

مقایسه استفاده از پیش تیمارهای فیزیکی، شیمیایی و آنزیمی در کاهش میزان آکریلامید چپس سیب زمینی ارقام آگریا و لیدی رزتا

مجتبی قربان‌علیزاده^۱، سیمین اسداللهی^{۲*}، کاوه زرگری^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاداسلامی، ورامین، ایران.

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاداسلامی، ورامین، ایران.

۳- استادیار، گروه زیست شناسی - ژنتیک، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاداسلامی، ورامین، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۱۵)

چکیده

در واریته های مختلف سیب زمینی میزان غلظت آسپاراژین، گلوکز و فروکتوز متفاوت بوده که این تفاوت ها می تواند یکی از دلایل مهم و قابل توجه برای اختلاف در میزان آکریلامید تشکیل شده طی فرآیند حرارتی باشد. در این تحقیق روش های مختلف پیش تیمار شامل بلانچینگ در دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه، غوطه وری در محلول حاوی آنزیم L-آسپاراژیناز با دو غلظت ۴ و ۸ ppm و غوطه وری در محلول اسید استیک ۰/۱ و ۰/۵ مولار به منظور کاهش پیش سازهای آکریلامید در دو رقم سیب زمینی آگریا و لیدی رزتا مورد بررسی قرار گرفتند. آن گاه پس از سرخ شدن برش های سیب زمینی تیمار شده در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس، میزان آکریلامید نمونه ها اندازه گیری گردید. با توجه به نتایج تاثیر نوع رقم و روش پیش تیمار بر میزان آکریلامید تشکیل شده معنی دار بود. تیمار فرآیند شده با ۸ ppm آنزیم L-آسپاراژیناز در رقم آگریا حاوی کمترین میزان آکریلامید بود اما بیشترین مقدار در شاهد و رقم لیدی رزتا مشاهده شد که اختلاف معنی داری با سایر تیمارها داشت. با توجه به نتایج، رقم آگریا نسبت به رقم لیدی رزتا برای تهیه چپس سیب زمینی مناسب تر تشخیص داده شد و استفاده از آنزیم L-آسپاراژیناز نقش موثرتری در کاهش میزان آکریلامید در فرآورده سرخ شده نهایی داشت.

کلید واژگان: آکریلامید، چپس سیب زمینی، آنزیم L-آسپاراژیناز، بلانچینگ، اسید استیک.

* مسئول مکاتبات: asadollahi@iauvaramin.ac.ir

۱- مقدمه

مثل N- گلیکوزیل آسپاراژین، مقدار زیادی اکریل آمید تولید می‌کند. هر عاملی که بر واکنش میلارد اثر بگذارد، مانند ماتریکس دما، زمان حرارت دهی، فعالیت آبی و pH، می‌تواند بر تشکیل آکریلامید نیز موثر باشد. همچنین محیط حرارت دهی (نوع روغن)، مقدار پیش سازهای موجود در ماده اولیه، از عوامل موثر بر تشکیل آکریلامید هستند. 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 دارند. همچنین در بین متغیرهایی که بر تشکیل آکریلامید در سیب زمینی سرخ شده موثرند می‌توان به غلظت گلوکز و آسپاراژین، شکل و مساحت برش سیب زمینی، دما و زمان پخت اشاره کرد. به دلیل اهمیت اقتصادی سیب زمینی تعیین فاکتورهایی که بر تشکیل آکریلامید در فرآورده های سرخ کردن موثر هستند، ضروری می‌باشد. این فاکتورها می‌توانند درونی یا بیرونی باشند. از فاکتورهای درونی می‌توان به آمینو اسیدها به ویژه اسید آمینه آسپاراژین و قندهای احیاء کننده و از فاکتورهای خارجی می‌توان به شرایط نگهداری، کود، نوع خاک و واریته های مختلف سیب زمینی اشاره کرد [۱]. در واریته های مختلف سیب زمینی میزان غلظت آسپاراژین و گلوکز و فروکتوز و ساکارز متفاوت هستند. این تفاوت ها می‌تواند یکی از دلایل مهم و قابل توجه برای اختلاف در میزان اکریل آمید تشکیل شده در طول فرآیند حرارتی باشد. وضعیت سرخ شدن بستگی به دما و زمان در نظر گرفته شده دارد که آن نیز فاکتور مهم در تشکیل اکریل آمید است. بسیاری از تحقیقات نشان داده اند که افزایش دمای سرخ کردن منجر به افزایش تشکیل آکریلامیدها در محصولات سرخ شده سیب زمینی، به خصوص در دماهای بالاتر از ۱۷۵ درجه سلسیوس شده است. از طرفی مشخص شده است که غلظت آکریلامیدها در غذاهای حرارت دیده در نتیجه تشکیل و تجزیه همزمان آن هاست. به عبارت دیگر، در فرایندهایی با دماهای بالا و با مدت طولانی تر به نظر می‌رسد تشکیل آکریلامیدها در سیستم های غذایی کاهش می‌یابد. که این کاهش را می‌توان به غالب بودن سرعت تجزیه آکریلامیدها نسبت به سرعت تشکیل آن‌ها در طول سرخ کردن نسبت داد [۴]. فجزیگی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه ای به بررسی اثر مهارکنندگی عصاره رزماری و ویتامین های B₃ و B₆ بر تشکیل آکریلامید در سیب زمینی سرخ شده پرداختند. نمونه های سرخ شده

