مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هفتم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، صفحات ۷۳-۶۷

اثر مهارکنندگی عصاره رزماری و ویتامین‌های B_3 و B_6 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 B_3 و B_6 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 B_3 و B_6 با سطوح مختلف (۲/۵، ۱، ۰/۲ 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 آنتی‌آکسیدانتی عصاره رزماری و ویتامین‌های B_3 و B_6 در تشکیل آکریلامید با افزایش سطوح افزودنی به حدود ۱ و ۲/۵ گرم در کیلوگرم قابل ملاحظه بود. میزان کاهش آکریلامید درگروه‌های 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 B_3 و B_6 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 غذاییِ غنی از کربوهیدرات مثل نان و بیسکویت پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: آکریلامید، آنتی‌اکسیدان، عصاره رزماری، ویتامین‌های B_3 و B_6، سیب‌زمینی سرخ شده

• مقدمه

اداره ملی غذای کشور سوئد در ۲۴ آوریل سال ۲۰۰۲ وجود مقادیر بالای آکریلامید را در غذاهای حرارت دیدهٔ 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 آسپارژین با قند گلوکز واکنش دهد (۳). در حالی که برخی دیگر از پژوهش‌ها نقش آسپاراژین را در تشکیل این ماده بی‌تأثیر گزارش کرده‌اند (۴). این واکنش فقط درفرایندهای حرارتی دردمای 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

Archive of SID
www.SID.ir

و سرطان را افزایش می‌دهد. عوارض عصبی این سم شامل اختلال در هوشیاری، ضعف تحریک‌پذیری و تغییرات رفتاری است. اختلالات باروری مانند تغییر در رفتارهای جنسی ناباروری و سقط، تحریک شدن و قرمزی پوست، قرمزی چشم‌ها و عفونت‌های چشمی دیگر عوارض آکریلامید است. خطر آکریلامید در مقایسه با سایر مواد سمی شناخته شده در مواد غذایی می‌تواند صدها برابر باشد. (۸)

ویتامین‌ها و مواد معدنی از رایج‌ترین مواد در ارتقای کیفیت تغذیه‌ای محصولات غذایی به شمار می‌روند. برخی از ویتامین‌ها ممکن است از تولید مواد سمی در واکنش میلارد جلوگیری کنند. پیریدوکسامین از تشکیل ترکیبات نهایی حاصل از فرایند گلیکه شدن (AGEs) محصولات آمادوری جلوگیری می‌کند (۹). در هر حال با توجه به این‌که آکریلامید از محصولات واکنش میلارد است و برخی از ویتامین‌ها از تشکیل این ماده جلوگیری می‌کنند، هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر ویتامین‌های B_3 و B_6 و اثر عصاره گیاه رزماری به عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی قابل استفاده در صنعت بر مهار تشکیل آکریلامید در شرایط حرارت‌دهی مختلف بود.

سایر ویتامین‌های محلول در آب مانند B_2، PL، B_{12} و B_5 نیز بر اساس تحقیقات انجام شده در حدود ۲۰٪ از تشکیل آکریلامید جلوگیری می‌کنند. به نظر می‌رسد که در بین ویتامین‌های گروه B ویتامین‌های 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 ویتامین‌ها ی محلول در چربی در حد مطلوب و مؤثر نیست و ویتامین D حتی سبب افزایش مقدار آکریلامید می‌شود (۱۰). می‌توان گفت گروه پایانه فعال (آمین اولیه، هیدروکسیل یا آلدهید) موجود در زنجیره کناری(گروه‌های R زنجیره جانبی) در چهار موقعیت می‌تواند نقش مهمی در تأثیر قابلیت ویتامین‌ها برای اختلال در برخی مراحل تشکیل آکریلامید داشته باشد (۱۱). برخی محققان فعالیت آنتی‌اکسیدانی را به عنوان یکی از عوامل جلوگیری از تشکیل آکریلامید معرفی کرده‌اند (۱۲). از طرفی بر اساس تحقیقات، افزودن مخلوط فلاونوئیدها به چیپس سیب‌زمینی نیز سبب کاهش آکریلامید می‌شود (۱۳). محققان معتقدند که افزودن فلاونوئید ممکن است از تبدیل آکرولئین به آکریلیک اسید و در نهایت، تولید آکریلامید جلوگیری کند (۱۴).

بسیاری از گیاهان مانند رزماری به طور گسترده غنی از فلاونوئیدها هستند که به عنوان آنتی‌اکسیدان مواد غذایی در سراسر جهان استفاده می‌شوند (۱۵). لازم به ذکر است که میزان عملکرد آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در فرایند به روش استخراج آن‌ها با انواع حلال‌ها نیز بستگی دارد.

