

بررسی تاثیر افزودن فیبر گندم و صمغ های زانتان و گوار بر تشکیل ترکیبات PAHs و HCAs در همبرگر گریل شده

عاطفه اصفهانی مهر^۱، سید ابراهیم حسینی^{۲*}، سید مهدی سیدین اردبیلی^۲

۱- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۶)

چکیده

هیدروکربن های آروماتیک حلقوی (PAHs) و آمین های آروماتیک هتروسیکلیک (HCAs) ترکیبات سرطان زایی هستند که در حین پخت همبرگر ایجاد می شوند. هدف از این تحقیق بررسی تاثیر فیبر گندم (۱٪ و ۲٪) و ترکیب صمغ های زانتان و گوار (۰/۵٪) بر تشکیل ترکیبات PAHs و HCAs در همبرگر گریل شده می باشد. طبق نتایج بدست آمده استفاده از فیبر گندم و صمغ های زانتان و گوار در فرمولاسیون همبرگر موجب کاهش معنی دار مقدار درصد رطوبت، چربی و پروتئین تیمارها نسبت به نمونه شاهد گردید. مقدار pH تیمارها افزایش معنی داری را در نتیجه استفاده از فیبر گندم و صمغ های زانتان و گوار نسبت به نمونه شاهد نشان داد. مقدار ترکیبات PAHs و HCAs در کلیه تیمارها نسبت به نمونه شاهد به طور معنی داری کاهش یافت. بیشترین مقدار کاهش ترکیبات PAHs و HCAs به ترتیب مربوط به BkFA (۴۲٪) و IQ (۷۴٪) بود. به طور کلی بر اساس نتایج بدست آمده در نهایت تیمار های حاوی فیبر گندم به صورت ترکیبی با صمغ های زانتان و گوار به عنوان بهترین نمونه ها انتخاب گردید.

کلید واژگان: همبرگر، PAHs، HCAs، فیبر، صمغ

*مسئول مکاتبات: ebhoseini@srbiau.ac.ir

۱- مقدمه

هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (PAHs) ترکیبات سرطان زایی هستند که نه تنها در همه جای محیط زیست مانند هوا، خاک و آب یافت می شوند، بلکه در انواع غذاهایی که در زندگی روزمره مصرف می کنیم نیز وجود دارند [۱]. وجود آنها در مواد غذایی را می توان به مسیرهای گوناگون شامل منابع طبیعی (محیط زیست) و سنتزی (پخت مواد غذایی در دماهای بالا مانند گریل کردن و ...) نسبت داد که مسیر دوم منبع اصلی تولید ترکیبات PAHs در مواد غذایی می باشد [۲]. به طور کلی انسان از طریق مسیرهای مختلفی در معرض ترکیبات PAHs قرار می گیرد اما برای افراد غیر سیگاری و افرادی که از نظر شغلی در معرض این ترکیبات نمی باشند راه اصلی تماس با این ترکیبات، مواد غذایی می باشد [۳]. بر اساس تحقیقات انجام شده رژیم غذایی ۸۸-۹۸٪ موجب در معرض قرار گرفتن این افراد در برابر ترکیبات PAHs می شود [۴].

مهمترین علت تشکیل ترکیبات PAHs در همبرگرهایی که تحت فرآیند گریل گازی قرار گرفته اند، پیرولیز چربی ذوب شده بر روی شعله عنوان شده است که همراه با دود ناشی از احتراق سوخت مصرفی موجب آلودگی سطح ماده غذایی می گردد [۵، ۶]. در واقع رادیکال های آزاد تشکیل شده در حین احتراق مواد غذایی در دماهای بالا دستخوش نوترکیبی شده و PAHs سبک و به دنبال آن PAHs سنگین را ایجاد می کنند که همراه با دود ناشی از احتراق سوخت فسیلی به بخش های هیدروفوبیک زنجیره غذایی حرکت کرده و سرانجام در بخش های غنی از چربی مواد غذایی جای می گیرند [۷].

آمین های آروماتیک هتروسیکلیک (HCAs) ترکیبات سرطان زا و جهش زای دیگری هستند که در نتیجه پخت مواد غذایی غنی از پروتئین به ویژه گوشت و محصولات گوشتی (همبرگر) تشکیل می شوند و ۱۰۰ برابر جهش زا تر از آفلاتوکسین B₁ و بیش از ۲۰۰۰ برابر جهش زا تر از بنزوآلفاپیرن هستند [۸، ۹]. گروهی از این ترکیبات محصولات واکنش بین آمینو اسیدها، کراتین و قندهای احیا کننده می باشند که در حین پخت (۱۵۰-۲۵۰ °C) و با مهاجرت پیش سازهای محلول در آب بر روی سطح گوشت و محصولات گوشتی تشکیل می شوند [۱۰-۱۲].

تحقیقات مختلفی در ارتباط با تاثیر استفاده از ترکیباتی که تا حدودی منجر به کاهش خروج چربی و آب و به عبارتی کاهش مهاجرت پیش سازها از فرآورده می شوند صورت گرفته است که از جمله می توان به تاثیر استفاده از کربوکسی متیل سلولز (CMC)، میکروکریستالین سلولز (MCC) [۱۲]، نمک، تری پلی فسفات [۱۳]، سبوس گندم، فیبر سیب زمینی، نشاسته سیب زمینی، متیل سلولز و صمغ گوار [۱۴] بر کاهش تشکیل ترکیبات PAHs و HCAs اشاره نمود.

