‌تر می‌باشد [۳-۲].

فارغ از بحث وجود فرهنگ پخت رب خانگی در بعضی از خانواده‌های ایرانی، عمده مصرف این ماده در جامعه، از طریق مصرف تولیدات کنسرو شده کارخانه‌ای تامین می‌گردد. به همین دلیل بررسی امکان حضور برخی ترکیبات آروماتیک و همچین میزان حضور این مواد در رب‌های گوجه‌فرنگی کنسرو شده موجود در بازار می‌تواند سالم یا ناسالم بودن استفاده از این محصولات را برای مصرف‌کنندگان آشکار نماید.

طی یک مطالعه که توسط کامکار و همکاران [۲] صورت پذیرفت، ۵۵ نمونه ماده غذایی از شش کارخانه مورد آزمایش قرار گرفته و میزان هیستامین‌ها توسط کیت الیزای رقابتی مورد سنجش قرار گرفت، نتایج حاصله نشان داد که ۸۱/۸۲ درصد از نمونه‌ها به هیستامین آلوده بودند. در پژوهش دیگری که توسط ولی و حمزه [۴] در خصوص کارایی آمین‌های بیوژن در ارزیابی کیفیت مواد غذایی در نگهداری شش آمین بیوژن (پوترسین، کدورین، اسپرمین، اسپرمیدین، تیرامین، هیستامین) اندازه‌گیری شد، نتایج حاصله نشان دهنده خطرساز بودن آن‌ها در مواد غذایی گزارش شد. ایوانی و محمدی [۵] برروی مواد غذایی که به روش‌های مختلفی تولید می‌شوند مطالعاتی را انجام دادند که میزان وجود هیدروکربن‌های چند حلقه ای آروماتیک و روش‌هایی برای کاهش در آن‌ها آشکار گردید.

در بررسی دریک و هیلمر [۶] بر روی هیستامین تولیدی باکتری‌ها، باکتری‌های کلستریدیوم، پرفرنیجنس، انتروباکتر، کلبسیلا و پروتئوس به عنوان تولید کننده هیستامین شناسایی شدند. سیمران و ویراندا [۳] در یک پژوهشی اثر موادی مانند بنزن، متانل و اسیتون بر روی لیکوپن رب‌ها مورد مطالعه قرار دادند. بانسال و کیم [۷] نیز برروی مواد نگهدارنده خانواده هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای مورد استفاده در مواد غذایی تولید شده پرداختند. این بررسی با لحاظ نمودن فرآیندهایی مانند فرآوری و پخت و تاثیر آن برروی مواد نگهدارنده، لزوم کاهش بکارگیری این مواد جهت کاهش ریسک آسیب‌پذیری در مصرف‌کنندگان مواد غذایی تولیدی بیان نمود.

در مطالعه دیگری که توسط فرزانه رهبر و محمد فرجی [۸] برروی تعدادی از مواد غذایی صنعتی مانند، نوشابه گازدار، سوس مایونز و سس و رب‌گوجه‌فرنگی انجام دادند، با معرفی روشی جدید برای استخراج میزان مواد نگهدارنده، مشخص گردید در تعدادی از نمونه‌ها میزان این مواد بیش‌تر از حد مجاز می‌باشد.

کنسرو رب گوجه‌فرنگی با توجه به دارا بودن جایگاه دایمی در سبد مصرف خانوار ایرانی، همواره مورد توجه بوده است و سازمان ملی استاندارد ایران با استاندارد شماره ۷۶۱ [۹]، به طور مستمر برروی کنسروهای تولید شده با نشان استاندارد نظارت دارد. بر این اساس و در بند ۵-۲-۵ این استاندارد، افزودن هر نوع ماده نگهدارنده به رب گوجه‌فرنگی به غیر از نمک، مجاز نمی‌باشد اما با توجه به گستردگی و تعدد کارخانجات تولید رب، کافی نبودن نظارت‌ها، فسادپذیری بالای این محصول و همچنین منفعت‌طلبی برخی از تولیدکنندگان، احتمال استفاده از مواد نگهدارنده‌ای مانند ترکیبات بنزوئیک اسید در این محصولات، بالا می‌باشد. در این مطالعه با بررسی احتمال حضور مواد سرطان‌زا مانند بنزن ناشی از بکار بردن این مواد افزودنی در رب‌های موجود در

سطح بازار، صحت یا عدم صحت این ادعا ثابت گردید.

هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای

کلمه هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) به گروهی از مواد شیمیایی آلی مقاوم در محیط اطلاق می‌شود که در هوا، آب و خاک پخش بوده و دارای ساختمان‌های شیمیایی مختلف با خواص سمی متنوع می‌باشند. مقدار کمی از این ترکیبات، از طریق حوادث طبیعی، اما بیش‌تر آن‌ها به دنبال فعالیت‌های انسانی تولید و وارد محیط می‌شوند [۱۰]. PAHها در محیط معمولا به صورت مخلوطی از دو یا چند ترکیب آروماتیک بوده و در حالت خاص به صورت جامداتی بی‌رنگ، سفید تا زرد کم رنگ بوده و با انواع فعالیت‌های سمی خود از طریق میانجی‌ها (سیستم آنزیمی) بر روی غشای سلولی موجودات زنده اثر می‌گذارد. PAHها سمی، سرطان‌زا، جهش‌زا و سرکوب کننده قوی سیستم ایمنی بدن بوده و آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا (USEPA) و سازمان بهداشت جهانی (WHO) و غیره آن-ها را در لیست مواد خطرناک قرار داده است [۱۱-۱۰].

هرگاه حلقه‌های بنزنی اتم هیدروژن با عوامل دیگر مانند گروه متیل یا اتیل استخلاف گردد، ترکیبات جدیدی در دسته‌بندی هیدروکربن‌های آروماتیک به وجود می‌آید که اصطلاحا به این ترکیبات، ترکیبات BTEX (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن) می‌گویند. از میان ترکیبات گروه BTEX بیش‌ترین درصد مربوط به بنزن است که این ماده دارای واکنش‌زایی بسیار بالا و فراریت بسیار زیاد در هوا می‌باشد. عملکرد سمی این مواد بخصوص بنزن بسیار قابل توجه بوده و عاملی جدی در تهدید سلامت مصرف کنندگان محصولاتی غذایی است که احتمال حضور این مواد در آن‌ها وجود دارد [۱۲].

– بیماری‌زایی هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای

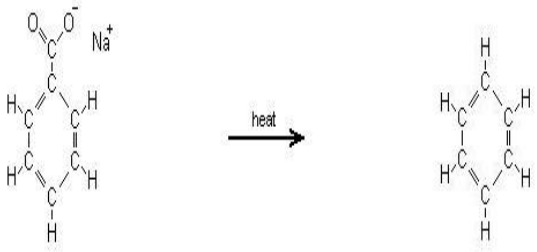
میزان سمیت حاد ناشی از PAHها با پایین بودن وزن مولکولی و نیز میزان حلالیت آن‌ها در آب مرتبط می‌باشد [۱۱]. این ترکیبات در غلظت‌های کم (در حد میلی‌گرم بر لیتر) به عنوان کشنده‌های حاد و در غلظت‌های زیر حد کشنده (در حد میکروگرم بر لیتر) به عنوان کشنده‌های مزمن مطرح می‌باشند [۱۳].

آژانس حفاظت محیط زیست امریکا (USEPA)، سازمان غذا و داروی امریکا (FDA) و همچنین سازمان بهداشت جهانی (WHO)، گروه BTEX را بدلیل دارا بودن خواص جهش‌زایی و سرطان‌زایی در لیست آلاینده‌های خطرناک قرار داده است [۱۳]. تحقیقات نشان داده است که مواجهه زنان با BTEXها در قبل و طول دوره بارداری، سبب کاهش وزن، قد و اندازه دور سر و نیز کاهش عملکرد شناختی نوزادان متولد شده می‌شود [۱۴]. همچنین کودکانی که در دوران جنینی و طفولیت تا سن ۵ سالگی با BTEX ها و منابع تولید آن‌ها مواجه باشند، بدلیل عدم تکامل سیستم سم‌زدایی بدن و عدم تکامل DNA در آن‌ها در مقایسه با افراد سالم مشابه، از ضریب هوشی پایین‌تری برخوردار بودند [۱۵]. از اثرات سمی دیگر ناشی از مواجهه با BTEXها می‌توان به کاهش وزن بدن، بزرگ شدن کبد از طریق تورم سلولی، پرخونی پارانشیم کبد و التهاب سلول‌های کلیوی اشاره نمود [۱۶].

