مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال سوم، شماره۱، بهار ۱۳۸۷ ، صفحات ۷۲-۶۵

تأثیر رقم (واریته) سیب‌زمینی بر مقدار تشکیل آکریلامید در چیپس سیب‌زمینی

سعیده شجاعی علی آبادی[۱]، هوشنگ نیکوپور[۲]، فرزاد کبارفرد[۳]، محمد مهدی پارساپور[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۲- نویسنده مسئول : دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، پست الکترونیکی: h_nikoopour@yahoo.com

۳- استادیار گروه شیمی دارویی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۴- محقق و متخصص علوم و صنایع غذایی

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۸۷/۳/۶

چکیده

سابقه و هدف: اداره ملی غذای سوئد در سال ۲۰۰۲ وجود مقادیر بالای آکریلامید را در غذاهای حرارت دیدهٔ غنی از کربوهیدرات اعلام کرد. این ترکیب، توسط آژانس بین المللی تحقیقات سرطان به عنوان "ترکیب سرطان‌زای احتمالی برای انسان" شناخته شده است. این یافته، نگرانی وسیعی را در سطح بین المللی در پی داشت. با توجه به اینکه بیش‌ترین مقدار اکریلامید در محصولات سرخ شدهٔ سیب‌زمینی وجود دارد و مقدار مصرف این محصولات، به ویژه چیپس سیب‌زمینی در کشور، بسیار زیاد است، هدف از این تحقیق، بررسی اثر مقدار قندهای احیاکننده و اسیدهای آمینه سه رقم (واریته) مختلف سیب‌زمینی بر میزان تشکیل آکریلامید در چیپس تهیه شده از آن‌ها در مقیاس آزمایشگاهی بود.

مواد و روش‌ها: نمونه‌های چیپس از سه رقم *آگریا*، *سانته* و *امیدبخش* در دمای ۱۸۰°C به مدت ۴/۱۵ دقیقه تهیه شد. اثر مقدار قندهای احیاکننده (گلوکز و فروکتوز) و اسید آمینهٔ آسپاراژین بر میزان اکریلامید به وسیله تعیین مقدار این ترکیبات، در نمونه‌های سیب‌زمینی خام با دستگاه HPLC بررسی شد. پس از دستیابی به روش مناسب برای اندازه‌گیری مقدار آکریلامید در چیپس سیب‌زمینی، مقدار آن در نمونه‌های چیپس توسط دستگاه گروماتوگرفی گازی/ طیف سنجی جرمی (GC/MS) تعیین شد.

یافته ها: نمونه‌های چیپس تهیه شده از ارقام مختلف سیب‌زمینی از نظر مقدار قندهای احیا کننده، آسپاراژین و اکریلامید، با هم تفاوت معنی داری داشتند ($p<0/05$). بیش‌ترین مقدار قند احیاکننده در رقم *سانته* (۳۵۱۳ mg/kg) و سپس به ترتیب درارقام *آگریا* (۲۱۱۱ mg/kg) و *امیدبخش* (۱۶۲۲ mg/kg) مشاهده شد. رقم *امیدبخش* دارای بالاترین مقدار آسپاراژین (۱۸۷۱ mg/kg) نسبت به دو رقم دیگر بود ($p<0/05$). اما از نظر آماری، اختلاف غلظت آسپاراژین در ارقام *آگریا* و *سانته*، معنی‌دار نبود. بیش‌ترین مقدار اکریلامید در نمونه‌های تهیه شده از رقم *سانته*(۸۸۲۵ μg/kg) و کمترین مقدار آن در نمونه های تهیه شده از رقم *امیدبخش* (۵۱۱۲ μg/kg) به دست آمد.

نتیجه‌گیری: بیش‌تر بودن مقدار آسپاراژین سیب‌زمینی خام، لزوماً به معنی بیش‌تر بودن مقدار اکریلامید در نمونه‌های چیپس نبود، اما مقدار اکریلامید در نمونه‌های چیپس تهیه شده از ارقامی که مقدار بیش‌تری قندهای احیاکننده داشتند، بالاتر بود. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در محصولات سیب‌زمینی، با کاهش مقدار قندهای احیاکننده از طریق انتخاب رقمی که به طور طبیعی مقدار کم‌تری از این پیش ساز داشته باشد، می‌توان مقدار اکریلامید را در چیپس سیب‌زمینی کاهش داد. با توجه به نتایج به دست آمده، استفاده از رقم *امیدبخش* برای کاهش مقدار اکریلامید در چیپس سیب زمینی پیشنهاد می‌شود و انجام بررسی در مقیاس صنعتی توصیه می شود.

واژگان کلیدی: اکریلامید، چیپس سیب‌زمینی، قندهای احیاکننده، آسپاراژین، ارقام سیب زمینی

• 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 می شد که منبع اصلی دریافت آکریلامید، علاوه بر محیط‌های کارگری مرتبط با تولید آکریلامید، دخانیات و آب آشامیدنی است. طبق مقررات، مقدار آن در آب آشامیدنی به۰/۵ µg/Kg محدود شد (۲).

