

اثر مهارکنندگی عصاره رزماری و ویتامین‌های B₃ و B₆ بر تشکیل آکریلامید در سیب‌زمینی سرخ شده

پیمان قجربیگی^۱، ابوالفضل کامکار^۲، بهروز جنت^۳، اشرف حاج حسینی بابائی^۴

۱- نویسنده مسئول: دانشجوی دکترای ایمنی و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، پست الکترونیکی: pqajarbeygi@qums.ac.ir

۲- دانشیار پژوهشکده تحقیقاتی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران

۳- استاد گروه آموزشی مواد خوراکی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۴- پژوهشگر مرکز پژوهش‌های صنعتی و آزمایشگاه همکار دانش محور البرز، قزوین

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۲۶

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۳

چکیده

سابقه و هدف: روش‌های کاهش و مهار تشکیل آکریلامید می‌تواند به ارتقای سلامت محصولات غذایی و به دنبال آن، ایمنی غذای انسان کمک کند. در این مقاله، نقش مهارکنندگی عصاره رزماری و ویتامین‌های B₃ و B₆ بر تشکیل آکریلامید در سیب‌زمینی سرخ شده بررسی شد.

مواد و روش‌ها: برای هر نمونه سیب‌زمینی سرخ شده سه آزمایش با تأثیر هر یک از افزودنی‌ها ترتیب داده شد. نمونه‌های فراورده سرخ شده سیب‌زمینی با تأثیر عصاره رزماری و ویتامین‌های B₃ و B₆ با سطوح مختلف (۰/۲، ۱، ۲/۵، ۵ گرم در کیلوگرم از محصول) در سیستم غوطه‌وری به مدت ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه با نسبت وزنی مختلف و دمای سرخ کردن ۱۸۰°C به مدت ۴ دقیقه تهیه شد. ارزیابی مقدار آکریلامید با Gc/Ms انجام شد.

یافته‌ها: وقتی که عصاره رزماری و ویتامین‌های گروه B به اندازه ۱ و ۲/۵ گرم در کیلوگرم به محصول افزوده شد، مقدار آکریلامید در حدود ۸۲/۷٪ و ۵۰/۹٪ کاهش یافت. اثرات آنتی‌اکسیدانی عصاره رزماری و ویتامین‌های B₃ و B₆ در تشکیل آکریلامید با افزایش سطوح افزودنی به حدود ۱ و ۲/۵ گرم در کیلوگرم قابل ملاحظه بود. میزان کاهش آکریلامید در گروه‌های مورد بررسی تحت شرایط ثابت مقدار قندهای احیاءکننده، آسپاراژین و آکریلامید معین، با هم تفاوت معنی‌داری داشت.

نتیجه‌گیری: استفاده از ترکیب عصاره رزماری و ویتامین‌های B₃ و B₆ می‌تواند در کاهش قابل توجه یا مهار تشکیل آکریلامید مؤثر باشد، بدون این‌که تغییری در طعم و تردی محصول ایجاد کند. با توجه به قابلیت استفاده از این مواد در صنایع استفاده از آن‌ها برای کاهش مقدار آکریلامید در چیپس و فراورده‌های دیگر سیب‌زمینی و انواع محصولات غذایی غنی از کربوهیدرات مثل نان و بیسکویت پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: آکریلامید، آنتی‌اکسیدان، عصاره رزماری، ویتامین‌های B₃ و B₆، سیب‌زمینی سرخ شده

• مقدمه

دیگر از پژوهش‌ها نقش آسپاراژین را در تشکیل این ماده بی‌تأثیر گزارش کرده‌اند (۴). این واکنش فقط در فرایندهای حرارتی در دمای بالا صورت می‌گیرد (۵). البته، دمایی که منجر به انجام واکنش می‌شود، نسبت به نوع محصول ویژگی‌های آن، روش حرارت دادن و پختن متفاوت است. بیشترین مقدار این ماده در انواع فراورده‌های سیب‌زمینی سرخ شده گزارش شده است (۶). اثرات سرطان‌زایی، ایجاد مشکلات باروری در حیوانات مذکر و آسیب‌های عصبی آکریلامید در انسان شناخته شده است (۷). آکریلامید با تضعیف سیستم ایمنی بدن، خطر ابتلا به بیماری‌های عفونی