– تولید BTEX توسط مواد نگهدارنده

رب گوجه فرنگی از جمله فرآورده‌های است که روند فساد در آن دارای سرعت بالایی می‌باشد. به همین دلیل احتمال این‌که برخی از شرکت‌های تولید کننده، اقدام به استفاده از مواد نگهدارنده‌ای مانند بنزوات سدیم کنند وجود دارد. بنزوات سدیم با نام E211 با فرمول شیمیایی $C_6H_5CO_2Na$، نمک اسید بنزوئیک می‌باشد. این ماده یک نگهدارنده غذایی است که در محیط‌های اسیدی از فعالیت باکتری‌ها و قارچ‌ها جلوگیری می‌کند. ولی استفاده از بنزوات سدیم در فرآورده‌هایی که در روند تولید خود دارای مرحله حرارت‌دهی هستند مجاز نمی‌باشد. چون هنگامی که بنزوات سدیم در معرض حرارت قرار گیرد، ساختار آن تغییر یافته و باعث ایجاد ماده بنزن می‌شود. این فرآیند در شکل ۱ نشان داده شده است. ماده بنزن با فرمول شیمیایی C_6H_6 که با

مشتقات خود در دسته BTEX دسته‌بندی می‌شود، چنان‌چه گفته شد ماده‌ای بسیار خطرناک برای سلامتی است و سرطان‌زا می‌باشد.



شکل ۱: تبدیل بنزوات سدیم به بنزن هنگام حرارت‌دهی

روش انجام مطالعه

در این پژوهش پس از تهیه محصولات رب گوجه‌فرنگی بسته‌بندی شده کارخانجات مختلف که در سطح بازار شهرستان اهر در معرض فروش قرار داشتند، از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC-mass) جهت استخراج ترکیبات شیمیایی موجود در کنسروها استفاده شد. دستگاه موجود در آزمایشگاه، ساخت شرکت Agilent در کشور امریکا می‌باشد که در شکل ۲ نشان داده می‌شود.

مواد داخل هریک از نمونه‌ها به کمک تزریق به این دستگاه استخراج شدند. به دلیل در دسترس نبودن سرنگ‌های SPME ساخت شرکت سازنده دستگاه، جهت تزریق از سرنگ‌های دست‌ساز با مغز گرافیتی استفاده شد. این سرنگ‌ها ابتدا جهت اطمینان از عملکرد صحیح تحت بررسی اولیه قرار گرفتند. بدین صورت که تزریق نمونه تست که شامل بخارات ترکیبات BTEX حل شده در متانول بود، باعث آشکار شدن تمامی این ترکیبات در آزمایش گردید. در ادامه تک تک نمونه‌ها به کمک این سرنگ‌ها تحت آزمایش قرار گرفته و ترکیبات موجود در آن‌ها استخراج یافت.

شکل ۲: دستگاه کروماتوگرافی گازی مورد استفاده در پژوهش

– نمونه‌های تحت بررسی

جهت مطالعه ۹ نمونه مربوط به کارخانجات مختلف با تاریخ‌های تولید متفاوت به صورت تصادفی از فروشگاه‌های سطح شهر خریداری گردید که در شکل ۳ نشان داده می‌شوند. اطلاعات این نمونه‌ها در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به ملاحظات اخلاقی از ذکر نام شرکت‌های سازنده و برند رب‌ها اجتناب می‌شود. بدیهی است در صورت آشکار شدن وجود این مواد غیرمجاز در کنسروهای رب گوجه‌فرنگی، فارغ از مباحث قانونی، مسئولیت اخلاقی عواقب ناشی از مصرف این مواد به طور مستقیم بر عهده تولیدکنندگان و همچنین دستگاه‌های نظارتی ذیربط می‌باشد.