Archive of SID
www.SID.ir

این یافته که غذا مهم‌ترین منبع دریافت آکریلامید برای انسان است، نگرانی وسیعی را در سطح بین‌المللی به دنبال داشت (۳) زیرا این ترکیب در سال ۱۹۹۴ توسط *آژانس بین المللی تحقیقات سرطان* به عنوان" ترکیب سرطان‌زای احتمالی برای انسان" طبقه بندی شد و از سوی دیگر، ایجاد اختلالات عصبی توسط آن، نه تنها در حیوانات آزمایشگاهی بلکه در انسان هم به اثبات رسید(۴).

نتایج بررسی‌های انجام شده در زمینه مقدار آکریلامید موجود در غذاهای مختلف توسط FDA و سازمان‌های غذایی چندین کشور مشخص کرد که بیش‌ترین مقدار آکریلامید در محصولات سرخ شدهٔ سیب‌زمینی به ویژه چیپس و خلال سیب‌زمینی تشکیل می‌شود (۵). متوسط میزان دریافت روزانه آکریلامید در کشورهای پیشرفته توسط FAO/WHO بین ۰/۳ تا ۰/۸ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن تخمین زده شده است(میانگین وزن ۷۰کیلوگرم در نظر گرفته شده است) (۶).

مطالعات و بررسی های مستقل انجام شده توسط چندین گروه تحقیقاتی نشان داده است که مسیر اصلی تشکیل آکریلامید در غذاهای حرارت دیده، واکنش میلارد بین گروه آمین آزاد اسید آمینه آسپاراژین و یک منبع کربونیلی مانند قندهای احیا کننده است. بنابراین، هر عاملی که بر واکنش میلارد اثر بگذارد، مانند ماتریکس غذا، pH، a_w، دما و زمان حرارت دهی می‌تواند بر تشکیل آکریلامید نیز موثر باشد. همچنین، محیط حرارت‌دهی(نوع روغن)، مقدار پیش سازهای موجود در مادهٔ اولیه، از عوامل موثر بر تشکیل آکریلامید هستند. در این میان، مقدار پیش سازهای موجود در مادهٔ اولیه (سیب‌زمینی) یکی از عوامل مهم است. از آنجا که قندهای احیا کننده و آسپاراژین، پیش سازهای اصلی آکریلامید هستند، مقدار آن‌ها در ماده غذایی خام، نقش مهمی در تعیین میزان تشکیل آکریلامید در محصول نهایی دارد (۱۰-۷).

قندهای احیاکننده عمده سیب زمینی گلوکز و فروکتوز هستند. در مورد سیب‌زمینی، عوامل مختلفی بر مقدار پیش‌سازها به ویژه قندهای احیاکننده موثرند که از آن جمله می‌توان رقم (واریته) سیب‌زمینی، عوامل پیش و پس از برداشت اشاره کرد. مهم‌ترین فاکتورهای پیش از برداشت عبارتند از: سیستم‌های کشاورزی، رطوبت خاک، شرایط آب و هوایی، کوددهی، زمان کشت، دما در طول مدت رشد گیاه، میزان رسیدگی گیاه. عوامل مهم تاثیرگذار در مرحله پس از برداشت عمدتاً دما، زمان انبارمانی و استرس‌های مکانیکی هستند (۱۱).

با توجه به احتمال سرطان‌زا بودن اکریلامید و در عین حال توسعه روز افزون صنایع تولید چیپس سیب‌زمینی و مصرف بالای این محصولات در کشور، ضرورت بررسی راهکارهای کاهش این ترکیب در چیپس سیب‌زمینی احساس می‌شود (۱۲). از آنجا که ارقام مختلف سیب‌زمینی، هر یک دارای مقادیر مختلف پیش سازهای اکریلامید هستند، در این پژوهش، با ثابت نگه داشتن سایر عوامل موثر ذکر شده، تعیین رقم مناسب سیب‌زمینی که ضمن دارا بودن قابلیت دسترسی صنعتی در کشور، مقدار کم‌تری آکریلامید در چیپس آن تولید شود، مورد توجه قرار گرفت.

• مواد و روش‌ها

مشخصات سیب‌زمینی و روغن مورد استفاده: برای انجام این تحقیق مقدار ۱۰ کیلوگرم از هر یک از سه رقم مختلف سیب زمینی شامل *آگریا*، *سانته* و رقم اصلاح شده جدید با نام *امیدبخش* (کد ۹-۳۹۷۰۰۷) که تحت شرایط یکسانی کشت، داشت و برداشت شده بودند، از *مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر وزارت جهاد کشاورزی* تهیه و تا زمان تهیه چیپس در دمای ۱۰°C نگهداری شدند. برای سرخ کردن نمونه‌ها از *روغن مخصوص سرخ کردنی بهار* (*کارخانه بهشهر*) با اسیدیته، عدد پراکسید و عدد یُدی به ترتیب ۰/۰۳۱ درصد، ۰/۵۴۷ meq/kg، ۹۱/۹mg/100g استفاده شد.