اداره ملی غذای کشور سوئد در ۲۴ آوریل سال ۲۰۰۲ وجود مقادیر بالای آکریلامید را در غذاهای حرارت دیده غنی از کربوهیدرات اعلام کرد (۱). تا قبل از کشف وجود آکریلامید در غذا تصور می‌شد که منبع اصلی دریافت آکریلامید، علاوه بر محیط‌های کارگری مرتبط با تولید آکریلامید، دخانیات و آب آشامیدنی است. طبق مقررات، مقدار آکریلامید در آب آشامیدنی به ۰/۵ µg/Kg محدود شد. (۲) در برخی پژوهش‌ها به این موضوع اشاره شده است که آکریلامید هنگامی تشکیل می‌شود که اسید آمینه آسپاراژین با قند گلوکز واکنش دهد (۳). در حالی که برخی

بسیاری از گیاهان مانند رزماری به طور گسترده غنی از فلاونوئیدها هستند که به عنوان آنتی اکسیدان مواد غذایی در سراسر جهان استفاده می شوند (۱۵). لازم به ذکر است که میزان عملکرد آنتی اکسیدان های طبیعی در فرایند به روش استخراج آن ها با انواع حلال ها نیز بستگی دارد.

• مواد و روش ها

مشخصات سیب زمینی و روغن مورد استفاده: برای انجام این تحقیق مقدار ۱۰ کیلوگرم سیب زمینی رقم/گریا در شرایط یکسان کاشت، داشت و برداشت از همدان تهیه و تا زمان تهیه چیپس در دمای 10°C نگهداری شد. برای سرخ کردن نمونه ها از روغن مخصوص سرخ کردنی بهار (کارخانه بهشهر) با اسیدیته، عدد پراکسید و عدد یدی به ترتیب 0.42% ، درصد 5.77meq/Kg ، 91.5 mg/100g و ویتامین های B_3 و B_6 مارک (شرکت DSM هلند) استفاده شد. عصاره ها به روش تقطیر با بخار توسط دستگاه کلونجر (MDF فرانسه، مدل MDF-20) تهیه شد. این عصاره ها با غلظت 15% در حلال اتانول حل شده بود. همه مواد شیمیایی و حلال های مورد استفاده از شرکت Merk (آلمان) با بالاترین خلوص خریداری شدند.

تولید آزمایشگاهی چیپس: ابتدا سیب زمینی ها شسته شد و پس از پوست گیری، برگه هایی به ضخامت $1/5$ میلی متر از آن ها تهیه شد. شستن و خیساندن در محلول عصاره رزماری و ویتامین های B_3 و B_6 و به مدت ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه صورت گرفت. مقدار ۱۰۰ گرم از برگه ها پس از خشک شدن در دمای 180°C به مدت ۴ دقیقه در یک سرخ کن خانگی سرخ شدند. سپس چیپس ها خنک و از نظر مقدار آکریلامید مورد آزمایش قرار گرفتند. برای هر نمونه سیب زمینی سرخ شده سه آزمایش با هر یک از افزودنی ها ترتیب داده شد.

تعیین ویژگی های فیزیکی و شیمیایی: درصد رطوبت سیب زمینی به روش AOAC شماره ۹۳۰/۱۵ (۱۶) و وزن مخصوص آن به روش (۱۷) اندازه گیری شد. برای اندازه گیری میزان گلوکز و فروکتوز سیب زمینی خام، ابتدا ۷ گرم از نمونه خرد و همگن شده با ۱۵۰ ml اتانول داغ به مدت ۳۰ ثانیه مخلوط شد. پس از عبور دادن مخلوط از صافی، محلول در گرمخانه 50°C خشک و سپس به قسمت خشک باقی مانده ۴۰ ml آب اضافه شد. به منظور رسوب دادن ناخالصی ها ۵ ml محلول سولفات روی 5% و $4/7\text{ ml}$ محلول هیدروکسید باریم 0.3% نرمال افزوده شد. مخلوط حاصل سانتریفوژ شد (3000 rpm به مدت ۱۰ دقیقه). سپس