سیب‌زمینی با نام علمی *Solanum tuberosum* L. گیاهی با ارزش غذایی بالا بوده که از نظر تولید و مصرف در جهان پس از گندم، ذرت، برنج و جو مقام پنجم را دارا می‌باشد. بیش از ۲۰۰ گونه در جنس *Solanum* وجود دارد که از بین آنها ۷ گونه زراعی هستند. این گیاه دارای ۷۹٪ آب، ۱۶٪ نشاسته، ۱٪ مواد معدنی، ۱/۵٪ چربی، ۰/۵٪ مواد فیبری و حدود ۲٪ پروتئین با کیفیت بسیار خوب است [۱]. سرخ کردن یکی از قدیمی‌ترین و رایج‌ترین راه های آماده سازی غذاست. این فرآیند سبب ایجاد بافت و طعم منحصر بفردی در فرآورده می‌شود. از محصولاتی که تحت عملیات سرخ کردن طولانی مدت قرار می‌گیرند می‌توان به چیس سیب زمینی، سیب زمینی سرخ کرده، اسنک، دونات و مرغ سوخاری اشاره کرد. استفاده از مواد حاوی نشاسته در فرآیند سرخ کردن، تولید آکریلامید را بالا می‌برند. آکریلامید یک ترکیب بالقوه سرطان‌زا است که در بدن تجزیه می‌شود و متابولیتی به نام گلاسید آمید تولید می‌کند. گلاسید آمید با تاثیر بر DNA باعث جهش در ژن‌ها و بروز سرطان می‌شود [۲]. به دلیل این که مولکول آکریلامید، کوچک و هیدروفیل است، می‌تواند در بدن به طور غیر فعال انتشار یابد. به همین دلیل به طور تئوری تمام بافت‌ها می‌توانند در معرض سرطان زایی آکریلامید قرار بگیرند. آکریلامید یک آمید غیر اشباع با فعالیت الکتروفیلیک بوده که دارای یک باند دوگانه فعال می‌باشد. این ماده محلول در آب، اتانول، متانول، دی‌متیل اتر و استون و نامحلول در هپتان و بنزن بوده و بواسطه اکسیژنه شدن باند دوگانه اش به اپوکسی گلیسید آمید، متابولیزه شده که ترکیب حاصل نیز دارای فعالیت الکتروفیلیکی است. این ترکیبات نسبت به محل های نوکلئوفیلیک از قبیل سولفیدریل و گروههای آمینو که نزدیک به هسته ی پروتئین‌ها قرار گرفته اند فعال بوده و بطور نسبی اکریلامید در مقایسه با گلیسید آمید نسبت به گروههای سولفیدریل دارای فعالیت بالاتر و نسبت به DNA فعالیت پایین تری را از خود نشان داده است [۳]. آکریلامید طی واکنش‌هایی چون میلارد و از طریق پیش سازهایی همچون آکروئین و اسید آکروئیک و یا از طریق تجزیه چربی‌ها در دماهای بالا ایجاد می‌شود. مطالعات نشان داده است که اضافه شدن قندهای کاهنده دارای گروه کربونیل به اسید آمینه آسپاراژین مسئول شکل گیری اکریل آمید در غذاهای پخته شده است. به علاوه تشکیل ترکیبات حد واسط