شکل ۳: کنسرو رب گوجه‌فرنگی‌های تهیه شده جهت مطالعه

جدول ۱- اطلاعات کنسروهای رب گوجه‌فرنگی استفاده شده در پژوهش

شناسه نمونه	تاریخ تولید	تاریخ انقضاء	بریکس
A	۹۴/۰۵/۱۲	۹۵/۱۱/۱۱	٪۲۷
B	۹۵/۰۴/۲۹	۹۷/۰۴/۲۹	٪۳۰-٪۲۷
C	۹۵/۰۴/۰۵	۹۷/۰۴/۰۵	٪۲۹-٪۲۷
D	۹۴/۰۲/۰۵	۹۶/۰۲/۰۵	٪۲۵
E	۹۴/۰۶/۰۴	۹۶/۰۶/۰۴	٪۲۷
F	۹۳/۱۲/۱۵	۹۵/۰۶/۱۴	٪۲۷
H	۹۳/۰۳/۲۵	۹۵/۰۳/۲۵	٪۲۵
I	۹۴/۰۹/۱۸	۹۶/۰۹/۱۸	٪۲۵
J	۹۵/۰۴/۲۴	۹۵/۰۴/۲۴	٪۲۷

- ابزار گردآوری اطلاعات

با توجه به عدم دسترسی به سرنگ‌های تزریق دستگاه کروماتوگرافی گازی (SPME) در آزمایشگاه، این سرنگ‌ها به صورت دست‌ساز تهیه گردید که در شکل ۴ نشان داده می‌شود. تمامی قسمت‌های این سرنگ از فلز تشکیل شده است و با توجه به امکان حل مواد پلاستیکی و چسب‌ها و نفوذ آلودگی به نمونه مورد بررسی، در ساخت سرنگ‌ها تنها از لحیم‌کاری جهت اتصال قطعات استفاده شده و قبل از بکارگیری سرنگ، تمامی بخش‌های آن دو مرتبه توسط محلول استون شست و شو داده شد.

شکل ۴: نمونه‌ای از سرنگ دست‌ساز SPME مورد استفاده در پژوهش

در سرنگ‌های دست‌ساز مورد استفاده در این مطالعه به صورت ابتکاری از مغز گرافیتی جهت جذب مواد موجود در بخار نمونه‌ها استفاده گردید. برای اطمینان از کارکرد مناسب مغز گرافیتی، یک نمونه شاهد در معرض بخارات حاصل از حرارت‌دهی محلولی حاوی سه ترکیب هیدروکربنی بنزن، تولوئن و زایلن حل شده در متانول قرار گرفت. نتیجه بررسی نشان داد تمامی مواد مورد نظر توسط گرافیت جذب شده و از طریق دستگاه شناسایی می‌شوند. لذا یک دستاورد جانبی برای این پژوهش، تایید امکان استفاده از گرافیت به جای پلیمرهای متداول در این نوع سرنگ‌ها شد.

- روش گردآوری اطلاعات

در ابتدا جهت جلوگیری از احتمال وارد شدن مواد خارجی به داخل نمونه‌ها، سطوح بیرونی اطراف درب کنسروها و همچنین ابزار مورد استفاده برای باز نمودن و برداشت رب، به کمک محلول استون شست و شو داده شدند. پس از به هم زدن کامل رب داخل کنسرو، میزان ۴ گرم از نمونه به همراه ۶ میلی‌لیتر محلول متانول در ظروف شیشه‌ای سربسته که با محلول استون شست و شو داده شده بودند، مخلوط گردیدند. این روند برای تمامی نمونه‌ها انجام گرفت.

سرنگ SPME دست‌ساز با مغز گرافیتی به داخل تک تک شیشه‌های حاوی مخلوط رب و متانول تزریق گردید. هر نمونه جهت اطمینان از جذب کامل بخارات، به مدت یک ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد حرارت‌دهی شدند و سپس با تزریق به دستگاه کروماتوگرافی گازی، مواد داخل نمونه‌ها مورد شناسایی قرار گرفتند. برای هریک نمونه‌ها از سرنگ‌ها و ظروف نمونه‌گیری جداگانه و شست و شو داده شده استفاده شد.

