

اثر مهارکنندگی عصاره رزماری و ویتامین‌های B_3 و B_6 بر تشکیل آکریلامید در سیبزمینی سرخ شده

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

- ۱- نویسنده مسئول: دانشجوی دکترا اینمی و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپرشکی، دانشگاه تهران، پست الکترونیکی: pqajarbeygi@qums.ac.ir
۲- دانشیار پژوهشکده تحقیقاتی، دانشکده دامپرشکی، دانشگاه تهران
۳- استاد گروه آموزشی مواد خوارکی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۴- پژوهشگر مرکز پژوهش‌های صنعتی و آزمایشگاه همکار دانش محور البرز، قزوین

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۳

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۲۶

چکیده

سابقه و هدف: روش‌های کاهش و مهار تشکیل آکریلامید می‌تواند به ارتقای سلامت محصولات غذایی و به دنبال آن، اینمی 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 (۰/۲، ۱، ۰/۵ گرم در کیلوگرم از محصول) در سیستم غوطه‌وری به مدت ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه با نسبت وزنی مختلف و دمای سرخ کردن 180°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 ۰/۵ گرم در کیلوگرم به محصول افزوده شد، مقدار آکریلامید در حدود ۷/۸۲٪ و ۹/۵۰٪ کاهش یافت. اثرات آنتی‌اکسیدانتی عصاره رزماری و ویتامین‌های B_3 و B_6 در تشکیل آکریلامید با افزایش سطوح افزودنی به حدود ۱ و ۰/۵ گرم در کیلوگرم قابل ملاحظه بود. میزان کاهش آکریلامید در گروه‌های مورد بررسی تحت شرایط ثابت مقدار قندهای احیاء‌کننده، آسپارازین و آکریلامید معین، با هم تفاوت معنی داری 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 این که 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 کربوهیدراتات مثل نان و بیسکویت پیشنهاد می‌شود.

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

• مقدمه

دیگر از پژوهش‌ها نقش آسپارازین را در تشکیل این ماده بی‌تأثیر گزارش کردند (۴). این واکنش فقط در فرایندهای 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 سلطان‌زاوی، ایجاد مشکلات باروری در حیوانات مذکور 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 کربوهیدراتات 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 $0/5 \mu\text{g/Kg}$ محدود شد. (۲) در برخی پژوهش‌ها به این موضوع اشاره شده است که آکریلامید هنگامی تشکیل می‌شود که اسید آمینه آسپارازین با قند گلوكز واکنش دهد (۳). در حالی که برخی

بسیاری از گیاهان مانند رزماری به طور گستردگی 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 اگریا در شرایط یکسان کاشت، داشت و برداشت از همدان تهیه و تا زمان تهیه چیپس در دمای 10°C نگهداری شد. برای سرخ کردن نمونه‌ها از روغن مخصوص سرخ کردنی بهار (کارخانه بهشهر) با اسیدیته، عدد پراکسید و عدد یدی به ترتیب $0/042$ درصد، $0/577\text{meq/Kg}$ ، $0/5/100\text{g}$ و $91/5$ ویتامین‌های B_3 و B_6 مارک (شرکت DSM هلند) استفاده شد. عصاره‌ها به روش تقطیر با بخار توسط دستگاه کلونجر (MDF-20 فرانسه، مدل MDF-20) تهیه شد. این عصاره‌ها با غلظت ۱۵٪ در حل 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 $1/5$ میلی‌متر از آن‌ها تهیه شد. شستن و خیساندن در محلول عصاره رزماری و ویتامین‌های B_3 و B_6 و به مدت 15 ، 30 و 60 دقیقه صورت گرفت. مقدار 100 گرم از برگه‌ها پس از خشک شدن در دمای 180°C به مدت 4 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 $1/5$ (۹۳۰) و وزن مخصوص آن به روش (۱۷) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان گلوكز و فروکتوز سیب‌زمینی خام، ابتدا 7 گرم از نمونه خرد و همگن شده با 150 ml اتانول داغ به مدت 30 ثانیه مخلوط شد. پس از عبور دادن مخلوط از صافی، محلول در گرماخانه 50°C خشک و سپس به قسمت خشک باقی‌مانده 40 ml آب اضافه شد. به منظور رسوب دادن ناخالصی‌ها 5 ml محلول سولفات روی 5% و $4/7\text{ ml}$ محلول هیدروکسید باریم $3/0$ نرمال افزوده شد. مخلوط حاصل سانتریفیوژ شد (3000 rp/min) به مدت 10 دقیقه. سپس