تولید آزمایشگاهی چیپس: ابتدا سیب‌زمینی‌ها شسته شده و پس از پوست‌گیری، برگه‌هایی به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر از آن‌ها تهیه شد. شستشو و خیساندن به مدت ۱ دقیقه در آب سرد به منظور حذف نشاسته سطحی صورت گرفت. مقدار ۱۰۰ گرم از برگه‌ها پس از خشک

Archive of SID
www.SID.ir

شدن توسط حوله کاغذی در دمای ۱۸۰°C به مدت ۴/۱۵ دقیقه در یک سرخ کن خانگی مارک تفال محتوی ۳ لیتر روغن سرخ شدند. سپس تا رسیدن به دمای اتاق، خنک شدند. از سیب‌زمینی خام هم نمونه برداری شد. نمونه‌ها پس از بسته‌بندی در کیسه‌های پلی اتیلنی و کدگذاری به فریزر ۲۴ °C- منتقل شدند و تا زمان آنالیز میزان قند و پروفایل اسیدهای آمینه، در دمای ۲۴ °C- نگهداری شدند. چیپس‌های تولید شده از نظر مقدار آکریلامید مورد آنالیز قرار گرفتند.

تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی: درصد رطوبت سیب‌زمینی به روش AOAC شماره ۹۳۰/۱۵ (۱۳) و وزن مخصوص آن مطابق روش (۱۴) اندازه گیری شد.

برای اندازه گیری میزان گلوکز و فروکتوز، ابتدا ۷ گرم از نمونه (سیب‌زمینی) خرد و همگن شده با ۱۵۰ml اتانول داغ به مدت ۳۰ ثانیه ورتکس شد. پس از عبور دادن مخلوط از صافی، محلول حاصله در گرمخانه ۵۰°C خشک شد. سپس به قسمت خشک باقیمانده، ۴۰ml آب اضافه شد. به منظور رسوب دادن ناخالصی‌ها ۵ml محلول سولفات روی ۵٪ و ۴/۷ml محلول هیدروکسید باریم ۰/۳ نرمال افزوده شد. مخلوط حاصله، سانتریفوژ شد (۳۰۰۰ دور/دقیقه به مدت۱۰ دقیقه). سپس فاز رویی بدون گرمخانه گذاری خشک شد. ظرف محتوی نمونه با ۲ml آب مقطر شستشو داده شد. محلول حاصله، از صافی ۰/۴۵ میکرومتر(Polyurtan, salltius) عبور داده شد و توسط دستگاه HPLC مجهز به دتکتور RI مورد آنالیز قرار گرفت. پارامترهای کروماتوگرافی عبارت بودند از: ستون(Urokat-H) به طول ۳۰cm و قطر ۱۰mm ، فاز متحرک آب با pH برابر ۲ به صورت ایزوکراتیک با سرعت جریان معادل ۰/۷ ml/min، دمای تزریق: ۲۰°C حجم تزریق: ۲۰µl .

ترکیب اسیدهای آمینه آزاد (پروفایل اسیدهای آمینه) با استفاده از دستگاه HPLC (Hewlett-Packard سری ۱۱۰۰) مجهز به دتکتور فلورسانس Hewlett-Packard مدل ۱۰۴۶A انجام شد. ستون به کار رفته از نوع C_8 به طول ۱۵۰mm و قطر ۴/۶ mm بود. مراحل استخراج و پروتئین زدایی بر اساس روش Ardo و Polychroniadou انجام شد (۱۵). به منظور مشتق‌سازی اسیدهای آمینهٔ نوع اول از محلول ارتوفتال دی آلدهید/ مرکاپتواتانول و مشتق‌سازی اسیدهای آمینهٔ نوع دوم از محلول Fluorenylmethyl chloroformate مطابق روش Butikofer و Ardo استفاده شد (۱۶).

آکریلامید بر اساس روش‌های Tareke و Lehotay با انجام اصلاحات لازم اندازه‌گیری شد (۱۷، ۱۸). به این ترتیب که ۵/۶ گرم نمونه مطابق روش Lehotay آماده‌سازی شد. به طور خلاصه، پس از افزودن ۵۰۰ng/g متاکریلامید به عنوان استاندارد داخلی، ۵ml هگزان و سپس به نسبت مساوی آب مقطر و استونیتریل به آن اضافه شد و کاملاً مخلوط شد. آنگاه ۵g مخلوط سولفات سدیم بدون آب و کلرید سدیم به آن افزوده، پس از سانتریفوژ شدن به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه لایه استونیتریلی به طور کامل جداسازی شد. سپس لایه استونیتریلی جمع آوری شده، بر اساس روش Tareke برومه شد. برای این منظور از پتاسیم بروماید، اسید هیدروبرومیک و آب برم اشباع استفاده شد. محلول حاصله 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 شده و پس از افزودن سولفات سدیم، محلول حاصله توسط ۶۵ml اتیل استات، طی دو مرحله استخراج شد. فاز آلی حاصله پس از آبگیری توسط مقدار کافی سولفات سدیم، ابتدا به وسیله دستگاه تبخیر کننده چرخشی (evaporator rotary) تحت خلأ تبخیر شد، سپس تحت گاز ازت تا حجم ۲۵۰ میکرولیتر تغلیظ شد. نمونه آماده تزریق تا زمان آنالیز در فریزر نگهداری شد. تعیین مقدار آکریلامید توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی Varian مدل ۳۸۰۰ مجهز به آشکارساز طیف‌سنج جرمی Varian مدل ۱۲۰۰ انجام شد. برای این منظور از ستون مویین (HP5) به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵mm و ضخامت ۰/۲۵µm استفاده شد.