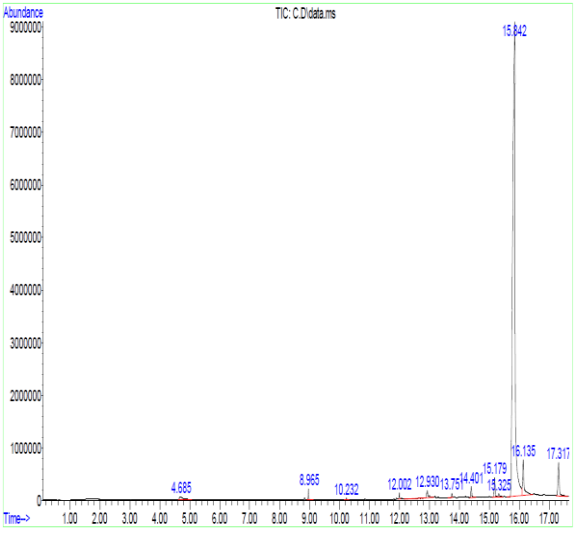
نتایج حاصل از کروماتوگرافی

– کروماتوگرام‌ها

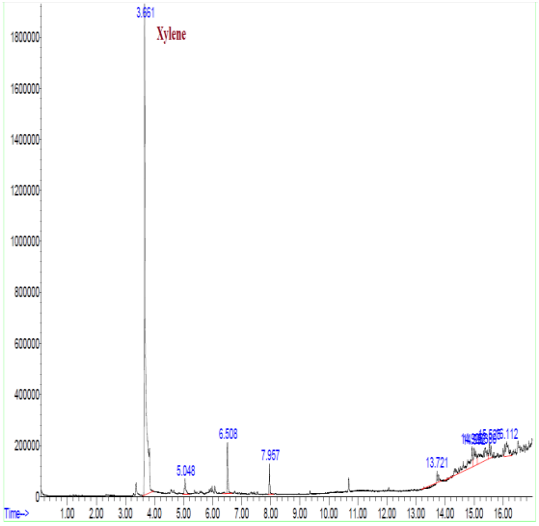
پس از اتمام تحلیل نمونه‌ها به کمک دستگاه کروماتوگرافی گازی، نمودارهای حاصل از آن برای هر یک از مدل‌ها ترسیم گردید. در شکل ۵ تا ۹ کروماتوگرام برخی از نمونه رب‌های مورد مطالعه نشان داده می‌شوند. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد در برخی از این نمونه‌ها مواد BTEX شناسایی شده‌اند.

– درصد فراوانی مواد

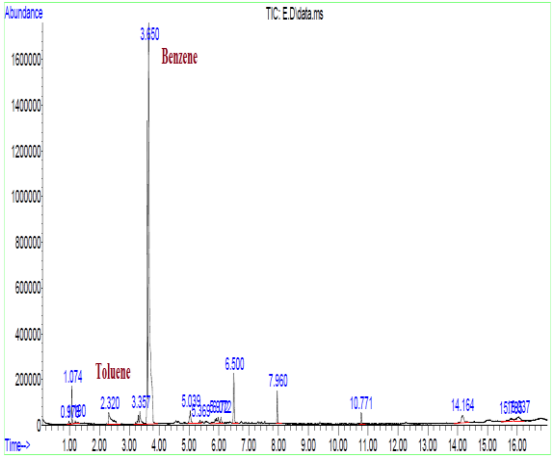
تعدادی از هیدروکربن‌های آروماتیک از گروه BTEX و درصد فراوانی آن‌ها که توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی استخراج شده‌اند، در جدول ۲ ارائه شده است.