همانطور که مشاهده می شود با وجود اینکه یکی از عوامل اصلی تشکیل ترکیبات PAHs و HCAs در همبرگرهای گریل شده، خروج چربی و آب از فرآورده می باشد، تا کنون تحقیقات کمی در خصوص تاثیر استفاده از موادی که منجر به افزایش حفظ آب می شوند و تا حدی نیز از خروج چربی از محصول گوشتی جلوگیری می کنند در کاهش تشکیل این ترکیبات سرطان زا صورت گرفته است. لذا هدف از این تحقیق بررسی تاثیر افزودن پلی ساکاریدهایی مانند فیبر گندم و صمغ های زانتان و گوار در کاهش تشکیل ترکیبات PAHs و HCAs در همبرگر گریل شده می باشد.

۲- مواد و روشها

۲-۱- مواد شیمیایی و استاندارد ها

گوشت ران گوساله (۲۰٪ چربی)، پیاز، نمک و ادویه ترکیبی شامل گشنیز، ریشه جوز، هل، میخک، دارچین و فلفل قرمز از بازار محلی تهران در ایران خریداری شد. فیبر گندم از شرکت CFF (آلمان)، صمغ زانتان از شرکت Fufeng group (چین) و صمغ گوار از شرکت Altrafine (هند) تهیه گردید. تمامی مواد و محلول های مورد استفاده در این تحقیق دارای گرید آزمایشگاهی بوده و از شرکت Merck (آلمان) خریداری شد. استاندارد ترکیبات PAHs شامل بنزو (a) آنتراسن (BaA)، کرایزن (CHR)، بنزو (b) فلورانتن (BbFA)، بنزو (k) فلورانتن (BkFA)، بنزو (a) پیرن (BaP)، ایندینو (1,2,3-cd) پیرن (IP)، دی بنزو (a,h) آنتراسن (DBahA) و بنزو (g,h,i) پرین (BgHiP) از شرکت سیگما (آلمان) خریداری شد. محلول های استاندارد حاوی PAHs هدف (۰/۱ mg/ml) در دی کلرومتان تهیه شد. نانوتیوپ های کربنی مولتی وال

DB-5 (طول ۳۰ m، قطر ۰/۲۵ mm و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ μm) تجهیز شد و inlet در مد splitless قرار گرفت. برنامه دمایی طبق گزارش Gorji و همکاران [۱۶] انجام شد. هلیوم به عنوان گاز حامل با جریان ثابت ۱ ml/min استفاده شد. انرژی اشعه الکترونیکی اسپکترومتر جرمی در ۷۰ eV تنظیم گردید. تعیین کیفیت از طریق مقایسه طیف جرمی و زمان های نگهداری نمونه ها و استانداردها انجام گرفت. کمیت ترکیبات از طریق مد پایش یونی انتخابی (SIM) تعیین شد.

۲-۵- آنالیز ترکیبات HCAs

استخراج نمونه ها بر اساس روشهای پیشنهاد شده انجام شد [۱۷]. آنالیز کروماتوگرافی ترکیبات HCAs توسط کروماتوگرافی مایع مدل HP1090A Series II Agilent مجهز به photodiode array UV- visible و مدل HP 1040 و دتکتور فلورسانس قابل برنامه ریزی مدل HP 1046A انجام گرفت. جداسازی HCAs بر روی فاز معکوس ژل TSK ستون ODS- 80 TM (۲۵ cm $\times$ 4.6 mm, 5 μm , 80 A⁺, Tosohass, Montgomeryville, PA, USA) با فاز متحرک تری اتیل آمین به عنوان حلال HCAs و استونیتریل به عنوان حلال B انجام شد. جداسازی HCAs با استفاده از گرادیان خطی طبق گزارش Vangnai و همکاران [۱۷] حاصل شد. دتکتور UV در ۲۵۲ nm برای PhIP، MeIQ و MeIQx و دتکتور فلورسانس برای PhIP بر طبق طول موج های تحریک/ انتشار در ۲۲۹ nm و ۴۳۷ nm برنامه ریزی شد. داده ها با HP 9000 series 300 Chemstation آنالیز گردید و شناسایی پیک های HCAs از طریق مقایسه زمان های نگهداری و طیف جذبی نمونه ها و استانداردها صورت گرفت.

۲-۶- روش تجزیه و تحلیل آماری داده ها

جهت آنالیز داده ها، تمامی آزمون ها با سه تکرار انجام شد و از طرح کاملاً تصادفی (CRD) استفاده گردید. برای مقایسه میانگین بین تیمارها از روش آزمون مقایسه میانگین دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد. نرم افزار آماری مورد استفاده در تجزیه و تحلیل آماری نرم افزار SPSS (Version 23, USA) بود و برای رسم نمودارها و سازمان دهی داده ها از نرم افزار Excel 2015 استفاده گردید.

(MWCNTs) جاذب ترکیبات PAHs با طول ۱۰ μm و قطر ۲۰-۱۰ nm از پژوهشکده نفت ایران خریداری شد. استانداردهای ترکیبات HCAs شامل ۲- آمینو-۳-متیل-ایمیدازو [4,5-f] کواینولین (IQ)، ۲-آمینو-۳-دی متیل ایمیدازو [4,5-f] کواینولین (MeIQ)، ۲-آمینو-۳-دی متیل ایمیدازو [4,5-f] کواینوگزالین (MeIQx)، ۲-آمینو-۱-متیل-۶-فیل ایمیدازو [4,5-b] پیریدین (PhIP) و ۲-آمینو-۳-و۴-۸-تترامتیل-ایمیدازو [4,5-f] کواینوگزالین (TriMeIQx) از شرکت سانتاکروز (آمریکا) خریداری شد. محلول های استاندارد ۱۰۰۰ ng/ml (۱ ppm) در ۱۰۰٪ متانول برای ترکیبات HCAs تهیه گردید. کارتریج ها شامل Bond Elut C18 و Bond Elut PRS (500mg) (100mg) از شرکت Agilent (آمریکا) تهیه شد.