و سرطان را افزایش می دهد. عوارض عصبی این سم شامل اختلال در هوشیاری، ضعف تحریک پذیری و تغییرات رفتاری است. اختلالات باروری مانند تغییر در رفتارهای جنسی ناباروری و سقط، تحریک شدن و قرمزی پوست، قرمزی چشم ها و عفونت های چشمی دیگر عوارض آکریلامید است. خطر آکریلامید در مقایسه با سایر مواد سمی شناخته شده در مواد غذایی می تواند صدها برابر باشد. (۸)

ویتامین ها و مواد معدنی از رایج ترین مواد در ارتقای کیفیت تغذیه ای محصولات غذایی به شمار می روند. برخی از ویتامین ها ممکن است از تولید مواد سمی در واکنش میلارد جلوگیری کنند. پیریدوکسامین از تشکیل ترکیبات نهایی حاصل از فرایند گلیکة شدن (AGEs) محصولات آمادوری جلوگیری می کند (۹). در هر حال با توجه به این که آکریلامید از محصولات واکنش میلارد است و برخی از ویتامین ها از تشکیل این ماده جلوگیری می کنند، هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر ویتامین های B_3 و B_6 و اثر عصاره گیاه رزماری به عنوان یک آنتی اکسیدان طبیعی قابل استفاده در صنعت بر مهار تشکیل آکریلامید در شرایط حرارت دهی مختلف بود.

سایر ویتامین های محلول در آب مانند B_2 ، PL، B_{12} و B_5 نیز بر اساس تحقیقات انجام شده در حدود 20% از تشکیل آکریلامید جلوگیری می کنند. به نظر می رسد که در بین ویتامین های گروه B ویتامین های B_3 و B_6 به علت پایداری ساختاری بیشتر، در جلوگیری از تشکیل آکریلامید مؤثرتر باشند. فعالیت بازدارندگی نسبی تشکیل آکریلامید در هیچ یک از ویتامین های محلول در چربی در حد مطلوب و مؤثر نیست و ویتامین D حتی سبب افزایش مقدار آکریلامید می شود (۱۰). می توان گفت گروه پایانه فعال (آمین اولیه، هیدروکسیل یا آلدهید) موجود در زنجیره کناری (گروه های R زنجیره جانبی) در چهار موقعیت می تواند نقش مهمی در تأثیر قابلیت ویتامین ها برای اختلال در برخی مراحل تشکیل آکریلامید داشته باشد (۱۱). برخی محققان فعالیت آنتی اکسیدانی را به عنوان یکی از عوامل جلوگیری از تشکیل آکریلامید معرفی کرده اند (۱۲). از طرفی بر اساس تحقیقات، افزودن مخلوط فلاونوئیدها به چیپس سیب زمینی نیز سبب کاهش آکریلامید می شود (۱۳). محققان معتقدند که افزودن فلاونوئید ممکن است از تبدیل آکروئین به آکرلیک اسید و در نهایت، تولید آکریلامید جلوگیری کند (۱۴).

(HP5) به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ mm و ضخامت ۰/۲۵ μ m استفاده شد.

روش آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای بیان متغیرهای کمی از آمار توصیفی به کمک میانگین و انحراف معیار و برای مقایسه میانگین نتایج از واریانس یکطرفه (ANOVA) استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن، برای تعیین تفاوت میانگین‌ها، آزمون تعاقبی دانکن (Duncan) انجام شد. برای بررسی وجود همبستگی بین متغیرها از آنالیز رگرسیون استفاده شده و در صورت معنی‌دار بودن، نمودارهای پراکنش و خط رگرسیون توسط نرم افزار اکسل (Excel) رسم شد.