و سلطان 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 این که 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 20% 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 ای 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 آلدھید) 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).

(HP5) به طول ۳۰ متر، قطر داخلی $25/25\text{ mm}$ و ضخامت $25\text{ }\mu\text{m}$ 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 معنی دار 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 معنی دار بودن، نمودارهای پراکنش و خط رگرسیون توسط نرم افزار اکسل (Excel) رسم شد.

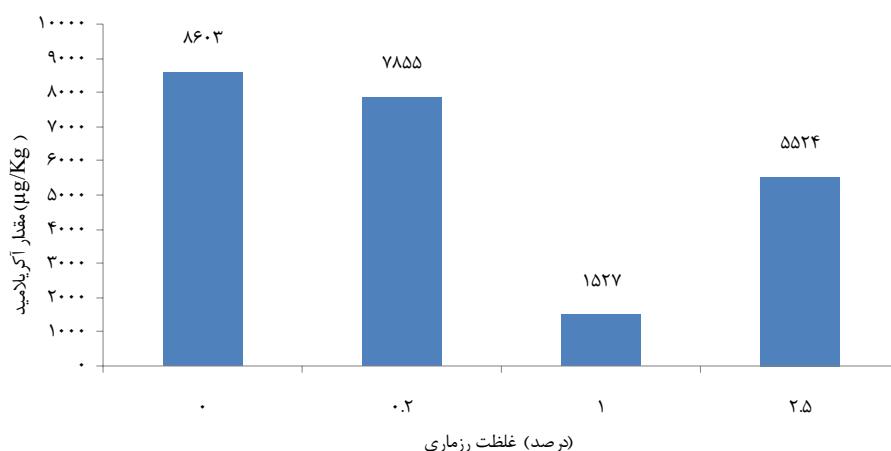
۰ یافته‌ها

درصد ماده خشک سیب‌زمینی $4/0/0\text{ mg/Kg}$ و وزن مخصوص $1/0/80\text{ mg/Kg}$ و غلظت گلوکز سیب‌زمینی اگریا 1541 mg/Kg و غلظت فروکتوز 663 mg/Kg و مجموع مقدار قند احیاکننده (گلوکز و فروکتوز) 2111 mg/Kg به دست آمد. همچنین طی بررسی، میزان اسیدهای آمینه آزاد سیب‌زمینی خام که 1117 mg/Kg بود که عمدترين اسید آمینه آن آسپارازین است.