۲-۲- تهیه همبرگر

تیمارهای همبرگر با افزودن فیبر گندم (۱٪ و ۲٪) و ترکیب صمغ های زانتان و گوار (۰/۵٪؛ ۱ : ۴) تجاری به صورت جداگانه و ترکیبی در مقادیر متناسب با ذائقه مصرف کننده به فرمولاسیون نمونه شاهد تهیه شدند. ترکیب نمونه شاهد شامل گوشت چرخ شده (۹۰٪)، پیاز (۷٪) و نسبت های مساوی نمک، ادویه و آب بود. نمونه های همبرگر توسط دستگاه پرس قالب زنی شدند و قبل از پخت به مدت ۴۸ h در دمای ۱۸۰°C نگهداری شدند. جهت گریل کردن ابتدا نمونه های همبرگر منجمد به مدت ۱ h در دمای یخچال قرار داده شد و سپس در دمای ۱۷۵°C و به مدت ۵ min تحت گریل گازی قرار گرفت، به طوری که در حین گریل کردن ابتدا طی ۴ دوره زمانی ۱ min و سپس طی ۲ دوره زمانی ۳۰ s زیر و رو شد و در نهایت توسط مخلوط کن (Panasonic/NJ-W176P, Japan) هموزن گردید.

۲-۳- آزمون های شیمیایی

اندازه گیری مقادیر رطوبت، چربی، پروتئین و pH نمونه ها طبق روش AOAC انجام شد [۱۵].

۲-۴- آنالیز ترکیبات PAHs

استخراج نمونه ها طبق روشهای گزارش شده انجام شد [۱۶]. آنالیز ترکیبات PAHs توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل Agilent 6890 تجهیز شده با دتکتور جرمی کوآدرول 5973 انجام گرفت. کروماتوگرافی گازی با ستون مویینه ms

۳- نتایج و بحث

۳-۱- آزمون های شیمیایی

مطابق جدول ۱، مقدار رطوبت، چربی و پروتئین تیمارها در نتیجه استفاده از فیبر گندم و صمغ های زانتان و گوار در ترکیب همبرگر کاهش معنی داری را نسبت به نمونه شاهد نشان می دهد. بر اساس نتایج بدست آمده مقدار رطوبت، چربی و پروتئین نمونه شاهد به ترتیب ۶۵/۲۸٪، ۱۷/۱۵٪ و ۱۵/۴۵٪ می باشد که به طور معنی داری بالاتر از سایر

تیمارهاست ($p < 0.05$). کمترین مقدار این فاکتورها مربوط به نمونه حاوی ۲٪ فیبر گندم و ۰/۵٪ ترکیب زانتان و گوار (به ترتیب ۶۳/۸۴٪، ۱۶/۷۰٪ و ۱۵/۰۶٪) می باشد. همچنین نتایج نشان می دهند که استفاده از فیبر گندم و صمغ های زانتان و گوار در ترکیب همبرگر موجب افزایش معنی دار مقدار pH تیمارها می گردد ($p < 0.05$). طبق نتایج بدست آمده مقدار pH نمونه شاهد و نمونه حاوی ۲٪ فیبر گندم و ۰/۵٪ ترکیب زانتان و گوار به ترتیب ۵/۸۹ و ۵/۹۲ می باشد.

Table 1 Changes in chemical composition in different treatments

Factor	Control	1% Wheat fiber	2% Wheat fiber	0.5% xanthan & guar	1% Wheat fiber/0.5% xanthan & guar	2% Wheat fiber/0.5% xanthan & guar
Moisture (%)	65.28±0.153 [*]	64.72±0.122 ^d	64.12±0.178 ^b	65.00±0.099 ^e	64.41±0.201 ^c	63.84±0.104 ^a
Fat (%)	17.15±0.127 ^f	16.97±0.151 ^d	16.79±0.083 ^b	17.06±0.142 ^e	16.88±0.072 ^c	16.70±0.186 ^a
Protein (%)	15.45±0.112 ^f	15.29±0.043 ^d	15.14±0.182 ^b	15.37±0.223 ^e	15.22±0.138 ^c	15.06±0.132 ^a
pH	5.89±0.034 ^a	5.90±0.010 ^{ab}	5.91±0.021 ^{bc}	5.90±0.052 ^{ab}	5.91±0.063 ^{bc}	5.92±0.008 ^c

* Values are means ± S.D. for triplicate; Means with the same letter in a row were not significantly different at $p < 0.05$ level in different treatments

استفاده از این صمغ ها موجب افزایش درصد پروتئین و کاهش درصد رطوبت و چربی فرآورده می گردد.

۳-۲- تاثیر پلی ساکاریدها بر تشکیل ترکیبات

PAHs

طبق نتایج بدست آمده در جدول ۲ استفاده از فیبر گندم و صمغ های زانتان و گوار در فرمولاسیون همبرگر تاثیر معنی داری در مقدار PAHs تیمارها دارد به طوری که مقدار ترکیبات PAHs در کلیه تیمارها کاهش معنی داری را نسبت به نمونه شاهد نشان می دهد ($p < 0.05$). بر اساس نتایج بدست آمده مقدار BaP نمونه شاهد گریل شده ۱/۱۱ $\mu\text{g/kg}$ می باشد که به طور معنی داری بالاتر از سایر تیمارهاست ($p < 0.05$). در بین تیمارها کمترین مقدار BaP در نمونه حاوی ۲٪ فیبر گندم و ۰/۵٪ ترکیب زانتان و گوار (۰/۸۰ $\mu\text{g/kg}$) مشاهده می شود. همچنین نتایج نشان می دهند که مقدار PAH4 نمونه شاهد گریل شده ۲/۹۱ $\mu\text{g/kg}$ می باشد که به طور معنی داری بالاتر از سایر تیمارهاست ($p < 0.05$) و کمترین مقدار PAH4 در نمونه حاوی ۲٪ فیبر گندم و ۰/۵٪ ترکیب زانتان و گوار (۲/۰۷ $\mu\text{g/kg}$) مشاهده می شود. به طور کلی بررسی نتایج نشان می دهد که مقدار BaP و