عرض ۲/۲ میلیمتر) در سه دمای ۱۵۰، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به رطوبت $100\text{g} / 1/7\text{ g water}$ سرخ شدند. پیش از سرخ کردن از روش‌های نظیر خیساندن در آب مقطر به مدت ۰ (شاهد)، ۴۰ و ۹۰ دقیقه، آنزیم زدایی در آب داغ (۵۰ درجه سلسیوس برای ۳۰ و ۷۰ دقیقه، ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۸ و ۴۰ دقیقه، ۹۰ درجه سلسیوس به مدت ۲ و ۹ دقیقه)، غوطه وری در محلول اسید سیتریک با غلظت های 10 g/lit و ۲۰ به مدت ۳۰ دقیقه به منظور تیمار قطعات سیب‌زمینی استفاده شد. نتایج نشان داد که محتوای گلوکز در برش‌های سیب‌زمینی خیسانده شده به مدت ۹۰ دقیقه در آب مقطر حدود ۳۲٪ کاهش یافت. برش‌های خیس شده در آب مقطر میانگین کاهش آکریلامید را به ترتیب به میزان ۲۷٪، ۳۸٪ و ۲۰٪ در دماهای ۱۵۰، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سلسیوس در مقایسه با نمونه شاهد نشان دادند. آنزیم زدایی نیز به ترتیب ۶۸٪ و ۷۶٪ از محتوای گلوکز و اسپارژین را کاهش داد. محتوای آکریلامید برش‌های سیب‌زمینی آنزیم زدایی شده در ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷۰ دقیقه حتی زمانی که در ۱۹۰ درجه سلسیوس سرخ شد، به میزان قابل توجهی کاهش یافت. غوطه وری سیب‌زمینی در محلول اسید سیتریک 10 g/lit و ۲۰ تشکیل آکریلامید را تا ۷۰٪ برای برش‌های سرخ شده در ۱۵۰ درجه سانتیگراد کاهش داد. در تمام تیمارهای استفاده شده، زمانی که دمای سرخ کردن از ۱۵۰ به ۱۹۰ درجه سلسیوس رسید تشکیل آکریلامید افزایش یافت [۷].

سیسارووا و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقی تاثیر کاربرد مقادیر مختلف آنزیم L-اسپارژیناز در دو ترکیب زمانی - دمایی (20°C ، ۶۰ دقیقه) و (37°C ، ۳۰ دقیقه) در یک ماتریکس غذایی ساختگی متشکل از ترکیبات حاصل از سیب‌زمینی خام (نشاسته، آب، گلوکز، فروکتوز، ساکارز، اسپارژین) سیب‌زمینی تازه، سیب‌زمینی انبار شده و محصولات سیب‌زمینی خشک شده مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که افزودن ۰/۲ واحد آنزیم لیوفیلیزه در هر گرم سیب‌زمینی تازه محتوای آکریلامیدها را تقریباً تا ۵۰٪ کاهش می‌دهد. مقدار بیشتر آنزیم (1u/g) و دمای گرمخانه‌گذاری بالاتر (37°C) در نمونه سیب‌زمینی تازه، تولید آکریلامیدها را تا ۹۷٪ سرکوب می‌کند. در سیب‌زمینی انبار شده در 4°C محتوای آکریلامیدها، ۴ برابر بیشتر از سیب‌زمینی تازه مشاهده شد. همچنین افزودن (2u/g) و گرمخانه‌گذاری در 37°C به مدت ۳۰ دقیقه منجر