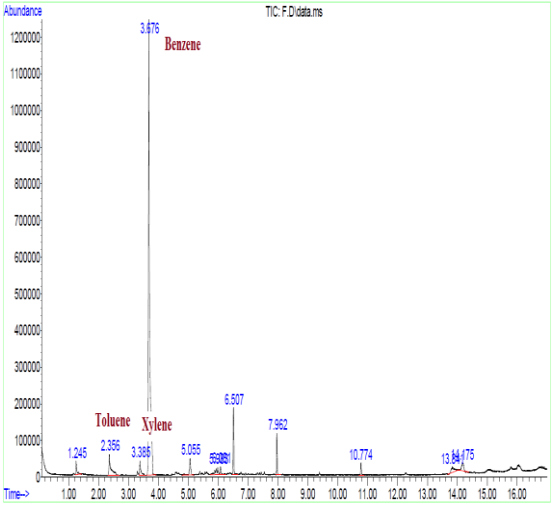
شکل ۵: کروماتوگرام مربوط به نمونه C



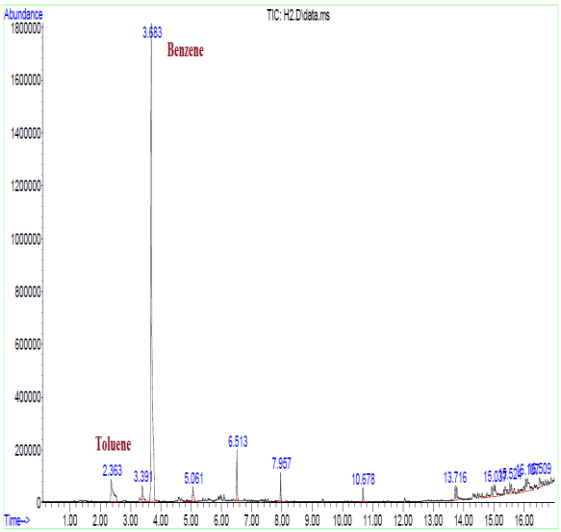
شکل ۶: کروماتوگرام مربوط به نمونه D



شکل ۷: کروماتوگرام مربوط به نمونه E



شکل ۸: کروماتوگرام مربوط به نمونه F



شکل ۹: کروماتوگرام مربوط به نمونه H

نتیجه‌گیری

بررسی داده‌های حاصل کروماتوگرافی نمونه رب‌های گوجه‌فرنگی کنسرو شده که از فروشگاه‌های شهرستان اهر و از برندهای مختلف تهیه شده‌اند، نشان داد که ۸ نمونه از ۹ نمونه آزمایش شده حاوی مقادیری از هیدروکربن‌های آروماتیک گروه BTEX می‌باشند و میزان بنزن بیش‌تر از سایر مواد می‌باشد به طوری که در ۶ نمونه، این ماده شناسایی شده است که سرطان‌زا بودن آن توسط محققین اثبات شده است. حضور این ماده در فرآورده‌های غذایی به طور کامل ممنوع می‌باشد حال آن که مشاهده وجود قابل توجه این ماده در رب‌های کنسرو شده بسیار نگران کننده می‌باشد.

ماده تولوئن ۳ نمونه و ماده زایلن در ۴ نمونه از ۹ نمونه مورد بررسی شناسایی شدند که حضور این مواد نیز در محصولات غذایی ممنوع می‌باشد. البته در یک مورد از نمونه‌های تحت آزمایش هیچ یک از مواد گروه BTEX توسط دستگاه کروماتوگرافی آشکار نشدند که می‌تواند بیان‌گر رعایت استانداردها در ساخت این محصول باشد.

حضور موادی چون بنزن در این تعداد از رب‌های گوجه‌فرنگی کنسرو شده ساخت داخل که همگی دارای تأییدیه سازمان غذا و دارو و همچنین استاندارد ملی ایران هستند، مسئله‌ای بسیار قابل تأمل می‌باشد. چنان که در بخش‌های قبل اشاره شد بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۷۶۱ استفاده از هر نوع ماده نگهدارنده برای رب‌های گوجه‌فرنگی کنسرو شده ممنوع می‌باشد. این در حالی است که ظهور موادی چون بنزن در رب‌ها می‌تواند نشان‌گر استفاده از این مواد در روند تولید باشد.

جدول ۲- فراوانی هیدروکربن‌های موجود در نمونه‌ها

شناسه نمونه‌ها	فراوانی بنزن	فراوانی تولوئن	فراوانی زایلن
A	۴۰۰۰۰	–	–
B	۸۰۰۰۰	–	–
C	–	–	–
D	–	–	۱۹۰۰۰۰۰
E	۱۶۸۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	–
F	۱۲۴۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۴۰۰۰۰
H	۱۸۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	–
I	۲۰۰۰۰۰	–	۳۶۰۰۰۰۰
J	–	–	۱۱۰۰۰۰۰
TEST	۳۶۰۰۰۰۰	۳۵۰۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰

مواد نگهدارنده‌ای چون سدیم-بنزوآت هنگام قرارگیری در معرض حرارت باعث تولید بنزن می‌گردد. استفاده از این ماده در محصولاتی که در حین فرآیند تولید، حرارت دهی نمی‌شوند مجاز است ولی چون در حین تولید رب‌های گوجه‌فرنگی، کنسروها تحت حرارت قرار می‌گیرند تولید ماده‌ای چون بنزن دور از انتظار نخواهد بود.