در تحقیقی که توسط Mansour و Khalil [۱۸] انجام شد، تاثیر استفاده از فیبر گندم به عنوان جایگزین بخشی از چربی فرمولاسیون بر ترکیب شیمیایی همبرگر کم چرب مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که استفاده از فیبر در ترکیب همبرگر موجب کاهش درصد چربی و افزایش درصد رطوبت و پروتئین نمونه ها می گردد. در تحقیق Kim و همکاران [۱۹]، تاثیر استفاده از فیبر نامحلول حاصل از پوسته سویا بر مقدار pH همبرگر مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که استفاده از فیبر در فرمولاسیون همبرگر موجب افزایش مقدار pH نمونه ها می گردد. طبق تحقیق دیگری که توسط Ulu [۲۰] انجام شد، تاثیر استفاده از صمغ گوار بر ویژگیهای شیمیایی کوفته کم چرب مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که استفاده از صمغ در فرمولاسیون محصول موجب کاهش درصد چربی و افزایش درصد رطوبت نمونه ها می گردد که در نتیجه چربی جایگزین شده در محصولات کم چرب می باشد. در مطالعه دیگری که توسط Demirci و همکاران [۲۱] انجام شد تاثیر استفاده از صمغ های زانتان و گوار بر ترکیب شیمیایی کوفته مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که

PAH4 در کلیه تیمارها کمتر از حد مجاز تعیین شده توسط اتحادیه اروپا (به ترتیب ۵ $\mu\text{g/kg}$ و ۳۰ $\mu\text{g/kg}$) می باشد اما لازم به ذکر است که استفاده همزمان ترکیباتی همچون فیبر گندم و صمغ های زانتان و گوار در ترکیب همبرگر می تواند مقدار این ترکیبات سرطان زا را تا حد زیادی کاهش دهد. بر

اساس نتایج بدست آمده مقدار PAH8 نمونه شاهد گریل شده معادل ۵/۹۹ $\mu\text{g/kg}$ می باشد که به طور معنی داری بالاتر از سایر تیمارهاست ($p < 0.05$) و کمترین مقدار PAH8 مربوط به نمونه حاوی ۲٪ فیبر گندم و ۵٪ ترکیب زانتان و گوار (۴/۵۳ $\mu\text{g/kg}$) می باشد.

Table 2 Effects of polysaccharides on the formation of PAHs ($\mu\text{g/kg}$)

PAHs	Control	1% Wheat fiber	2% Wheat fiber	0.5% xanthan & guar	1% Wheat fiber/0.5% xanthan & guar	2% Wheat fiber/0.5% xanthan & guar
BaA	0.68 $\pm$ 0.015 ^{e*}	0.59 $\pm$ 0.103 ^c	0.51 $\pm$ 0.091 ^b	0.62 $\pm$ 0.134 ^d	0.50 $\pm$ 0.082 ^b	0.41 $\pm$ 0.021 ^a
BbFA	0.22 $\pm$ 0.009 ^d	0.20 $\pm$ 0.012 ^c	0.17 $\pm$ 0.022 ^b	0.20 $\pm$ 0.006 ^c	0.14 $\pm$ 0.014 ^a	0.13 $\pm$ 0.011 ^a
BaP	1.11 $\pm$ 0.055 ^f	1.01 $\pm$ 0.111 ^d	0.93 $\pm$ 0.101 ^c	1.05 $\pm$ 0.160 ^e	0.86 $\pm$ 0.042 ^b	0.80 $\pm$ 0.114 ^a
CHR	0.90 $\pm$ 0.112 ^f	0.80 $\pm$ 0.072 ^d	0.75 $\pm$ 0.025 ^c	0.86 $\pm$ 0.044 ^e	0.77 $\pm$ 0.132 ^b	0.73 $\pm$ 0.171 ^a
BkFA	0.31 $\pm$ 0.151 ^f	0.26 $\pm$ 0.028 ^d	0.23 $\pm$ 0.063 ^c	0.28 $\pm$ 0.094 ^e	0.20 $\pm$ 0.126 ^b	0.18 $\pm$ 0.102 ^a
BghiP	0.45 $\pm$ 0.033 ^e	0.40 $\pm$ 0.068 ^c	0.37 $\pm$ 0.054 ^b	0.43 $\pm$ 0.120 ^d	0.38 $\pm$ 0.046 ^b	0.33 $\pm$ 0.066 ^a
DBahA	1.20 $\pm$ 0.020 ^d	1.17 $\pm$ 0.049 ^c	1.13 $\pm$ 0.163 ^b	1.20 $\pm$ 0.135 ^d	1.14 $\pm$ 0.144 ^b	1.06 $\pm$ 0.058 ^a
IP	1.12 $\pm$ 0.088 ^f	1.03 $\pm$ 0.056 ^d	0.98 $\pm$ 0.128 ^c	1.07 $\pm$ 0.019 ^e	0.93 $\pm$ 0.007 ^b	0.89 $\pm$ 0.119 ^a

* Values are means $\pm$ S.D. for triplicate; Means with the same letter in a row were not significantly different at $p < 0.05$ level in different treatments