• مواد و روش‌ها

مشخصات سیب‌زمینی و روغن مورد استفاده: برای انجام این تحقیق مقدار ۱۰ کیلوگرم سیب‌زمینی رقم *آگریا* در شرایط یکسان کاشت، داشت و برداشت از همدان تهیه و تا زمان تهیه چیپس در دمای $10^{\circ}C$ نگهداری شد. برای سرخ کردن نمونه‌ها از روغن مخصوص سرخ کردنی *بهار* (*کارخانه بهشهر*) با اسیدیته، عدد پراکسید و عدد یدی به ترتیب ۰/۰۴۲ درصد، ۰/۵۷۷meq/Kg، ۹۱/۵ mg/100g و ویتامین‌های B_3 و B_6 مارک (شرکت DSM هلند) استفاده شد. عصاره‌ها به روش تقطیر با بخار توسط دستگاه کلونجر (MDF فرانسه، مدل MDF-20) تهیه شد. این عصاره‌ها با غلظت ۱۵٪ در حلال اتانول حل شده بود. همه مواد شیمیایی و حلال‌های مورد استفاده از شرکت Merk (آلمان) با بالاترین خلوص خریداری شدند.

تولید آزمایشگاهی چیپس: ابتدا سیب‌زمینی‌ها شسته شد و پس از پوست‌گیری، برگه‌هایی به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر از آن‌ها تهیه شد. شستن و خیساندن در محلول عصاره رزماری و ویتامین‌های B_3 و B_6 و به مدت ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه صورت گرفت. مقدار ۱۰۰ گرم از برگه‌ها پس از خشک شدن در دمای $180^{\circ}C$ به مدت ۴ دقیقه در یک سرخ‌کن خانگی سرخ شدند. سپس چیپس‌ها خنک و از نظر مقدار آکریلامید مورد آزمایش قرار گرفتند. برای هر نمونه سیب‌زمینی سرخ شده سه آزمایش با هر یک از افزودنی‌ها ترتیب داده شد.

تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی: درصد رطوبت سیب‌زمینی به روش AOAC شماره ۹۳۰/۱۵ (۱۶) و وزن مخصوص آن به روش (۱۷) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان گلوکز و فروکتوز سیب‌زمینی خام، ابتدا ۷ گرم از نمونه خرد و همگن شده با ml ۱۵۰ اتانول داغ به مدت ۳۰ ثانیه مخلوط شد. پس از عبور دادن مخلوط از صافی، محلول در گرمخانه $50^{\circ}C$ خشک و سپس به قسمت خشک باقی‌مانده ml ۴۰ آب اضافه شد. به منظور رسوب دادن ناخالصی‌ها ml ۵ محلول سولفات روی ۵ ٪ و ml ۴/۷ محلول هیدرو کسید باریم ۰/۳ نرمال افزوده شد. مخلوط حاصل سانتریفوژ شد (۳۰۰۰ rp/min) به مدت ۱۰ دقیقه). سپس

Archive of SID

www.SID.ir

فاز رویی بدون گرمخانه گذاری خشک شد. ظرف محتوی نمونه با ۲ml 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 انگستان، 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 C_8 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 ارتوفتال‌دی‌آلدهید/ 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 ng/g ۵۰۰ متآکریلامید به عنوان استاندارد داخلی ml ۵ هگزان و سپس به نسبت مساوی آب مقطر و استونیتریل به آن اضافه و کاملاً مخلوط شد. آن‌گاه 5g 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 ml ۶۵ 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 مویین (HP5) به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ mm و ضخامت ۰/۲۵ µm استفاده شد.

روش آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای بیان متغیرهای کمّی 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.