سیب‌زمینی با تاثیر عصاره رزماری و ویتامین های B_3 و B_6 با سطوح مختلف (۰، ۱/۲ و ۲/۵ گرم در کیلوگرم از محصول)، به صورت غوطه ور به مدت ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه با نسبت وزنی مختلف و دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس، به مدت ۴ دقیقه سرخ شدند. هنگامی که عصاره رزماری و ویتامین های گروه B به اندازه ۱ و ۲/۵ گرم در کیلوگرم به محصول افزوده شدند، مقدار آکریلامید در حدود ۸۲/۷٪ و ۵۰/۹٪ کاهش یافت. میزان کاهش آکریلامید در گروه های مورد بررسی تحت شرایط ثابت مقدار قندهای احیاءکننده، اسپارژین و آکریلامید معین، با هم تفاوت معنی داری داشت [۵]. واحدی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی به بررسی تاثیر درجه استخراج آرد، میزان آنزیم اسپارژیناز، دما و مدت زمان پخت بر تشکیل آکریلامید در نان سنگک پرداختند. ابتدا میزان اسپارژین آزاد، قندهای گلوکز، فروکتوز، مالتوز و ساکارز در دو نوع آرد با درجه استخراج ۹۳ و ۸۲ درصد و دو نوع خمیر تهیه شده از این آردها تعیین شد. سپس تاثیر درجه استخراج آرد، میزان آنزیم اسپارژیناز، دما، مدت زمان پخت و اثرات متقابل آن‌ها بر تشکیل آکریلامید در نان سنگک بررسی شد. نتایج نشان داد که بین میانگین قندها بجز ساکارز در دو نوع آرد اختلاف معنی داری وجود دارد. بین میانگین آکریلامید تشکیل شده ناشی از اثرات عوامل اصلی (درجه استخراج آرد، آنزیم، دما و مدت زمان پخت) و اثرات متقابل عوامل دو، سه و چهارگانه اختلاف معنی داری مشاهده شد. حداکثر میزان آکریلامید تشکیل شده در ترکیب ۷۲ تیماری حاصل از اثرات متقابل عوامل چهارگانه در دمای ۳۵۲ درجه سلسیوس مدت زمان پخت ۱۰ دقیقه و آرد با درجه استخراج ۹۳٪ (بدون آنزیم) به میزان ۶۰/۳۰ میلی گرم/کیلوگرم، و حداقل میزان تشکیل آکریلامید در دمای ۲۴۱ درجه سلسیوس مدت زمان پخت ۵ دقیقه و آرد با درجه استخراج ۸۲٪ (با آنزیم) به میزان ۱۳/۰۷ میلی گرم/کیلوگرم/نان سنگک مشاهده شد. با کاهش اسپارژین آزاد توسط آنزیم اسپارژیناز، گلوکز و فروکتوز عامل اصلی تشکیل آکریلامید در نان سنگک شناخته شدند. میزان تشکیل آکریلامید با افزایش درجه استخراج آرد افزایش یافت. این میزان با دما و مدت زمان پخت رابطه مستقیم داشت. میزان تشکیل آکریلامید در حضور آنزیم اسپارژیناز در پایین ترین حد مشاهده شد [۶]. پدرسچی و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهشی به بررسی کاهش تشکیل آکریلامید در چپس های سیب‌زمینی پرداختند. در این مطالعه از برش‌های سیب‌زمینی (رقم Tivoli با قطر ۳۷ میلیمتر و

تشکیل آکریلامید در برش های سیب زمینی سرخ شده داشته است. تاثیر این پیش تیمارها بر ویژگی های کیفی روغن سرخ کردنی، مزه ارگانولپتیکی و میزان جذب روغن برش های سیب زمینی سرخ شده نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ویژگی های حسی برش های سیب زمینی سرخ شده عالی بود. همچنین این تیمارها در بهبود جذب روغن برش های سیب زمینی و کیفیت کلی روغن آفتابگردان موثر بود [۱۱].

صنعت تولید چپیس سیب زمینی در کشور با ظرفیت تولید حدود ۳۰۰۰۰ تن در سال بیشترین نقش را در جذب سیب زمینی دارد. توسعه روز افزون این صنایع و فرهنگ رو به رشد آن در جامعه بویژه در قشر جوان روز به روز بر سرمایه گذاری های موجود می افزاید. با آنکه نکات بهداشتی در تولید چپیس به طور معمول رعایت می شود، ولی در عین حال در جریان سرخ کردن برگه های سیب زمینی مشکلاتی بوجود می آید که عدم توجه به آن امنیت غذایی و سلامت جامعه را با خطر جدی مواجه می سازد. حال با توجه به احتمال سرطان زا بودن آکریلامید و در عین حال توسعه روز افزون صنایع تولید چپیس سیب زمینی و مصرف بالای این محصولات در کشور، ضرورت تحقیق و بررسی راهکارهای کاهش این ترکیب در محصولات مورد نظر احساس می شود.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

در این پژوهش، ارقام سیب زمینی (آگریا و لیدی رزتا) از موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر وزارت جهاد کشاورزی، روغن مخصوص سرخ کردنی بهار (اسیدیته ۰/۰۳۱ درصد، عدد پراکسید ۰/۵۴۷meq/kg و عدد یدی ۹۱/۹mg/100g) از شرکت بهشهر، اسید سیتریک، آنزیم آسپاراژیناز، متاکریلامید، هگزان استونیتریل و اسید هیدروبرومیک از شرکت Merck تهیه گردیدند. قابل توجه این که کلیه آزمایشها در آزمایشگاه تخصصی پاسارگاد، در تهران انجام شد.