روش‌های آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای بیان متغیرهای کمّی از آمار توصیفی به کمک میانگین و

Archive of SID

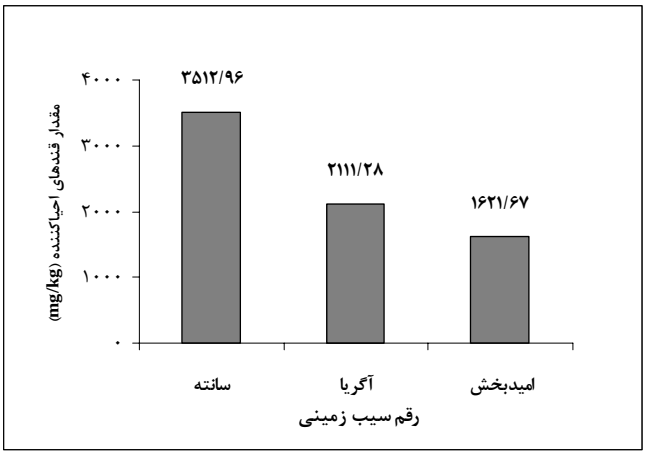
www.SID.ir

انحراف معیار، 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 اِکسل (Excel) رسم شد.

• یافته‌ها

بررسی نتایج نشان داد که سه رقم مورد بررسی در این پژوهش (*آگریا، سانته و امیدبخش*) در مقدار گلوکز و فروکتوز با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند ($p<0/05$). غلظت گلوکز در دامنه ۹۸۵ تا ۱۷۸۱ میلی‌گرم برکیلوگرم وزن تازه سیب زمینی قرار داشت که بیش‌ترین مقدار آن در رقم *سانته* (۱۷۸۱ mg/kg) و سپس به ترتیب در ارقام *آگریا* (۱۲۳۴ mg/kg) و *امیدبخش* (۹۸۵ mg/kg) مشاهده شد. در هر سه رقم مقدار فروکتوز کم‌تر از گلوکز بود، اما روند تغییرات آن در هر سه رقم، مشابه تغییرات گلوکز بود. بیش‌ترین مقدار در رقم *سانته* (۱۷۳۱ mg/kg) و کم‌ترین در رقم *امیدبخش* (۶۶۳ mg/kg) بود. به طور کلی، بر اساس نتایج به دست آمده، مجموع مقدار قندهای احیا کننده (گلوکز و فروکتوز) در رقم *سانته* (۳۵۱۲ mg/kg) نسبت به *آگریا* (۲۱۱۱ mg/kg) و *امیدبخش* (۱۶۲۱ mg/kg) به طور قابل ملاحظه‌ای بیش‌تر بود (شکل ۱).

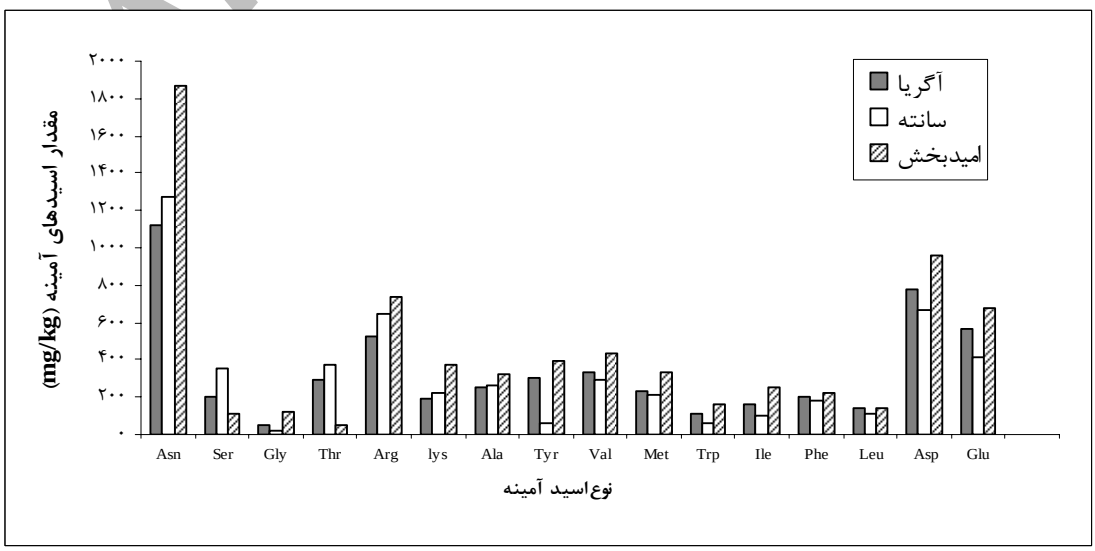
بررسی ترکیب اسید های آمینه آزاد نشان داد که با وجود متغیر بودن مقدار اسید های آمینه در ارقام مورد بررسی، فراوان‌ترین اسید آمینه آزاد در هر سه رقم، اسید آمینه آسپاراژین بود (شکل ۲).