بر اساس گزارش Bardly [۲۲] استفاده از روشهای پخت با دمای بالا مانند گریل کردن موجب تشکیل انواع مختلفی از ترکیبات سمی از جمله ترکیبات PAHs می شود که به دلیل تراوش چربی بر روی شعله مستقیم در حین پخت مواد غذایی می باشد که منجر به تشکیل این ترکیبات سرطان زا می شود. همچنین اشاره گردید که احتراق ناقص منبع حرارتی نیز موجب تشکیل ترکیبات PAHs می شود و در نهایت این ترکیبات به دلیل ماهیت لیپوفیلی که دارند بر روی بخش های هیدروفوب مواد غذایی مانند چربیها جذب می شوند. طبق مطالعه Behnsnlian و همکاران [۲۳] و Saito و همکاران [۲۴] ترکیبات PAHs اساسا از رادیکال های آزاد ناشی از سوختن ناقص یا پیرولیز مواد آلی و در حین روشهای مختلف صنعتی تولید می شوند و می توانند از طریق پخت مواد غذایی بر روی شعله مستقیم نیز تشکیل شوند. به طور کلی مکانیسم های مختلفی برای تشکیل این ترکیبات وجود دارد که به نوع روش پخت بستگی دارد. ترکیبات PAHs می توانند در حین گریل کردن مواد غذایی در اثر تراوش چربی ذوب شده بر روی شعله و پیرولیز آن تشکیل شوند که موجب

آلودگی سطح ماده غذایی می گردد. طبق تحقیق Janoszka [۲۵] و Chung و همکاران [۲۶] ترکیبات PAHs مواد غذایی از یک طرف می تواند ناشی از آلودگی غذا با ترکیبات PAHs موجود در آب، خاک یا هوا باشد و از طرف دیگر می تواند ناشی از تشکیل این ترکیبات در حین فرآوری مواد غذایی با انواع روشهای پخت مانند گریل کردن باشد. در واقع رادیکال های آزاد تشکیل شده در حین احتراق مواد غذایی در دماهای بالا دستخوش نوترکیبی شده و PAHs سبک و به دنبال آن PAHs سنگین تشکیل می شود که به بخش های هیدروفوبیک زنجیره غذایی حرکت کرده و در نهایت در بخش های غنی از چربی مواد غذایی جای می گیرند [۷]. بر اساس گزارش Olatunji و همکاران [۲۷] مواد غذایی در حین فرآوری می توانند با ترکیبات PAHs آلوده گردند که این آلودگی می تواند ناشی از آروماریزاسیون چربی های موجود در بافت های گوشت، جذب سطحی از ترکیبات موجود در منبع حرارتی و یا از طریق سایر افزودنی های غذایی در حین فرآوری باشد و عنوان شد که ترکیبات PAHs جذب شده بر

روی محصولات گریل شده می تواند ناشی از پیرولیز چربی ذوب شده بر روی شعله و یا ناشی از منبع حرارتی باشد. با توجه به گزارش Hasyimah و همکاران [۲۸] تشکیل ترکیبات PAHs در حین گریل کردن محصولات گوشتی امری اجتناب ناپذیر می باشد چراکه ترکیبات ناشی از پیرولیز چربی در حین گریل کردن همراه با دود ایجاد شده به سطح محصول منتقل شده و محصول گریل شده را پوشش می دهند. در همین راستا Farhadian و همکاران [۴] و Farhadian و همکاران [۲۹] عنوان کردند که با جلوگیری از چکه کردن چربی ذوب شده بر روی منبع حرارتی می توان به طور موثری از تشکیل ترکیبات PAHs جلوگیری نمود. طبق مطالعه Garcia-Lomillo و همکاران [۶]، افزودن ترکیباتی همچون نشاسته، نمک و فسفات به فرمولاسیون همبرگر موجب کاهش افت پخت نمونه ها و به دنبال آن کاهش تشکیل ترکیبات جهش زا می گردد. Raman و Doble [۳۱، ۳۰] گزارش دادند که استفاده از ترکیباتی همچون فیبرها و صمغ ها در فرمولاسیون فرآورده های گوشتی نه تنها موجب کاهش تشکیل ترکیبات سرطان زا مانند ترکیبات PAHs می شود بلکه موجب کاهش جذب این ترکیبات در بدن نیز می گردد و عنوان شد که توانایی این ترکیبات در جلوگیری از تشکیل ترکیبات سرطان زا می تواند به دلیل توانایی آنها در حفظ آب و چربی در محصول و به عبارتی جلوگیری از خروج آنها باشد. مطالعات مختلفی درباره توانایی جذب آب و چربی انواع فیبر و صمغ صورت گرفته است که از آن جمله می توان به تاثیر استفاده از فیبر گندم [۳۳، ۳۲]، فیبر جو [۳۴]، فیبر سیب زمینی [۳۵]، فیبر نامحلول حاصل از پوسته سویا [۱۹]، صمغ گوار و کاراگینان [۳۶، ۲۰] و صمغ زانتان [۳۷] در ترکیب انواع فرآورده های گوشتی اشاره نمود که به دلیل افزایش حفظ آب و چربی در محصول موجب کاهش افت پخت فرآورده نهایی می گردند. بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق استفاده از فیبر گندم و صمغ های زانتان و گوار در فرمولاسیون همبرگر موجب کاهش تشکیل ترکیبات PAHs می گردد که احتمالا به دلیل تاثیر این ترکیبات در کاهش خروج چربی از فرآورده در حین پخت باشد.