۲-۲- روش ها

تیمارهای مورد آزمون در جدول ۱ ارایه شده اند.

به کاهش ۷۰٪ سطح آکریلامیدها شد. در پودر خشک شده حاصل از سیب زمینی نیز کاهش قابل توجه در میزان آکریلامیدها (۹۰-۹۷٪) مشاهده گردید [۸]. هانی و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر دمای سرخ کردن، زمان سرخ کردن و pH خمیر را بر تشکیل آکریلامیدها در نوعی خمیر رولی سرخ شده چینی با استفاده از روش سطح پاسخ بررسی کردند. نتایج نشان داد که هر سه عامل بر تشکیل آکریلامیدها موثرند. همچنین مشخص شد که کاهش دمای سرخ کردن تا ۱۷۵°C طولانی کردن زمان سرخ کردن تا ۸۶ ثانیه و تنظیم pH خمیر تا ۶ توسط اسید سیتریک، محتوای آکریلامیدها را تا ۷۱٪ در محلول نهایی کاهش می دهد. آزمون تاثیر تخمیر توسط مخمر بر میزان آسپارژین آزاد و قندهای احیاء کننده نشان داد که افزودن ۰/۸٪ مخمر تخمیر شده برای یک ساعت، می تواند مقدار آکریلامیدهای تشکیل شده در محصول را به میزان ۶۶/۷٪ کاهش دهد [۹]. کیم و همکاران (۲۰۰۹) تاثیر دو ماده اسیدی کننده شامل سدیم اسید سولفات^۱ و اسید سیتریک بر کاهش تشکیل آکریلامیدها در سیب زمینی سرخ شده مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که: در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس هر دو عامل اسیدی کننده غیر موثر بودند که احتمالاً به دلیل سرعت بالای تشکیل آکریلامیدها بود. در پایین ترین دمای مورد استفاده (۱۶۰°C)، ۳٪ سدیم اسید سولفات و ۳٪ اسید سیتریک به طور موثر از تشکیل آکریلامیدها در مقایسه با نمونه شاهد جلوگیری نمودند. اگرچه ۳٪ سدیم اسید سولفات در دماهای ۱۶۰°C، ۱۷۰°C و ۱۸۰°C در پیشگیری از تشکیل آکریلامیدها نسبت به اسید سیتریک موثرتر بود [۱۰]. باسانی و عرفات (۲۰۱۳) در مطالعه ای به بررسی تاثیر پیش تیمارهای مختلف بر کاهش آکریلامید در برش های سیب زمینی هنگامی که در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس سرخ می شوند پرداختند. برش های سیب زمینی به یکی از روش های زیر قبل از سرخ شدن تیمار شدند: خیساندن در آب مقطر به همراه NaCl، غوطه وری در محلول اسید سیتریک، آنزیم زدایی در آب مقطر گرم و افزودن عصاره برگ زیتون به عنوان آنتی اکسیدان طبیعی در غلظت های مختلف به روغن آفتابگردان. غلظت گلوکز و آسپارژین در برش های سیب زمینی قبل از سرخ شدن و محتوای آکریلامید پس از سرخ شدن اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که پیش تیمار تاثیر بازدارندگی قابل توجهی بر

1. Sodium sulfat acid

Table 1 Treatments of study

Row	Treatments	Code
1	Agria variety (control)	CA
2	Ladyrosetta variety (control)	CL
3	Use of L-asparaginase enzyme at 4 ppm in Agria variety	AE1
4	Use of L-asparaginase enzyme at 8 ppm in Agria variety	AE2
5	Blanching operation at 10 minutes for Agria variety	AB1
6	Blanching operation at 15 minutes for Agria variety	AB2
7	Use of acetic acid at a concentration of 0.1 molar in Agria variety	AA1
8	Use of acetic acid at a concentration of 0.5 molar in Agria variety	AA2
9	Use of L-asparaginase enzyme at 4 ppm in Ladyrosetta variety	LE1
10	Use of L-asparaginase enzyme at 8 ppm in Ladyrosetta variety	LE2
11	Blanching operation at 10 minutes for Ladyrosetta variety	LB1
12	Blanching operation at 15 minutes for Ladyrosetta variety	LB2
13	Use of acetic acid at a concentration of 0.1 molar in Ladyrosetta variety	LA1
14	Use of acetic acid at a concentration of 0.5 molar in Ladyrosetta variety	LA2