شکل ۱- میانگین مجموع قندهای احیاکننده (میلی‌گرم/ کیلوگرم وزن تازه) سه رقم مختلف سیب‌زمینی

جدول ۱- مقدار ماده خشک و وزن مخصوص ارقام سیب‌زمینی (انحراف معیار ± میانگین)

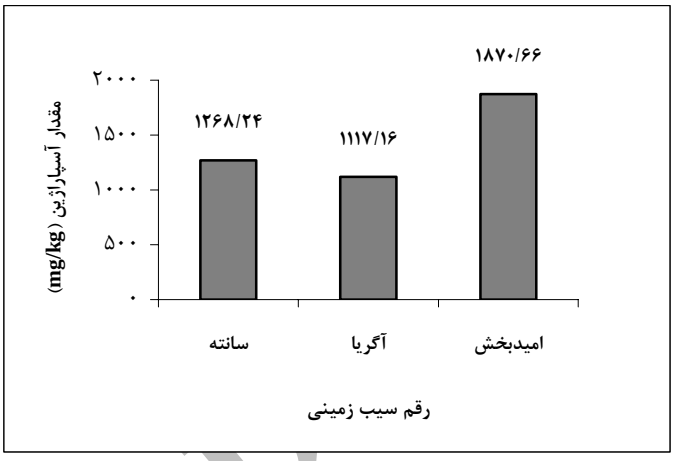
ارقام	آزمون	
سیب‌زمینی	ماده خشک٪	وزن مخصوص
آگریا	۲۰/۰۴±۰/۱۴	۱/۰۸۰
سانته	۱۹/۷۸±۰/۱۰	۱/۰۷۸
امیدبخش	۲۴/۴۴±۰/۱۳	۱/۱۰۱



شکل۲- مقدار اسیدهای آمینه (میلی‌گرم/ کیلوگرم وزن تازه) سه رقم سیب‌زمینی

Archive of SID

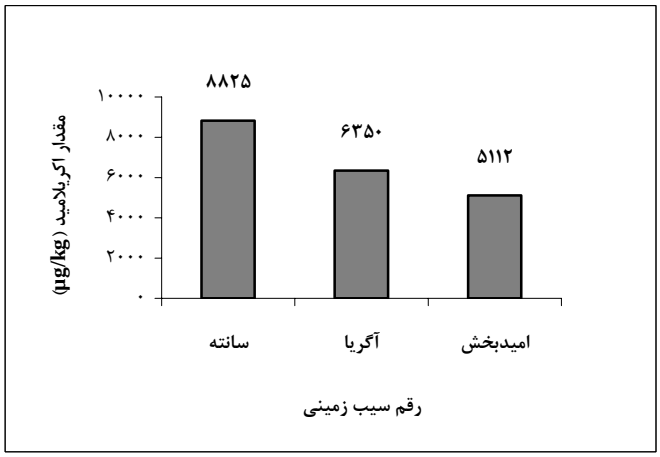
www.SID.ir



شکل۳- میانگین مقدار آسپاراژین (میلی‌گرم/ کیلوگرم وزن تازه) سه رقم مختلف سیب‌زمینی

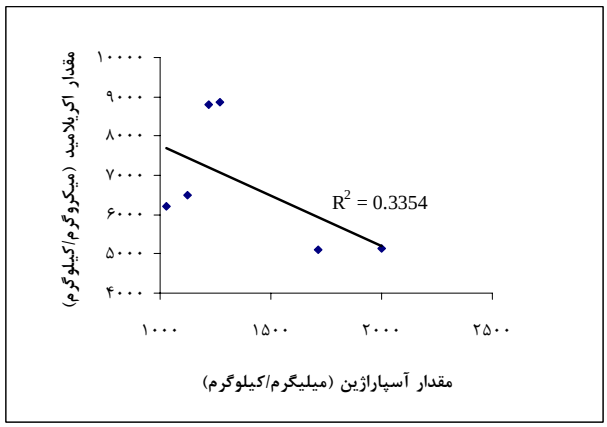
در این مطالعه، غلظت آسپاراژین آزاد به عنوان پیش‌ساز اصلی آکریلامید در محدوده ۱۱۱۷ تا ۱۸۷۰ میلی‌گرم/ کیلوگرم وزن تازه سیب زمینی قرار داشت. رقم *امیدبخش* دارای بالاترین مقدار آسپاراژین نسبت به دو رقم دیگر بود ($p<0/05$). اما از نظر آماری، اختلاف غلظت آسپاراژین در *آگریا* و *سانته* معنی‌دار نبود (شکل۳).