• یافته‌ها

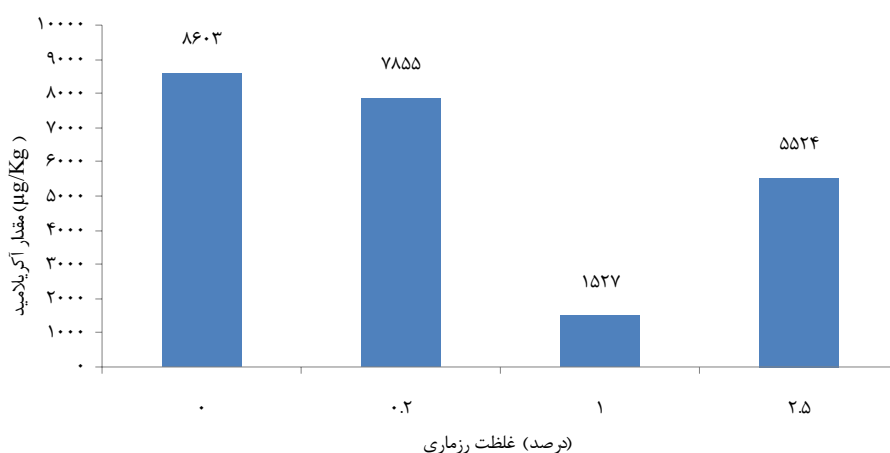
درصد ماده خشک سیب‌زمینی ۲۰/۰۴ و وزن مخصوص ۱/۰۸۰ و غلظت گلوکز سیب‌زمینی آگریا ۱۵۴۱ mg/Kg و غلظت فروکتوز ۶۶۳ mg/Kg و مجموع مقدار قند احیاکننده (گلوکز و فروکتوز) ۲۱۱۱ mg/Kg به دست آمد. همچنین طی بررسی، میزان اسیدهای آمینه آزاد سیب‌زمینی خام که ۱۱۱۷ mg/Kg بود که عمده‌ترین اسید آمینه آن آسپاراژین است.

بررسی نتایج آماری نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقدار آکریلامید در نمونه چیپس سیب‌زمینی تهیه شده شاهد و نمونه‌هایی که در سیستم غوطه‌وری آبی به مدت ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه در عصاره رزماری و ویتامین‌های B₃ و B₆ با نسبت وزنی مختلف و دمای سرخ کردن ۱۸۰°C به مدت ۴ دقیقه وجود دارد. ($P < ۰/۰۵$) مقدار آکریلامید در نمونه چیپس شاهد معادل ۸۶۰۳ μ g/Kg بود. و مقدار کاهش آکریلامید در مدل آبی غوطه‌وری در عصاره رزماری طی مدت ۳۰ دقیقه و دمای سرخ کردن ۱۸۰°C به مدت ۴ دقیقه با غلظت‌های ۰/۲٪، ۰/۱٪ و ۲/۵٪ به ترتیب ۱۱٪، ۸۲/۷٪، ۳۷/۵٪ بود. ($P < ۰/۰۵$ و $n = ۳$) (شکل ۱). این موضوع تقریباً در سایر تحقیقات با افزودنی‌های مشابه تأیید شده است (۲۲، ۲۳).

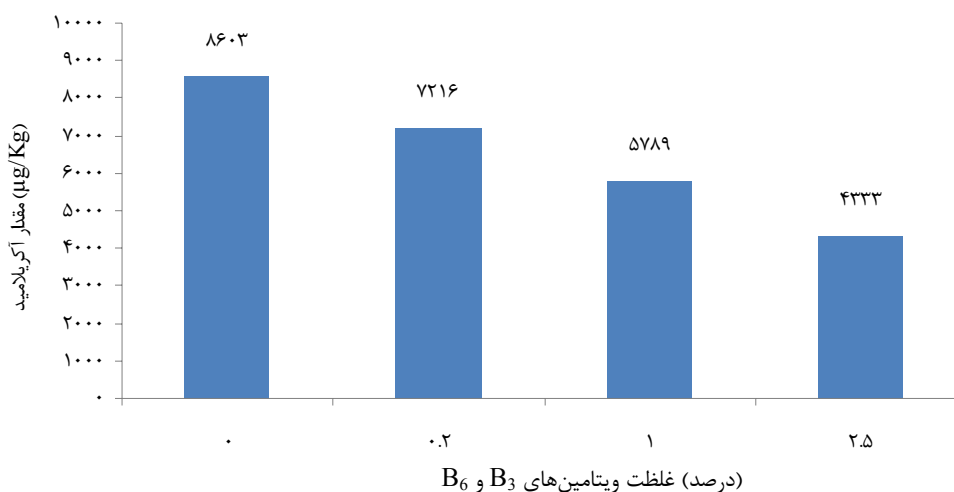
مقدار کاهش آکریلامید در مدل آبی غوطه‌وری در ترکیب ویتامین‌های B₃ و B₆ با نسبت مساوی ظرف به مدت ۳۰ دقیقه و دمای سرخ کردن ۱۸۰°C به مدت ۴ دقیقه با غلظت‌های ۰/۲٪، ۰/۱٪ و ۲/۵٪ به ترتیب ۱۸/۲٪، ۳۴/۴٪ و ۵۰/۹٪ بود. ($P < ۰/۰۵$ و $n = ۳$) (شکل ۲) همچنین، بررسی آماری نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین مقدار آکریلامید و زمان غوطه‌وری نیز وجود دارد ($P < ۰/۰۱$ و $n = ۳$) (شکل ۳).