۲-۲-۱- تهیه چپس

ابتد سبب زمینی‌ها شسته و پس از پوست‌گیری، برگه‌هایی به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر از آن‌ها تهیه گردید. شستشو و خیساندن به مدت ۱ دقیقه در آب سرد به منظور حذف نشاسته سطحی صورت گرفت. ۱۰۰ گرم از برگه‌ها پس از خشک شدن توسط حوله کاغذی در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۵۵ ثانیه در یک سرخ‌کن خانگی (ساخت شرکت Tefal فرانسه) حاوی ۳ لیتر روغن سرخ و سپس تا رسیدن به دمای اتاق، خنک گردیدند. این نمونه‌ها به عنوان نمونه‌های شاهد در نظر گرفته شدند.

۲-۲-۲- پیش تیمار بلانچینگ

برش‌های سبب زمینی پس از شستشو و خیساندن به مدت ۱ دقیقه در آب سرد، به مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه در آب داغ ۸۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند. پس از بلانچینگ، برش‌های سبب‌زمینی در آب سرد به مدت ۱۰ دقیقه خنک گردیدند. آن‌گاه برش‌های بلانچ شده سرخ شدند [۱۲].

۲-۲-۳- پیش تیمار آنزیم آسپاراژیناز

در ابتدا محلول‌هایی با غلظت‌های ۴ و ۸ ppm از آنزیم آسپاراژیناز تهیه گردید. سپس برش‌های سبب زمینی به مدت ۳۰ دقیقه در این محلول‌ها غوطه‌ور و سرانجام سرخ شدند [۱۲ و ۱۳].

۲-۲-۴- پیش تیمار اسید استیک

برش‌هایی از سبب زمینی به مدت ۳۰ دقیقه در محلول ۰/۱ و ۰/۵ مولار اسید استیک غوطه‌ور و سپس سرخ گردیدند [۷].

۲-۲-۵- اندازه‌گیری اکرلامید

آکرلامید بر اساس روش‌های Lehotay و Tareke اندازه‌گیری شد. ۵/۶ گرم از چپس‌های آماده شده در مرحله قبل، خرد و همگن شدند سپس مطابق روش Lehotay، ۵۰۰ ng/g متاکریلامید به عنوان استاندارد داخلی، ۵ ml هگزان و سپس به نسبت مساوی آب مقطر و استونیتریل (۵:۵) به آن اضافه و کاملاً مخلوط گردیدند. در ادامه ۵ گرم مخلوط سولفات سدیم بدون آب و کلرید سدیم به آن افزوده شد. آن‌گاه به منظور جداسازی لایه استونیتریلی، به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردیدند [۱۲، ۱۳، ۱۴]. لایه استونیتریلی جمع‌آوری شده، با استفاده از پتاسیم بروماید، اسید هیدروبرومیک و آب برم اشباع برومه گردید. محلول حاصل به مدت یک شب در یخچال با دمای ۴ درجه سلسیوس قرار گرفت. سپس برم اضافی با افزودن مقدار لازم تیوسولفات سدیم ۰/۷ مولار بی‌رنگ و پس از افزودن سولفات سدیم، محلول حاصله توسط ۶۵ ml اتیل استات طی دو مرحله استخراج شد. فاز آلی حاصل پس از آبگیری توسط سولفات سدیم، ابتدا توسط دستگاه تبخیر کننده چرخشی تحت خلا (مدل DIGITAL V10RV، ساخت شرکت IKA آلمان) تبخیر و سپس تحت گاز ازت تا حجم ۲۵۰ میکرولیتر تغلیظ شد. برای تعیین مقدار آکرلامید هر نمونه، از دستگاه کروماتوگرافی گازی استفاده شد.

۲-۲-۶- مشخصات و برنامه‌ی دمایی دستگاه HPLC

دستگاه مورد استفاده، Varian 3400، ساخت شرکت آلمانی Knauer، مجهز به آشکار ساز ECD که دارای یک ستون موئین (FFAP) با ابعاد ۳۰۰ mm × ۲/۵ mm × ۰/۲۵ μm، فیلم و

آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام گرفت. و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel2007 رسم گردیدند.