منابع

[۱] حیدری‌نسب، امیر.، مقدم، امیر.، ۱۳۹۰، بررسی رفتار ویسکو الاستیک و وابسته به زمان رب گوجه فرنگی، نشریه علوم غذایی و تغذیه، پاییز ، سال هشتم، شماره ۴.

[۲] کامکار، ابوالفضل.، حسینی، هدایت.، ابوحسینی، گیتی.، ۱۳۸۲، مطالعه میزان هیستامین در کنسروهتی ماهی تن و ساردین، مجله پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان، (۶۰)، ۴۴-۵۰.

[3] Simran و L., Vrinda و N.,2015, Extraction and Isolation of Lycopene Form Various Natural Sources, IOSR Journal of Biotechnology and Biochemistry (IOSR-JBB) Volume 1, Issue 5 , PP 49-5.

[۴] ولی، سیدحسین.، حمزه، علی.،۱۳۹۲، کارآیی آمین‌های بیوژن در ارزیابی کیفیت ماهی کپور هنگام نگهداری در یخ، فصل‌نامه علوم و فنون شیلات، (۴)، ۱۱-۲۱.

[۵] ایوانی، محمدجواد.، قاسم‌زاده محمدی، وحید، ۱۳۹۱، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای و راه‌های کاهش در محصولات غذایی، مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال هفتم، شماره ۵، صفحات ۸۴۵-۸۵۳.

[6] Derrick H. Y., Hilmer A. F., 1982, Histamine-Producing bacteria in decomposing skipjack tuna (katsuwonus pelamis), Applied and Environmental Microbiology. 44.2, 447-452.

[7] Bansal, V., Kim, K., 2015, Review of PHA Contamination if food products and their health hazards, Environment International 84, 26-38.

[۸] رهبر، فرزانه.، فرجی، محمد.، ۱۳۹۳، ارائه روشی جدید جهت استخراج نگهدارنده‌ها از مواد غذایی. سومین همایش ملی علوم و صنایع غذایی.

[۹] استاندارد ملی ایران، شماره ۷۶۱، کنسرو رب گوجه‌فرنگی - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، تجدید نظر ششم، ۱۳۹۰.

[10] Ravindra, K., Ranjeet, S., & Rene, Van, G., 2008, Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: source attribution factors and regulation. Atmosphere Environment., 42,2895-2921.

[11] Matin, A., Biparva, P., and Gheshlaghi, M., 2014, Gas chromatographic determination of polycyclic aromatic hudrocarbons in water and smoked rice samples after solid-phase microextraction using multiwalled carbon nanotube loaded hollow fiber. Journal of Chromatography. A 1374, 50-57.

[12] R. Uauy, P. Mena, Nutr., 2001, Rev. 59 , S34– 46.

[13] Anyakora, C., Babalogbon, F., Obiakor, U., Afolami, I., and Coker, H., 2008, Phase 1 metabolites of polynuclear aromatic hydrocarbons in blood samples of exposed subjects. Sci Res and Essay., 3, 254-258.

[14] Perera, F., Li, T. Y., Lin, C., & Tang, D., 2012, Effects of prenatal polycyclic aromatic hydrocarbon exposure and environmental tobacco smoke on child IQ in a Chinese cohort. Environmental research., 114, 40-46.

[15] Edwards, Claire, S., Jedrychowski, W. & Camann, D., 2010, Prenatal exposure to airborne polycyclic aromatic hydrocarbons and children's intelligence at 5 years of age in a prospective cohort study in Pland. Environmental health perspectives. 118, 1326-1331.

[16] Samanta, S. K., Om V. Singh, and Rakesh K., 2002, Jain. "Polycyclic aromatic hydrocarbons: environmental pollution and bioremediation." TRENDS in Biotechnology., 20, 243-248.