فاز رویی بدون گرمخانه گذاری خشک شد. ظرف محتوی نمونه با ۲ ml آب مقطر شست و شو داده شد. محلول حاصل، از صافی ۰/۴۵ میکرومتر عبور داده شد و توسط دستگاه HPLC مجهز به دتکتور RI (WATERS انگلستان، مدل Hitachi HPLC) مورد آنالیز قرار گرفت (۱۸).

ترکیب اسیدهای آمینه آزاد سیب‌زمینی با استفاده از دستگاه HPLC (Hewlett-packard سری ۱۱۰۰، Agilent آمریکا) مجهز به دتکتور فلورسانس مدل A ۱۰۴۶ انجام شد. ستون به کار رفته C₈ به طول ۱۵۰ mm و قطر ۴/۶ mm بود. مراحل استخراج به شرح ذکر شده در منبع و پروتئین‌زدایی به ترتیب بر اساس روش Ardo و Polychroniadou انجام شد (۱۹). به منظور مشتق‌سازی اسیدآمینه نوع اول از محلول ارتوفتال دی‌آلدهید/ مرکاپتواتانول و مشتق‌سازی اسیدهای آمینه نوع دوم از محلول Fluorenylmethyl chloroformate طبق روش Ardo و Butikofer استفاده شد (۲۰). آکریلامید بر اساس روش‌های Tareke و Lehotay با انجام اصلاحات لازم اندازه‌گیری شد (۲۱). به این ترتیب که ۵/۶ گرم نمونه مطابق روش Lehotay آماده سازی شد. به طور خلاصه، پس از افزودن ۵۰۰ ng/g متاکریلامید به عنوان استاندارد داخلی ۵ ml هگزان و سپس به نسبت مساوی آب مقطر و استونیتریل به آن اضافه و کاملاً مخلوط شد. آن‌گاه ۵g مخلوط سولفات سدیم بدون آب و کلرید سدیم به آن افزوده، پس از سانتریفوژ کردن به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه لایه استونیتریلی به طور کامل جداسازی شد. سپس لایه استونیتریلی جمع‌آوری شده، بر اساس روش Tareke برومه شد. برای این منظور از پتاسیم بروماید، اسید هیدروبرومیک و آب برم اشباع استفاده شد. محلول حاصل به مدت یک شب در یخچال ۴°C قرار گرفت. سپس برم اضافی با افزودن مقدار لازم تیوسولفات سدیم ۰/۷ مولار (چند قطره) بی رنگ شد و پس از افزودن سولفات سدیم، محلول حاصل توسط ۶۵ ml اتیل استات، طی دو مرحله استخراج شد. فاز آبی حاصل پس از آب‌گیری توسط مقدار کافی سولفات سدیم، ابتدا به وسیله دستگاه تبخیرکننده چرخان (rotary evaporator) تحت خلأ تبخیر شد، سپس تحت گاز ازت تا حجم ۲۵۰ میکرولیتر تغلیظ شد. نمونه آماده تزریق تا زمان آزمایش در فریزر نگهداری شد. تعیین مقدار آکریلامید توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی، (مدل ۳۸۰۰، شرکت Varian استرالیا) مجهز به آشکارساز طیف جرمی varian مدل ۱۲۰۰ انجام شد. برای این کار از ستون موئین