دکتور جرم سنج چهار گانه HP 5989A بود. دمای آون ۷۰ درجه سلسیوس به مدت یک دقیقه بود که با سرعت ۲۰ درجه سلسیوس در دقیقه به دمای ۲۴۰ درجه سلسیوس رسید و به مدت ۱۰ دقیقه و سی ثانیه در این دما نگهداشته شد. فاز متحرک، گاز هلیوم با دبی ثابت ۱ میلی‌لیتر بر دقیقه، روش تزریق به صورت Pulsed Splitless 1 4mlmin⁻¹ (223kPa)، دمای تزریق ۲۵۰ درجه سلسیوس و حجم تزریق ۱ μl بود.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به

میزان اکریلامید تحت روش های مختلف پیش

تیمار در دو رقم آگریا و رزتا

با توجه به جدول ۲، تاثیر رقم، روش پیش تیمار و اثر متقابل آنها بر میزان اکریلامید در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود ($P < 0.01$).

۲-۲-۷- آنالیز آماری

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از بررسی تاثیر روش های مختلف پیش تیمار قبل از فرآیند سرخ کردن و نوع رقم، بر میزان اکریلامید، از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و در سه تکرار استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها توسط

Table 2 Analysis of variance of acrylamide levels in Agria and Ladyrosetta varieties under different pretreatment methods

S.O.V	df	SS	MS	F
Potato variety (A)	1	11009.5238	11009.5238	254.63**
pretreatment methods (B)	6	102453.1429	17075.5238	394.92**
A × B	6	11171.8095	1861.9683	43.06**
Error	28	1210.6667	43.2381	-
Total	41	125845.1429	-	-

البته این تیمار از نظر آماری اختلاف معنی داری با تیمار فراوری شده با ۸ ppm آنزیم آسپاراژیناز در رقم رزتا (LE2) و ۴ ppm آنزیم از همان آنزیم در رقم آگریا (AE1) نداشت ($P > 0.05$).

با توجه به جدول ۳، بیشترین میزان اکریلامید در تیمار شاهد رقم رزتا (CL) و با میانگین ۴۰۲/۶۷ ppm و کمترین میزان اکریلامید در رقم آگریا فراوری شده با ۸ ppm آنزیم آسپاراژیناز (AE2) و با میانگین ۱۹۲/۳ ppm مشاهده شد.

Table3. Mean comparison of different pretreatment methods on the amount of acrylamide in chips prepared from Agria and Ladyrosetta varieties

Variety	Treatments	Code	Acrylamide (ppm)
Agria	Control	CA	307.67±1.45 ^h
	Use of acetic acid at a concentration of 0.1 molar	AA1	230.33±4.48 ^f
	Use of acetic acid at a concentration of 0.5 molar	AA2	209.33±1.45 ^{bcd}
	Blanching operation at 10 minutes	AB1	225.33±3.53 ^{ef}
	Blanching operation at 15 minutes	AB2	214.00±2.31 ^{cde}
	Use of L-asparaginase enzyme at 4 ppm	AE1	202.67±0.88 ^{abc}
	Use of L-asparaginase enzyme at 8 ppm	AE2	192.33±2.03 ^a
	Control	CL	402.67±0.88 ⁱ
Ladyrosetta	Use of acetic acid at a concentration of 0.1 molar	LA1	231.67±5.49 ^f
	Use of acetic acid at a concentration of 0.5 molar	LA2	212.00±1.73 ^{cd}
	Blanching operation at 10 minutes	LB1	275.67±10.68 ^g
	Blanching operation at 15 minutes	LB2	268.00±2.31 ^g
	Use of L-asparaginase enzyme at 4 ppm	LE1	218.33±0.33 ^{de}
	Use of L-asparaginase enzyme at 8 ppm	LE2	200.00±1.15 ^{ab}

Means with at least one common letter have no significant difference ($P > 0.05$)

اختلاف معنی داری بین دو زمان بلانچ بر میزان اکریلامید در رقم رزتا مشاهده نشد ($P > 0.05$). در حالیکه تیمارهای فراوری

با مقایسه تیمارهای مشابه در دو رقم، بلانچ حرارتی در رقم آگریا باعث کاهش معنی دار میزان اکریلامید گردید. اما،