۳-۳- تاثیر پلی ساکاریدها بر تشکیل ترکیبات

HCAs

نتایج نشان می دهند که استفاده از فیبر گندم و صمغ های زانتان و گوار در فرمولاسیون همبرگر تاثیر معنی داری در

مقدار HCAs تیمارها دارد (جدول ۳) به طوری که مقدار ترکیبات HCAs در کلیه تیمارها کاهش معنی داری را نسبت به نمونه شاهد نشان می دهد ($p < 0.05$). طبق نتایج بدست آمده مقدار IQ نمونه شاهد گریل شده 0.15 ng/g می باشد که به طور معنی داری بالاتر از سایر تیمارهاست ($p < 0.05$). کمترین مقدار IQ در بین تیمارها در نمونه حاوی ۲٪ فیبر گندم و ۵٪ ترکیب زانتان و گوار (0.04 ng/g) مشاهده می شود. لازم به ذکر است که مقدار MeIQ در هیچ کدام از نمونه ها قابل تشخیص نبود. همچنین مقدار MeIQx نمونه شاهد گریل شده 0.22 ng/g می باشد که به طور معنی داری بالاتر از سایر تیمارهاست ($p < 0.05$). بر اساس نتایج بدست آمده کمترین مقدار MeIQx مربوط به نمونه حاوی ۲٪ فیبر گندم و ۵٪ ترکیب زانتان و گوار (0.12 ng/g) می باشد. بررسی مقدار PhIP نمونه ها نیز نشان می دهد که غلظت آن در کلیه تیمارها بالاتر از سایر ترکیبات HCAs است به طوری که مقدار PhIP نمونه شاهد گریل شده 0.49 ng/g می باشد و کمترین مقدار PhIP در نمونه حاوی ۲٪ فیبر گندم و ۵٪ ترکیب زانتان و گوار (0.30 ng/g) مشاهده می شود. به طور کلی بر اساس نتایج بدست آمده مجموع ترکیبات HCAs نمونه شاهد 0.86 ng/g می باشد و کمترین مقدار مجموع ترکیبات HCAs در نمونه حاوی ۲٪ فیبر گندم و ۵٪ ترکیب زانتان و گوار 0.46 ng/g مشاهده می شود. بنابراین از آنجایی که دریافت روزانه ترکیبات HCAs می تواند از منابع مختلفی صورت بگیرد، استفاده از راهکارهای کاهش دهنده هر چه بیشتر این ترکیبات جهش زا و سرطان زا می تواند موجب ارتقا سلامت عمومی جامعه گردد.

تحقیقات نشان می دهند که مقدار رطوبت محصول فاکتوری موثر در تشکیل ترکیبات HCAs می باشد چراکه مهاجرت پیش سازهای محلول در آب ترکیبات جهش زا به سطح محصول با آب انجام می شود. بنابراین رطوبت بالای محصول موجب سهولت حرکت پیش سازهای ترکیبات HCAs از بخش های داخلی به سطح فرآورده می شود که این امر موجب افزایش تشکیل ترکیبات HCAs می گردد [۱۱] زیرا بر اساس گزارش Gibis و Weiss [۱۲]، ترکیبات HCAs از کراتین، آمینو اسیدهای آزاد و قندهای احیا کننده در طی واکنش میلارد و تیمار حرارتی بر روی سطح محصولات گوشتی تولید می شوند.

Table 3 Effects of polysaccharides on the formation of HCAs (ng/Kg)

HCAs	Control	1% Wheat fiber	2% Wheat fiber	0.5% xanthan & guar	1% Wheat fiber/0.5% xanthan & guar	2% Wheat fiber/0.5% xanthan & guar
IQ	0.15±0.031 ^{e*}	0.11±0.007 ^d	0.09±0.003 ^c	0.12±0.018 ^d	0.06±0.008 ^b	0.04±0.002 ^a
MeIQ	ND	ND	ND	ND	ND	ND
MeIQx	0.22±0.060 ^d	0.15±0.005 ^b	0.13±0.011 ^a	0.18±0.026 ^c	0.13±0.003 ^a	0.12±0.024 ^a
PhIP	0.49±0.081 ^f	0.40±0.052 ^d	0.36±0.013 ^c	0.43±0.033 ^c	0.33±0.021 ^b	0.30±0.042 ^a

* Values are means ± S.D. for triplicate; Means with the same letter in a row were not significantly different at p<0.05 level in different treatments

ND= Not Detected

کاهش مقدار رطوبت تیمارها می شود که این امر منجر به کاهش حرکت پیش سازهای ترکیبات HCAs از بخش های درونی به سطح فرآورده و در نتیجه کاهش تشکیل ترکیبات HCAs می گردد. همچنین کاهش تشکیل ترکیبات HCAs تیمارها می تواند به دلیل تاثیر فیبر گندم و صمغ های زانتان و گوار در کاهش خروج آب از فرآورده در حین پخت باشد.

۳- نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق استفاده از فیبر گندم و صمغ های زانتان و گوار در فرمولاسیون همبرگر تاثیر مثبتی بر کاهش تشکیل ترکیبات PAHs و HCAs در همبرگر گریل شده دارد. نقش پلی ساکاریدها در کاهش تشکیل ترکیبات سرطان زا به توانایی آنها در کاهش خروج چربی و رطوبت از بخش های داخلی فرآورده به سطح محصول می باشد. چربی عامل موثر برای تشکیل ترکیبات PAHs و رطوبت فاکتوری مهم در تشکیل ترکیبات HCAs می باشد و مهاجرت آنها به سطح همبرگر در حین گریل کردن موجب افزایش تشکیل ترکیبات با خاصیت سرطان زایی و موتاژن زایی می گردد. به طور کلی استفاده ترکیبی از فیبر گندم و صمغ های زانتان و گوار در فرمولاسیون همبرگر تاثیر بهتری بر کاهش تشکیل ترکیبات PAHs و HCAs تیمارها نشان داد که در نتیجه اثرات سینرژیستی آنها در کاهش مهاجرت پیش سازها به سطح فرآورده می باشد.

۵- منابع

[1] Bansal, V. & Kim, K.H. (2015). Review of PAH contamination in food products and their health hazards. Environment International, 84, 26-38.