شکل ۱. اثر عصاره رزماری بر تشکیل آکریل آمید در چیپس سیبزمینی. سیستم غوطه‌وری برش‌های سیبزمینی در غلظت‌های ۰/۲ و ۲/۵ درصد از محلول عصاره رزماری و سرخ شده در دمای 180°C به مدت ۳۰ دقیقه ($n=3$, $p<0.05$)



شکل ۲. اثر ترکیب ویتامین‌های B6 و B3 با نسبت مساوی بر تشکیل آکریل آمید در چیپس سیبزمینی. سیستم غوطه‌وری برش‌های سیبزمینی در غلظت‌های ۰/۲ و ۲/۵ درصد از محلول ویتامین‌های B6 و B3 و سرخ شده در دمای 180°C به مدت ۳۰ دقیقه ($n=3$, $p<0.05$)



شکل ۳. تشکیل آکریل آمید در چیپس سیبزمینی تحت زمان‌های غوطه‌وری مختلف ۰، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه در محلول ۱٪ از محلول عصاره رزماری و ترکیب ویتامین‌های B6 و B3 و سرخ شده در دمای 180°C به مدت ۳۰ دقیقه ($n=3$, $p<0.01$)

• بحث

از سال ۲۰۰۲ تاکنون مطالعات فراوانی در زمینه کاهش مقدار آکریلامید در محصولات غذایی مستعد تشکیل آکریلامید به ویژه چیپس سیبزمینی صورت گرفته است. یکی از راهکارهای مؤثر کاهش تشکیل آکریلامید در چیپس، افزایش غلظت مواد جایگزین در واکنش است. به طور مثال، می‌توان به افزودن غلظت سایر اسیدهای آمینه که با آسپاراژین در واکنش میلارد رقابت کنند یا تغییر شرایط فرایند سرخ کردن مواد غذایی و افزودن آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و یا مهارکننده‌های واکنش اشاره کرد (۲۲).

آکریلامید از طریق آکروئین یکی از مسیرهاست. آکروئین از گلیسرول حاصل از هیدرولیز گلیسیریدها که در اثر واکنش‌های اکسیداسیون و هیدرولیز چربی‌ها به وجود می‌آید، تشکیل می‌شود. از عوامل مؤثر بر واکنش اکسیداسیون می‌توان به نور، رطوبت، pH، فلزات و پراکسیدانت‌ها اشاره کرد (۲۳).

از آنجا که یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده مقدار آکریلامید، غلظت مواد واکنش دهنده یعنی مقدار قند احیا کننده و آسپاراژین است. در این مطالعه سعی شد که به کار بردن یک رقم سیبزمینی با شرایط کاشت، داشت و برداشت و شرایط انبارداری یکسان، تا حد امکان، متغیرهای دیگر حذف شوند و بتوان تغییرات مشاهده شده در مقدار آکریلامید را به افزودنی‌ها و آنتی‌اکسیدانت‌ها نسبت داد (۲۴). در این پژوهش، از نظر آماری، میان غلظت‌های افزودنی‌های عصاره رزماری و ترکیب ویتامین‌های B₃ و B₆ با نسبت مساوی در کاهش مقدار آکریلامید چیپس سیبزمینی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۱ و ۲) که نشان می‌دهد گروه پایانه فعال (آمین اولیه، هیدروکسیل یا آلدهید) موجود در زنجیره کناری در چهار موقعیت می‌تواند نقش مهمی در تأثیر قابلیت ویتامین‌ها جهت

اختلال در برخی مراحل تشکیل آکریلامید داشته باشند. همچنین، افزودن ترکیبات فلاونوئیدی ممکن است از تبدیل آکروئین به آکریلیک اسید و در نهایت تولید آکریلامید جلوگیری کند (۲۵). نتایج این پژوهش با یافته‌های Zang و همکاران در سال ۲۰۰۴ مطابقت دارد.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که انتخاب یک آنتی‌اکسیدانت طبیعی مناسب و عامل بازدارنده مؤثر در مسیر تشکیل آکریلامید می‌تواند یکی از عوامل اصلی مهار آکریلامید محسوب شوند. در میان مدل‌های مورد بررسی در این پژوهش، مدل سیستم آبکی محلول در عصاره رزماری و ویتامین‌های B₃ و B₆ به مدت غوطه‌وری ۳۰ دقیقه، مقدار کاهش بیشتری در آکریلامید را نشان داد (شکل ۳).