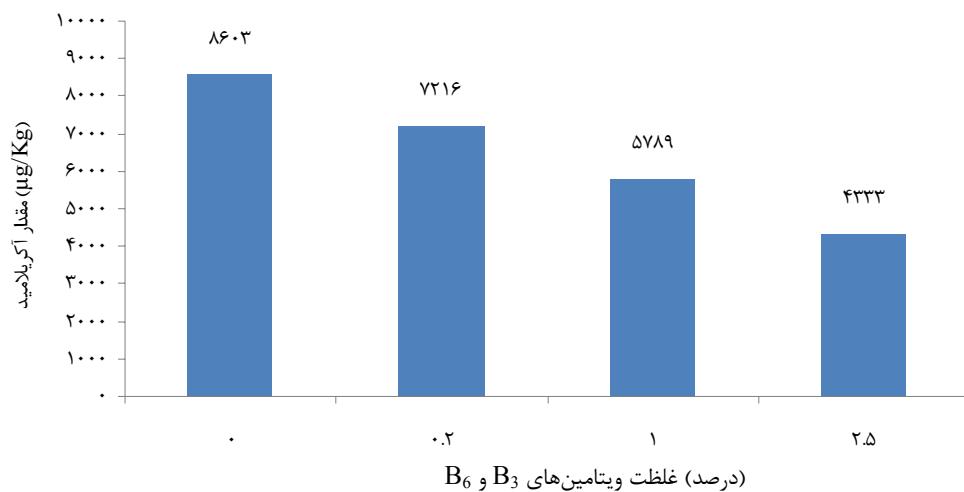
بررسی نتایج آماری نشان داد که اختلاف معنی داری بین مقدار آکریلامید در نمونه چیپس سیب‌زمینی تهیه شده شاهد و نمونه هایی که در سیستم غوطه‌وری آبی به مدت 15 min و 30 min دقیقه در عصاره رزماری و ویتامین‌های B_3 و B_6 با نسبت وزنی مختلف و دمای سرخ کردن 180°C به مدت 4 min دقیقه وجود دارد. ($P < 0.05$) مقدار آکریلامید در نمونه چیپس شاهد معادل $860.3\text{ }\mu\text{g/Kg}$ بود. و مقدار کاهش آکریلامید در مدل آبی غوطه‌وری در عصاره رزماری طی مدت 30 min دقیقه و دمای سرخ کردن 180°C به مدت 4 min دقیقه با غلظت‌های $0.0/2\text{ , }1\text{ , }2/5\text{ , }2/5\text{ , }82/7\text{ , }82/7\text{ , }37/5\text{ , }37/5\text{ , }0/0/5\text{ , }0/0/5\text{ , }n = 3$ (شکل ۱). این موضوع تقریباً در سایر تحقیقات با افروزندهای مشابه تأیید شده است (۲۲، ۲۳).

مقدار کاهش آکریلامید در مدل آبی غوطه‌وری در ترکیب ویتامین‌های B_3 و B_6 با نسبت مساوی ظرف به مدت 30 min دقیقه و دمای سرخ کردن 180°C به مدت 4 min دقیقه با غلظت‌های $0.0/2\text{ , }1\text{ , }2/5\text{ , }2/5\text{ , }82/7\text{ , }82/7\text{ , }37/5\text{ , }37/5\text{ , }0/0/5\text{ , }0/0/5\text{ , }n = 3$ (شکل ۲) همچنین، بررسی آماری نشان داد که ارتباط معنی داری بین مقدار آکریلامید و زمان غوطه‌وری نیز وجود دارد ($P < 0.01$ و $n = 3$ شکل ۳).