همچنین در این مطالعه عنوان شد که با استفاده از فیبرهایی همچون میکروکریستالین سلولز (MCC) و صمغ هایی مانند کربوکسی متیل سلولز (CMC) می توان موجب افزایش نگهداری آب و در نتیجه کاهش انتقال جرم پیش سازها به سطح محصول در حین تیمار حرارتی و در نهایت کاهش تشکیل ترکیبات HCAs در همبرگر گریل شده گردید. از طرفی تحقیقات نشان می دهند که می توان با استفاده از ترکیباتی مانند نمک و تری پلی فسفات در فرمولاسیون همبرگر موجب کاهش تشکیل ترکیبات HCAs گردید که به دلیل تاثیر این ترکیبات در افزایش ظرفیت نگهداری آب و به عبارتی کاهش افت پخت نمونه ها می باشد که این امر موجب کاهش مهاجرت پیش سازها به سطح محصول می گردد [۱۳]. در تحقیق دیگری که توسط Persson و همکاران [۱۴] انجام شد تاثیر استفاده از کربوهیدرات هایی مانند سبوس گندم، فیبر سیب زمینی، نشاسته سیب زمینی، متیل سلولز و صمغ گوار بر تشکیل ترکیبات HCAs در همبرگر سرخ شده مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که استفاده از این ترکیبات موجب کاهش افت وزنی نمونه ها در حین پخت و در نتیجه کاهش مهاجرت پیش سازهای ترکیبات HCAs به سطح محصول گردیده و این امر منجر به کاهش تشکیل ترکیبات HCAs می گردد. بر اساس گزارش Raman و Doble [۳۱، ۳۰]. استفاده از ترکیباتی مانند فیبرها و صمغ ها در فرمولاسیون فرآورده های گوشتی موجب کاهش تشکیل ترکیبات HCAs و نیز کاهش جذب این ترکیبات در بدن می گردد و عنوان شد که توانایی این ترکیبات در جلوگیری از تشکیل ترکیبات سرطان زا می تواند به دلیل توانایی آنها در حفظ آب و چربی در محصول و به عبارتی جلوگیری از خروج آنها باشد. بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق استفاده از فیبر گندم و صمغ های زانتان و گوار در فرمولاسیون همبرگر موجب

- heterocyclic aromatic amines in grilled beef patties. *Food Chemistry*, 229, 828-836.
- [13] Persson, E., Sjöholm, I., Skog, K. (2003). Effects of high water-holding capacity on the formation of heterocyclic amines in fried beef burgers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(15), 4472-4477.
- [14] Persson, E., Sjöholm, I., Nyman, M., Skog, K. (2004). Addition of various carbohydrates to beef burgers affects the formation of heterocyclic amines during frying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(25), 7561-7566.
- [15] AOAC. (2005). AOAC; Official methods of analysis. (16th ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- [16] Gorji, M.E., Ahmadvani, R., Moazzen, M., Yunesian, M., Azari, A. & Rastkari, N. (2016). Polycyclic aromatic hydrocarbons in Iranian kebabs. *Food Control*, 60, 57-63.
- [17] Vangnai, K., Houser, T.A., Hunt, M. & Smith, J.S. (2014). Effect of enhancement on the formation of heterocyclic amines in cooked pork lions: Preliminary studies. *Meat Science*, 98, 88-93.
- [18] Mansour, E.H. & Khalil, A.H. (1997). Characteristics of low-fat beef burger as influenced by various types of wheat fibers. *Food Research International*, 30, 199-205.
- [19] Kim, H.W., Miller, D.K., Lee, Y.J., Kim, Y.H.B. (2016). Effects of soy hull pectin and insoluble fiber on physicochemical and oxidative characteristics of fresh and frozen/thawed beef patties. *Meat Science*, 117, 63-67.
- [20] Ulu, H. (2006). Effects of carrageenan and guar gum on the cooking and textural properties of low fat meatballs. *Food Chemistry*, 95, 600-605.
- [21] Demirci, Z.O., Yilmaz, I. & Demirci, A.S. (2014). Effects of xanthan, guar, carrageenan and locust bean gum addition on physical, chemical and sensory properties of meatballs. *Journal of Food Science and Technology*, 51(5), 936-942.
- [22] Badry, N. (2010). Effect of household cooking methods and some food additives on polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) formation in chicken meat. *World Applied Science Journal*, 9(9), 963-974.
- [23] Behsnilian, D., Butz, P., Greiner, R. & Lautenschlaeger, R. (2014). Process- induced undesirable compounds: chances of non-
- [2] Zelinkova, Z. & Wenzl, T. (2015). The occurrence of 16 EPA PAHs in food- A review. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 35, 248-284.
- [3] Domingo, J.L. & Nadal, M. (2016). Carcinogenicity of consumption of red and processed meat: What about environmental contaminants? *Environmental Research*, 145, 109-115.
- [4] Farhadian, A., Jinap, S., Hanifah, H.N. & Zaidul, I.S. (2011). Effects of meat preheating and wrapping on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in charcoal-grilled meat. *Food Chemistry*, 124, 141-146.
- [5] Lee, J.G., Kim, S.Y., Moon, J.S., Kim, S.H., Kang, D.H. & Yoon, H.J. (2016). Effects of grilling procedures on levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled meats. *Food Chemistry*, 199, 632-638.
- [6] Garcia- Lomillo, J., Viegas, O., Gonzalez-Sanjose, M.L. & Ferreira, I.M.P.L.V.O. (2017). Influence of red wine pomace seasoning and high- oxygen atmosphere storage on carcinogens formation in barbecued beef patties. *Meat Science*, 125, 10-15.
- [7] Singh, L., Varshney, J.G. & Agarwal, T. (2016). Polycyclic aromatic hydrocarbons formation and occurrence in processed food: A review. *Food Chemistry*, 199, 768-781.
- [8] Trafialek, J. & Kolanowski, W. (2014). Dietary exposure to meat- related carcinogenic substances: is there a way to estimate the risk? *International Journal of Food Science and Nutrition*, doi: 10.3109/09637486.2014.917146, 1-7.
- [9] Oz, F., Kizil, M., Zaman, A. & Turhan, S. (2016). The effects of direct addition of low and medium molecular weight chitosan on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chop. *LWT- Food Science and Technology*, 65, 861-867.
- [10] Gibis, M. (2016). Heterocyclic aromatic amines in cooked meat products: Causes, formation, occurrence, and risk assessment. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, 269-302.
- [11] Meurillon, M. & Engel, E. (2016). Mitigation strategies to reduce the impact of heterocyclic aromatic amines in proteinaceous foods: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 50, 70-84.
- [12] Gibis, M. & Weiss, J. (2017). Inhibitory effect of cellulose fibers on the formation of