در این مقاله، اثر بازدارندگی عصاره رزماری و ترکیب ویتامین‌های B₃ و B₆ با نسبت مساوی بر تشکیل آکریلامید مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصل می‌توان گفت عصاره رزماری و ویتامین‌های مورد اشاره می‌توانند از تشکیل آکریلامید جلوگیری کنند. همچنین، به نظر می‌رسد که امکان به کارگیری این ترکیب در سایر محصولات غذایی غنی از کربوهیدرات که در شرایط دمایی بالا سرخ شده یا حرارت می‌بینند طبق مطالعه انجام شده وجود دارد. البته، می‌توان مشاهده کرد که آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در مقادیر زیاد بر عکس نقش پراکسیدانت‌ها یعنی تشدیدکننده واکنش را از خود نشان می‌دهند (۲۶).

سپاسگزاری

لازم می‌دانیم از زحمات و راهنمایی ارزنده آقای مهندس پرویز مدیر عامل شرکت نمونه آزمای پاسارگاد، در انجام مراحل آزمایشگاهی اندازه‌گیری آکریلامید کمال تشکر را داشته باشیم.

• References

1. Svensson K, Abramsson L, Becker W, Glynn A. Dietary intake of acrylamide in Sweden. Food Chem Toxicol 2003; 41: 1581-86.
2. Rice JM. The carcinogenicity of acrylamide. Mutat Res 2005;580:3-20.
3. Stadler RH, Blank I, Varga N, Robert F, Hau J, Guy PA, Robert M-C, Riediker S. Acrylamide from Maillard reaction products. Nature 2002;419:449-50.
4. Zyzak DV, Sanders RA, Stojanovic M, Tallmadge DH, Eberhart BL, Ewald DK, et al. Acrylamide formation mechanism in heated foods. J Agric Food Chem 2003;51:4782-7.

5. Yaylayan VA, Wnorowski A, Perez Locas C. Why asparagines needs carbohydrates to generate acrylamide. *J Agric Food Chem* 2003;51:1753-57.
6. Mottram DS, Wedzicha BL, Dodson AT. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* 2002;419:448-49
7. Lopachin RM. The changing view of acrylamide neurotoxicity. *Neurotoxicol* 2004 ; 25:617-30
8. Friedman M. Chemistry, biochemistry and safety of Acrylamide. *J Agric Food Chem* 2003; 51:4504-526
9. Khalifah RG, Baynes JW, Hudson BG. Amadorins: Novel post Amadori inhibitors of advanced glycation reactions. *Biochemistry Biophysics Research Communication* 1999; 257(2): 251-58.
10. Zeng X, Cheng KW, Jiang Y, Lin ZX, Shi JJ, Ou SY, et al. Inhibition of acrylamide formation by vitamins in model reactions and fried potato strips. *J Food Chem* 2009; 116: 34-39.
11. Kim CT, Hwang ES, Lee H J. Reducing acrylamide in fried snack products by adding amino acids. *J Food Science* 2006; 70(5): C354-C358.
12. Zhang Y, Bao BL, Lu BY, Ren YP, Tie XW, Zhang Y. Determination of flavone C-glucosides in antioxidant of bamboo leaves (AOB) fortified foods by reversed-phase high-performance liquid chromatography with ultraviolet diode array detection. *J Chromatogr A* 2005;1065:177-85.
13. Fernández S, Kurppa L, Hyvönen L. Content of acrylamide decreased in potato chips with addition of a proprietary flavonoid spice mix (Flavomare®) in frying. *Inn Food Technol* 2003;17:24-26.
14. Vatter DA, Shetty K. Acrylamide in food: A model for mechanism of formation and its reduction. *Innovat Food Sci Emerg Tech* 2003; 4(3): 331-38.
15. Stadler RH, Robert F, Riediker P, Varga N, Davidek T, Devaud SP. Indepth mechanistic study on the formation of acrylamide and other vinylogous compounds by the Maillard reaction. *J Agric and Food Chem* 2004; 52(17); 5550-58.
16. Cunniff P , editor. Official methods of analysis of AOAC international , 16th ed., 3rd Revision, Maryland , AOAC international .1997.
17. Palvista AD, Ojava JC. Potato Chips and French fries processing. In : *Processing vegetables*. Switerland : Technomic Pub Co . 1997.p.237-85
18. Tilson HA. The neurotoxicity of acrylamide: an overview. *Neurobehavior Toxicology and Terato* 1981; 3(4): 445-61.
19. Ardo Y , Polychroniadou A. Analysis of free amino acids and amines. In: *laboratory manual for chemical analysis of cheese*. Luxembourg: Office for Official Publications of the EC .p. 1999: 67-78.
20. Butikofer U Ardo Y. Quantitative determination of free amino acids in cheese. *Chemical methods for evaluating proteolysis in cheese maturation*. Belgium: Int Dairy Fed; 1999.p. 24-32.
21. Tareke E, Rydberg P, Karlsson P, Eriksson S, Törnqvist M. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J Agric Food Chem* 2002;50:4998-5006.
22. Lou DD, Zhang Y, Wu XQ, Qi JJ, Zhuo YX. Application of antioxidant of bamboo leaves (AOB) in Weixin western sausages. *Chin Food Fermentat Ind* 2004; 30:13-17.
23. Kita A, Bråthen E, Knutsen SH, Wicklund T. Effective ways of decreasing acrylamide content in potato crisps during processing. *J Agric Food Chem* 2004; 52:7011-16.
24. Kumar D, Singh B, Kumar P. An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. *Ann Appl Biol* 2004; 145:247-56 .
25. Fernández S, Kurppa L, Hyvönen L. Content of acrylamide decreased in potato chips with addition of a proprietary flavonoid spice mix (Flavomare®) in frying. In: *Food Technol* 2003;17:24-26. Y
26. Hu C, Zhang Y, Kitts DD. Evaluation of antioxidant and prooxidant activities of bamboo *Phyllostachys nigra* var. *Henonis* leaf extract in vitro. *J Agric Food Chem* 2000;48:3170-76.