بررسی نتایج آماری نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری بین مقدار اکریلامید در نمونه‌های چیپس سیب زمینی تهیه شده از ارقام مختلف وجود دارد ($p<0/05$). مقدار اکریلامید در نمونه‌های چیپس سیب‌زمینی تهیه شده از رقم *سانته* معادل ۸۸۲۵ میکروگرم بر کیلوگرم و در ارقام *آگریا* و *امیدبخش* به ترتیب ۶۳۵۰ و ۵۱۱۲ میکروگرم بر کیلوگرم بود (شکل۴).

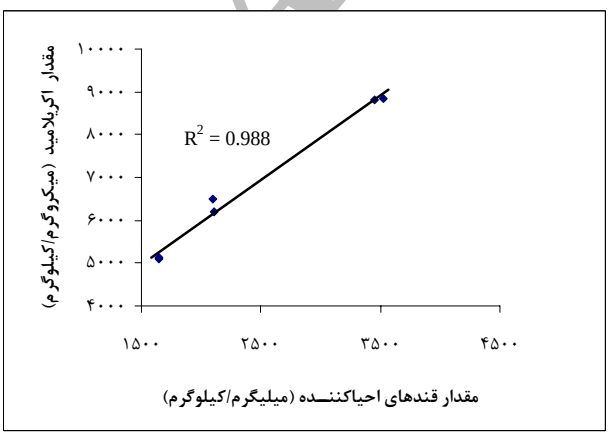


شکل ۴- میانگین اکریلامید (میکروگرم/ کیلوگرم) نمونه‌های چیپس تولید شده از سه رقم سیب‌زمینی

بررسی آماری همبستگی میان مقدار قندهای احیاکننده (گلوکز و فروکتوز) و نیز آسپاراژین آزاد موجود در سه رقم سیب زمینی خام با اکریلامید تشکیل شده در نمونه‌های چیپس تهیه شده از همان ارقام سیب‌زمینی، نشان داد که ارتباط معناداری بین آسپاراژین آزاد و اکریلامید وجود ندارد ($R^2=0/3354$)(شکل۵). در حالی که همبستگی قوی میان هر یک از قندهای احیاکننده (گلوکز با $R^2=0/9969$، فروکتوز با $R^2=0/9421$) و نیز مجموع آن‌ها ($R^2= 0/988$) با مقدار اکریلامید مشاهده شد ($p<0/05$) که در شکل ۶ آورده شده است.



شکل ۵- نمودار پراکنش آسپاراژین (mg/kg) ارقام مختلف سیب‌زمینی با اکریلامید (µg/kg) چیپس تولید شده از همین ارقام



شکل۶- نمودار پراکنش مجموع مقدار گلوکز و فروکتوز (mg/kg) ارقام مختلف سیب‌زمینی با اکریلامید (µg/kg) چیپس تولید شده از همین ارقام

Archive of SID

www.SID.ir

• بحث

از سال ۲۰۰۲ تاکنون، مطالعات گسترده‌ای در زمینه کاهش مقدار اکریلامید در محصولات غذایی مستعد تشکیل اکریلامید به ویژه چیپس سیب‌زمینی صورت گرفته است. یکی از راهکارهای مؤثر بررسی کاهش پتانسیل تشکیل اکریلامید در چیپس، کاهش مقدار پیش‌سازهای آن در سیب زمینی (ماده اولیه) است(۲۰).

از آنجا که یکی از عوامل مهم تعیین کننده در مقدار این پیش سازها، به ویژه قندهای احیا کننده، رقم سیب‌زمینی است، در این مطالعه سعی شد که از طریق ثابت نگه داشتن شرایط کاشت، داشت و برداشت و شرایط انبارمانی سیب‌زمینی ها پس از کشت، تا حد امکان، متغیرهای دیگر حذف شوند و بتوان تغییرات مشاهده شده در مقدار پیش سازهای اصلی را به نوع رقم نسبت داد.

ماده خشک و وزن مخصوص ارقام سیب‌زمینی مورد استفاده در این تحقیق در جدول۱ آمده است. *آگریا* به این دلیل انتخاب شد که بیش‌ترین سطح زیر کشت سیب‌زمینی را به خود اختصاص داده است و پرمصرف‌ترین رقم برای تولید صنعتی چیپس سیب‌زمینی در ایران است. پس از *آگریا*، *سانته* بالاترین سطح زیر کشت سیب‌زمینی را داراست. *امیدبخش* نیز یک رقم اصلاح نژاد شده جدید است که از سوی *مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر* به علت داشتن ماده خشک بالا به عنوان رقم مناسب برای تولید صنعتی چیپس به صنعت معرفی شده است(۲۰). بیش‌تر بودن مقدار ماده خشک سیب‌زمینی،علاوه بر اینکه بازده تولید چیپس را افزایش می‌دهد سبب تولید چیپس تردتر با چربی کم‌تر، طعم بهتر نسبت به سیب‌زمینی‌های با ماده خشک کم‌تر می شود (۲۲).