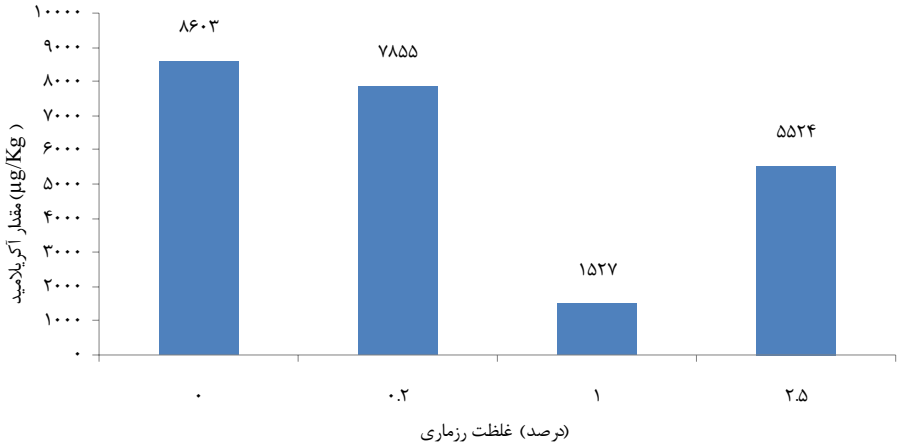
• یافته‌ها

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

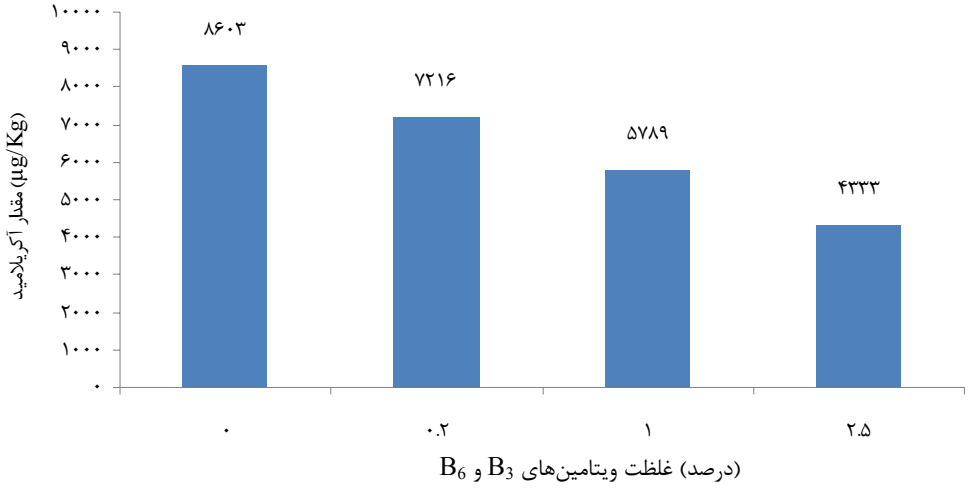
بررسی نتایج آماری نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقدار آکریلامید در نمونه چیپس سیب‌زمینی تهیه شده شاهد و نمونه هایی که در سیستم غوطه‌وری آبی به مدت ۱۵، ۳۰و ۶۰ دقیقه در عصاره رزماری و ویتامین‌های B_3 و B_6 با نسبت وزنی مختلف و دمای سرخ کردن ۱۸۰°C به مدت ۴ دقیقه وجود دارد. ($P<۰/۰۵$) مقدار آکریلامید در نمونه چیپس شاهد معادل µg/Kg ۸۶۰۳ 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٪، 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 (۲۳، ۲۲).

مقدار کاهش آکریلامید در مدل آبی غوطه‌وری در ترکیب ویتامین‌های B_3 و B_6 با نسبت مساوی ظرف به مدت ۳۰ دقیقه و دمای سرخ کردن ۱۸۰°C به مدت ۴ دقیقه با غلظت‌های ۰/۲٪، 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 غوطه وری نیز وجود دارد ($P < ۰/۰۱$ و $n =۳$) (شکل۳).

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱ . اثر عصاره رزماری بر تشکیل آکریل‌آمید در چیپس سیب‌زمینی. سیستم غوطه‌وری برش‌های سیب‌زمینی در غلظت‌های ۰/۲، ۱ و ۲/۵ درصد از محلول عصاره رزماری و سرخ شده در دمای ۱۸۰ °C به مدت ۳۰ دقیقه (n=3 , p<0.05)



شکل ۲ . اثر ترکیب ویتامین‌های B_3 و B_6 با نسبت مساوی بر تشکیل آکریل‌آمید در چیپس سیب‌زمینی. سیستم غوطه‌وری برش‌های سیب‌زمینی در غلظت‌های ۰/۲، ۱ و ۲/۵ درصد از محلول ویتامین‌های B_3 و B_6 و سرخ شده در دمای ۱۸۰ °C به مدت ۳۰ دقیقه (n=3 , p<0.05)

شکل ۳ . تشکیل آکریل‌آمید در چیپس سیب‌زمینی تحت زمان‌های غوطه‌وری مختلف ۰، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه در محلول ۱ ٪ از محلول عصاره رزماری و ترکیب ویتامین‌های B_3 و B_6 و سرخ شده در دمای ۱۸۰°C به مدت ۳۰ دقیقه (n=3 , p<0.01)

www.SID.ir

• 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 امینه 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 آکرولئین یکی از مسیرهاست. آکرولئین 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 آسپارژین 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 B_3 و B_6 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 آکرولئین 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 B_3 و B_6 به مدت غوطه وری ۳۰ دقیقه، مقدار کاهش بیشتری در آکریلامید را نشان داد (شکل ۳).

در این مقاله، اثر بازدارندگی عصاره رزماری و ترکیب ویتامین‌های B_3 و B_6 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 دمای 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.

Archive of SID
www.SID.ir

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 flovoniod spice mix (Flavomare®) in frying. Inn Food Technol 2003;17:24-26.

14. Vattem 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 heatedfoodstuffs. 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. Effecitive 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 flovoniod 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.

Archive of SID

www.SID.ir

Inhibitory effects of rosemary extract and vitamins niacin (B_3) and pyridoxine (B_6) on acrylamide formation in potato chips

Qagharbeigi P[1], Kamkar A[2], Jannat B[3], Haj Hosseini Babaei A[4]*

*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 Institue 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 (B_3) and pyridoxine (B_6) on acrylamide formation in potato chips.

Materials and Methods: Samples of potatoes, to which RE, vitamin B_3 or vitamin B_6 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 B_3 and B_6 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 acryamide formation is recommended for potato chips, fried and other potato products, as well as for otherv high-carbohydrate foods, such as bread and biscuits.

Keywords: Acrylamide, Potato chips, Antioxidant, Rosemary extract, Vitamin B_3, Vitamin B_6

Archive of SID

www.SID.ir