Inhibitory effects of rosemary extract and vitamins niacin (B₃) and pyridoxine (B₆) on acrylamide formation in potato chips

Qagharbeigi P^{*1}, Kamkar A², Jannat B³, Haj Hosseini Babaei A⁴

1- **Corresponding author: PhD Student in Food Safety & Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine, Tehran University, Tehran, Iran. E-mail: pqajarbeygi@qums.ac.ir*

2- *Associate Prof, Research Institute of Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Tehran University, Tehran, Iran*

3- *Professor, Dept. of Bromatology, Faculty of Pharmacology, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.*

4- *Researcher, Dept. of Food Science and Chemistry Technology, Danesh Mehvar Alborz Research Center Qazvin, Iran.*

Received 17 Sept, 2011

Accepted 4 Dec, 2011

Background and Objective: Inhibition, even reduction, of acrylamide formation during processing of foods, can help produce more healthy food and, consequently, promote food safety. The objective of this study was to investigate the effects of rosemary extract (RE) and vitamins niacin (B₃) and pyridoxine (B₆) on acrylamide formation in potato chips.

Materials and Methods: Samples of potatoes, to which RE, vitamin B₃ or vitamin B₆ had been added at 3 levels, namely, 0.2, 1.0 and 2.5 g/kg, in a deeping system for 15, 30, and 60 minutes, were fried for 4 minutes, the frying temperature being 180 °C. The acrylamide level in potato chips was determined by gas chromatography (GC/MS).

Results: Addition of RE and the vitamins at a level of 1 and 2.5 g/kg potatoes, respectively, resulted in acrylamide reduction by 82.7% and 50.9%. The antioxidant effect of RE and the vitamins at these levels preventing acrylamide formation was considerable. The magnitudes of acrylamide reduction in the fried potato samples with any given content of reducing sugars, asparagine and acrylamide were significantly different.

Conclusion: The findings indicate that both rosemary extract and the vitamins B₃ and B₆ could significantly reduce the acrylamide content produced in potato chips, with no change in flavor and crispness. The use of these 3 additives to reduce acrylamide formation is recommended for potato chips, fried and other potato products, as well as for other high-carbohydrate foods, such as bread and biscuits.

Keywords: Acrylamide, Potato chips, Antioxidant, Rosemary extract, Vitamin B₃, Vitamin B₆