در این پژوهش، از نظر آماری، میان مجموع قندهای احیاکننده (گلوکز و فروکتوز) هر سه رقم با هم و آسپاراژین رقم *امیدبخش* با *سانته* و *آگریا* تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (شکل‌های ۱ و ۲) که نشان می‌دهد نوع رقم سیب‌زمینی، عامل مهمی در تعیین مقدار پیش‌سازهای اکریلامید، چیپس است. نتایج این پژوهش با یافته های Amrein و همکاران در سال ۲۰۰۳ و Takada و همکاران در سال ۲۰۰۵ مطابقت دارد (۲۴، ۲۳). بررسی نتایج آماری نشان داد که اختلاف آماری معنی داری بین مقدار اکریلامید در نمونه‌های چیپس سیب زمینی تهیه شده از ارقام مختلف وجود دارد (شکل۳).

با توجه به مطالعات صورت گرفته توسط محققان پیشین و نیز مطالعه حاضر، آسپارژین فراوان‌ترین اسید آمینه سیب زمینی است (۲۶، ۱۹) و پیش ساز اصلی تشکیل اکریلامید نیز محسوب می شود (۱۰-۸). اما بررسی ترکیب اسیدهای آمینه سه رقم سیب زمینی هیچ‌گونه ارتباطی بین مقدار اسیدهای آمینه سیب زمینی از جمله آسپارژین و تشکیل اکریلامید در چیپس نشان نداد. رقم *سانته* که دارای بیش‌ترین پتانسیل تشکیل اکریلامید است، بالاترین مقدار قند احیا کننده را دارد، در حالی که مقدار آسپارژین آن نسبت به *امیدبخش* به مراتب کم‌تر است. رقم *امیدبخش* با کم‌ترین مقدار قند احیا کننده با وجود دارا بودن بالاترین مقدار آسپاراژین آزاد نسبت به دو رقم دیگر، کم‌ترین میزان اکریلامید را نشان داد یعنی بیش‌تر بودن مقدار آسپاراژین در ماده خام، منجر به تولید بالاترین مقدار اکریلامید در طول فرایند سرخ کردن نمی شود و مقدار قند احیا کننده موجود در سیب زمینی خام در مقایسه با مقدار آسپاراژین، نقش مهم‌تری در تشکیل اکریلامید دارد. این یافته با نتایج سایر محققان که عامل تعیین کننده در تشکیل اکریلامید در چیپس سیب زمینی را مقدار قندهای احیا کننده معرفی کرده‌اند، مطابقت دارد (۲۶، ۲۵، ۲۳).

علت ارتباط قوی بین پتانسیل تشکیل اکریلامید و قندهای احیاکننده در وهله اول به این دلیل است که به طور طبیعی، مقدار هر یک از قندهای احیاکننده در سیب زمینی بر خلاف غلات نسبت به آسپاراژین کم‌تر است و از سویی، بین قندهای احیاکننده ارقام مختلف با هم و حتی در یک رقم که تحت شرایط کشاورزی و اقلیمی و انبارمانی متفاوتی قرار داشته‌اند و حتی از یک غده به غده دیگر تغییر زیادی وجود دارد؛ در حالی که در سیب‌زمینی

Archive of SID

www.SID.ir

اساساً مقدار آسپاراژین نسبت به قندهای احیاکننده، بیش‌تر و تغییرات آن بین ارقام و بر حسب شرایط کشاورزی و اقلیمی و انبارمانی کم‌تر است (۲۵، ۲۳). در ارقام مورد بررسی در این مطالعه نیز مقدار آسپاراژین آزاد برحسب مولی بیش از مقدار گلوکز یا فروکتوز بود، بجز در مورد رقم سانته که مقدار آن تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

طبق مکانیسم تشکیل اکریلامید (واکنش *میلارد*) که توسط چندین محقق به طور مستقل بیان شده، آسپاراژین عامل کلیدی محسوب می شود(۱۰-۸)، اما در عمل، مقدار قندهای احیاکننده تعیین کننده پتانسیل تشکیل اکریلامید در چیپس سیب زمینی هستند.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که انتخاب یک رقم مناسب که به طور طبیعی، حاوی مقدار کم‌تری پیش‌سازهای اصلی اکریلامید به ویژه قندهای احیاکننده باشد، می‌تواند مقدار اکریلامید را در چیپس سیب‌زمینی کاهش دهد. در میان ارقام مورد بررسی در این پژوهش، رقم *امیدبخش* نسبت به ارقام *آگریا* و *سانته* مقدار کم‌تری قندهای احیاکننده داشت و مقدار اکریلامید کم‌تری هم در چیپس تهیه شده از آن تشکیل شد. در عین حال، این رقم به علت داشتن ماده خشک بالاتر که اساساً مشخصه مطلوب یک رقم سیب‌زمینی برای تولید چیپس است، نسبت به دو رقم دیگر مورد مطالعه برای تولید صنعتی مناسب‌تر است. بنابراین، می‌توان رقم *امیدبخش* را برای تولید صنعتی چیپس حاوی مقدار کم اکریلامید، پیشنهاد کرد.