- dietary fibers to bind mutagenic amines. *Journal of Applied Physiology*, 26, 2183-2191.
- [31] Raman, M. & Doble, M. (2015). Physicochemical characterization of wheat bran and *Kappaphycus alvarezii* dietary fibers and their ability to bind mutagens, PhIP, Trp-P-2, AαC and BαP. *LWT-Food Science and Technology*, 63, 169-176.
- [32] Sanchez-Alonso, I., Haji-Maleki, R., Borderias, A.J. (2007). Wheat fiber as a functional ingredient in restructured fish products. *Food Chemistry*, 100, 1037-1043.
- [33] Choe, J.H., Kim, H.Y., Lee, J.M., Kim, Y.J. & Kim, C.J. (2013). Quality of frankfurter-type sausages with added pig skin and wheat fiber mixture as fat replacers. *Meat Science*, 93, 849-854.
- [34] Pinero, M.P., Parra, K., Huerta-Leidenz, N., Arenas de Moreno, L., Ferrer, M., Araujo, S., Barboza, Y. (2008). Effect of oat soluble fiber (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. *Meat Science*, 80, 675-680.
- [35] Ktari, N., Smaoui, S., Trabelis, I., Nasri, M., Salah, R.B. (2014). Chemical composition, techno-functional and sensory properties and effects of three dietary fibers on the quality characteristics of Tunisian beef sausage. *Meat Science*, 96, 521-525.
- [36] Ayadi, M.A., Kechaou, A., Makni, I., Attia, H. (2009). Influence of carrageenan addition on turkey meat sausages properties. *Journal of Food Engineering*, 93, 278-283.
- [37] Luruena-Martinez, M.A., Vivar-Quintana, A.M. & Revilla, I. (2004). Effect of locust bean/ xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters. *Meat Science*, 68, 383-389.
- thermal approaches- A review. *Meat Science*, 98, 392-403.
- [24] Saito, E., Tanaka, N., Miyazaki, A. & Tsuzaki, M. (2014). Concentration and particle size distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons formed by thermal cooking. *Food Chemistry*, 153, 285-291.
- [25] Janoszka, B. (2011). HPLC- fluorescence analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in pork meat and its gravy fried without additives and in the presence of onion and garlic. *Food Chemistry*, 126, 1344-1353.
- [26] Chung, S.Y., Yettella, R.R., Kim, J.S., Kwon, K., Kim, M.C. & Min, D.B. (2011). Effects of grilling and roasting on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in beef and pork. *Food Chemistry*, 1420-1426.
- [27] Olatunji, O.S., Opeolu, B.O., Fatoki, O.S. & Ximba, B.J. (2013). Concentration profile of selected polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) fractions in some processed meat and meat products. *Food Measurement*, 7, 122-128.
- [28] Hasyimah, A.K.N., Jinap, S., Sanny, M. (2018). Simultaneous formation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and heterocyclic aromatic amines (HCAs) in gas-grilling beef satay at different temperatures. *Food Additives & Contaminants: Part A*, doi:10.1080/19440049.2018.1425553.
- [29] Farhadian, A., Jinap, S., Faridah, A. & Zaidul, I.S.M. (2012). Effects of marinating on the formation of polycyclic aromatic hydrocarbons (benzo[a]pyrene, benzo[b]fluoranthene and fluoranthene) in grilled beef meat. *Food Control*, 28, 420-425.
- [30] Raman, M. & Doble, M. (2014). Physicochemical and structural characterization of marine algae *Kappaphycus alvarezii* and the ability of its

Investigation the effects of addition of wheat fiber and xanthan and guar gums on the formation of PAHs and HCAs in grilled beef patties

Esfahani Mehr, A. ¹, Hosseini, S. E. ^{2*}, Seyadain Ardebili, S. M. ²

1. Ph.D. Student of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Science and Food Industrial, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Associate Professor of Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Science and Food Industrial, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

(Received: 2018/09/26 Accepted:2019/03/07)

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and heterocyclic aromatic amines (HCAs) are carcinogenic compounds formed while beef patties are cooked. The current study aimed to evaluate the effects of wheat fiber (1% and 2%), and the mixture of xanthan and guar gums (0.5%) on the PAHs and HCAs formation in the grilled beef patties. According to results, the application of wheat fiber, xanthan and guar gums in the formulation of beef patties significantly decreased moisture, fat and protein content, compared to the control. The pH values of treatments significantly increased compared to the control as a result of the application of wheat fiber and xanthan and guar gums. PAHs and HCAs levels in all treatments significantly decreased compared to the control. The highest reduction in these compounds was related to BkFA (42%) and IQ (74%). Generally speaking, the treatments consist of wheat fiber with xanthan and guar mixture selected as the best samples.

Keywords: Beef patties, PAHs, HCAs, Fiber, Gum

* Corresponding Author Email Address: ebhoseini@srbiau.ac.ir