فاز رویی بدون گرمخانه گذاری خشک شد. ظرف محتوى نمونه با 2 ml آب قطر شست و شو داده شد. محلول حاصل، از صافی $45/0\text{ }\mu\text{l}$ میکرومتر عبور داده شد و توسط دستگاه HPLC مجهز به دتکتور RI (WATERS RI) انجستان، مدل Hitachi HPLC (۱۸) مورد آنالیز قرار گرفت. ترکیب اسیدهای آمینه آزاد سیب‌زمینی با استفاده از دستگاه HPLC (Hewlett-Packard ۱۱۰۰) آمریکا) مجهز به دتکتور فلورسانس مدل A $46/10\text{ min}$ انجام شد. ستون به کار رفته C_8 به طول 150 mm و قطر $4/6\text{ mm}$ 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 اسید آمینه نوع اول از محلول ارتوفتالی‌آلهید/ مرکاپتواتانول و مشتق‌سازی اسیدهای آمینه نوع دوم از Ardo Fluorenylmethyl chloroformate طبق روش Butikofer و استفاده شد (۲۰). آکریلامید بر اساس روش Tareke و Lehota با انجام اصلاحات لازم اندازه‌گیری شد (۲۱). به این ترتیب که $5/6\text{ g}$ نمونه مطابق روش Lehota آماده سازی شد. به طور خلاصه، پس از افزودن 500 ng/g متاکریلامید به عنوان استاندارد داخلی 5 ml هگزان و سپس به نسبت مساوی آب قطر و استونیتریل به آن اضافه و کاملاً مخلوط شد. آن‌گاه 5 g مخلوط سولفات سدیم بدون آب و کلرید سدیم به آن افزوده، پس از سانتریفوژ کردن به مدت 10 min دقیقه با سرعت 4500 rev/min دور در دقیقه لایه استونیتریلی به طور کامل جداسازی شد. سپس لایه استونیتریلی جمع‌آوری شده، بر اساس روش Tareke برومی شد. برای این منظور از پتابسیم بروماید، اسید هیدروبرومیک و آب برم اشباع استفاده شد. محلول حاصل به مدت یک شب در یخچال 4°C قرار گرفت. سپس برم اضافی با افزودن مقدار لازم تیوسولفات سدیم $7/0\text{ mol/L}$ (چند قطره) بی رنگ شد و پس از افزودن سولفات سدیم، محلول حاصل توسط 65 ml اتیل استات، طی دو مرحله استخراج شد. فاز آبی حاصل پس از آب‌گیری توسط مقدار کافی سولفات سدیم، ابتدا به وسیله دستگاه تبخیر کننده چرخان (rotary evaporator) تحت خلاصه تبخیر شد، سپس تحت گاز ازت تا حجم 50 ml میکرولیتر تغليط 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



شکل ۱. اثر عصاره رزماری بر تشکیل آکریل آمید در چیپس سیب زمینی. سیستم غوطه وری برش های سیب زمینی در غلظت های ۱، ۰/۲ 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 ویتامین های B₃ و B₆ با نسبت مساوی بر تشکیل آکریل آمید در چیپس سیب زمینی. سیستم غوطه وری برش های سیب زمینی در غلظت های ۱، ۰/۲ و ۲/۵ درصد از محلول ویتامین های B₃ و B₆ و سرخ شده در دمای ۱۸۰°C به مدت ۳۰ دقیقه ($n=3$, $p<0.05$)



شکل ۳. تشکیل آکریل آمید در چیپس سیب زمینی تحت زمان های غوطه وری مختلف ۰، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه در محلول ۱٪ از محلول عصاره رزماری و ترکیب ویتامین های B₃ و B₆ و سرخ شده در دمای ۱۸۰°C به مدت ۳۰ دقیقه ($n=3$, $p<0.01$)

• بحث

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 آنتی‌اسیدانت 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 غوطه وری ۳۰ دقیقه، مقدار کاهش بیشتری در آکریلامید را نشان داد (شکل ۳).

در این مقاله، اثر بازدارنده‌ی 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 کربوهیدرات‌که در شرایط دمای بالا سرخ شده یا حرارت می‌بینند طبق مطالعه انجام شده وجود دارد. البته، می‌توان مشاهده کرد که آنتی‌اسیدان‌های 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 آزمایی پاسارگاد، در انجام مراحل آزمایشگاهی اندازه‌گیری آکریلامید کمال تشکر را داشته باشیم.

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 آسپارژین در واکنش میلارد رقابت کنند یا تغییر شرایط فرایند سرخ کردن مواد غذایی و افزودن آنتی‌اسیدان‌های طبیعی و یا مهارکننده‌های واکنش اشاره کرد (۲۲).

آکریلامید از طریق آکرولئین یکی از مسیرهای 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 آنتی‌اسیدانت‌ها نسبت داد (۲۴). در این پژوهش، 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 آلدھید) موجود در زنجیره کناری در چهار موقعیت می‌تواند نقش مهمی در تأثیر قابلیت ویتامین‌ها جهت

• 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. 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 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 (B_3) and pyridoxine (B_6) 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 (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 deepening 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 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 B_3 , Vitamin B_6