شرایط مناسب انبارمانی سیب زمینی یکی از عوامل مهم در کنترل مقدار قندهای احیاکننده در سیب زمینی است، حتی در مورد رقم *امیدبخش* باید مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

از مشاوره ارزنده آقایان مهندس حامد صفافر در روند تکمیل پروژه و مهندس حسن آبادی در انتخاب و تهیه ارقام سیب زمینی، همچنین از همکاری خانم‌ها زهره سلیمانی و کیمیا طبیب در انجام مراحل آزمایشگاهی روش اندازه‌گیری اکریلامید، سپاسگزاری می‌شود.

• References

1. Svensson K, Abramsson L, Becker W, Glynn A. Dietary intake of acrylamide in Sweden. Food Chem Toxicol. 2003; 41: 1581-1586.

2. Rice J. The carcinogenicity of acrylamide. Mutation Res. 2005; 580: 3–20.

3. Vesper H, Perez H, Meyers T, Ospina M, Mayers G.L Pilot study on the impact of potato chips consumption on biomarkers of acrylamide expoture. In: Friedman M, Mottram D. Chemistry and Saftey of Acrylamide in Food. 1st ed, NewYork: Springer Sci Inc. 2005: 89-97.

4. Lopachin R.M. The changing view of acrylamide neurotoxicity. Neurotoxicol. 2004; 25: 617–630.

5. Friedman, M. Chmistry, biochemistry and safety of Acrylamide. J Agric Food Chem. 2003; 51: 4504-4526.

6.FAO/WHO, Health implications of acrylamide in food, Report of ajoint FAO/WHO consultation. Available from:http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/en/acrylamide_full.pdf.25-27 june 2005.

7. Mottram S, Wedzicha B.L. Acrylamide is formed in the maillard reaction. Nature. 2002; 419: 448–449.

8. Stadler R, Blank I, Varga N, Robert F, Riediker S. Acrylamide from maillard reaction products. Nature. 2002; 419: 449–450.

9. Zyzak D, Sanders R, Stokanovic M, Tallmadge D, Eberhart B, Ewald D. Acrylamide formation mechanism in heated foods. J Agric Food Chem. 2003; 51: 4782–4787.

10. Yaylayan V. A, Wnorowski A, Perez Locas C. Why asparagine needs carbohydrates to generate acrylamide. J Agric Food Chem. 2003; 51:1753–1757.

11. Kumar D, Singh B, Kumar P. An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. Ann Appl Biol. 2004; 145: 247-256.

۱۲. مرکز آمار و کامپیوتر وزارت صنایع، آمار کارخانجات چیپس ایران ۱۳۷۳-۱۳۸۳.

13. Cunniff P, editor. Official methods of analysis of AOAC international, 16th ed., 3rd Revision, Maryland: AOAC International. 1997.

Archive of SID

www.SID.ir

14. Palvista A.D, Ojava J.C. Chips and french-fries processing. In: Processing Vegetables.Switzerland: Technomic Pub Co., Inc; 1997:237-285.

15. 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 European Communities; 1999: 67-78.

16. Butikofer U, Ardo Y. Quantitative determination of free amino acids in cheese. Chemical methods for evaluating proteolysis in cheese maturation, Part 2; Brussels, Belgium: Int Dairy Fed; 1999: 24-32.

17. Tareke E, Rydberg P. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. J Agric Food Chem. 2002; 50: 4998-5006.

18. Lehotay J, Mastovska K. Rapid sample preparation method for LC-MS/MS or GC-MS analysis of acrylamide in various food matrices. J Agric Food Chem. 2006; 54: 7001-7008.

19. Brierley E, Bonner P, & Cobb, A. Aspects of amino acid metabolism in stored potato tubers (cv. Pentland Dell). Plant Sci.1997; 127: 17–24.

20. Hendrickx E, Vleeschouwer K. Quantifying the formation of carcinogens during food processing: acrylamide. Trends in Food Sci Tech. 2005; 16: 181–193.

۲۱ . دفتر صنایع تبدیلی و تکمیلی. سیمای صنعت سیب‌زمینی. کرج: وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۸۵.

22. Talburt W.F. Potato processing. USA: AVI pub. Co; 1987: 19-37.

23. Amrein T, Bachman S, Noti A, Biedermann M, Barbosa M, Biedermann S. Potential of acrylamide formation, sugars, and free asparagine in potatoes: a comparison of cultivars and farming systems. J Agric Food Chem. 2003; 51: 5556–5560.

24. Tadaka A, Endo C, Chuda Y, Ono H, Yada H, Yoshida M, et al. Change in content of sugars and free amino acids in potato tuber under short-term storage at low temperature and the effect on acrylamide level after frying. Biosci Biotech Biochem. 2005; 69: 1232–1238.

25. Becalski A, Lau A, Lewis D. Acrylamide in French fries: Influence of free amino acids and sugars. J Agric Food Chem. 2004; 52:3801-3806.

26. Williams J.S. Influence of variety and processing conditions on acrylamide levels in potato crisps. Food Chem. 2005; 90: 875-881.

Archive of SID

www.SID.ir