۱۹۲/۳۳ ppm مشاهده شد که از نظر آماری با بقیه تیمارها اختلاف معنی داری داشت ($P < 0/05$). پس از آن تیمار فرآوری شده با ۴ ppm آنزیم آسپاراژیناز (AE1) با میانگین ۲۰۲/۷ و همچنین تیمار فرآوری شده با اسید استیک ۰/۵ مولار (AA2) با میانگین ۲۰۹/۳ ppm دارای حداقل اکریلامید بودند که با هم از نظر آماری اختلاف چندانی معنی داری نداشتند ($P > 0/05$). حداکثر میزان اکریلامید در نمونه شاهد (CA) با میانگین ۳۰۷/۷ ppm مشاهده شد که اختلاف بسیار معنی داری با دیگر تیمارها داشت ($P < 0/05$). تیمار فرآوری شده با اسید استیک ۰/۱ مولار (AA1) و تیمار بلانچ شده به مدت ۱۰ دقیقه (AB1) نیز با یکدیگر از نظر آماری اختلاف معنی داری نداشتند ($P > 0/05$). بنابراین در رقم آگریا، بهترین روش پیش تیمار استفاده از ۸ ppm آنزیم آسپاراژیناز تعیین گردید.

شده با اسید استیک ۰/۱ مولار در هر دو رقم به طور معنی داری، اکریلامید بیشتری نسبت به تیمارهای فرآوری شده با اسید استیک ۰/۵ مولار داشتند ($P < 0/05$).

۲-۳- نتایج مقایسه میانگین میزان اکریلامید در پاسخ به روش های مختلف پیش تیمار در هر یک از ارقام

به دلیل متنوع بودن روش های پیش تیمار و معنی دار شدن تمامی اثرات، همچنین به منظور بررسی دقیق تر تأثیر روش های مختلف پیش تیمار بر میزان اکریلامید، هر رقم سیب زمینی به طور جداگانه نیز مورد آنالیز قرار گرفت.

۱-۲-۳- رقم آگریا

با توجه به جدول ۴، حداقل میزان اکریلامید در تیمار فرآوری شده با ۸ ppm آنزیم آسپاراژیناز (AE2) با میانگین

Table 4 Mean comparison of different pretreatment methods on the amount of acrylamide in chips prepared from Agria varieties

Variety	Treatments	Code	Acrylamide (ppm)
	Control	CA	307.67±1.45 ^f
	Use of acetic acid at a concentration of 0.1 molar	AA1	230.33±4.48 ^e
	Use of acetic acid at a concentration of 0.5 molar	AA2	209.33±1.45 ^c
Agria	Blanching operation at 10 minutes	AB1	225.33±3.53 ^e
	Blanching operation at 15 minutes	AB2	214.00±2.31 ^d
	Use of L-asparaginase enzyme at 4 ppm	AE1	202.67±0.88 ^b
	Use of L-asparaginase enzyme at 8 ppm	AE2	192.33±2.03 ^a

Means with at least one common letter have no significant difference ($P > 0.05$)

طور معنی داری از میزان اکریلامید در تیمار فرآوری شده با اسید استیک ۰/۱ مولار (LA1) کمتر بود ($P < 0/05$).

۳-۳- بررسی مقایسه ای ارقام در تیمارهای مختلف

به منظور بررسی و مقایسه ارقام در هر یک از تیمارها از روش t-استیودنت^۱ استفاده شد.

۱-۳-۳- تیمار شاهد

نتایج مقایسه میانگین تیمار شاهد در دو رقم نشان داد که بدون اعمال تیمار، میزان اکریلامید موجود در رقم رزتا بسیار بیشتر از رقم آگریا می باشد و این اختلاف معنی دار بود. اختلاف بین دو رقم ۹۵ ppm برآورد شد.

۲-۲-۳- رقم رزتا

توجه به جدول ۵، میزان اکریلامید در تیمار فرآوری شده با ۸ ppm آنزیم آسپاراژیناز (LE2) با میانگین ۲۰۰ ppm حداقل بود و از نظر آماری با تیمار فرآوری شده با ۴ ppm آنزیم آسپاراژیناز (LE1) اختلاف معنی نشان داد ($P < 0/05$). در این رقم نیز حداکثر میزان اکریلامید در تیمار شاهد (CL) با میانگین ۴۰۲/۷ ppm مشاهده شد که از میزان اکریلامید در تیمار شاهد رقم آگریا (CA) (۳۰۷/۷ ppm) بسیار بیشتر بود لذا این رقم برای تهیه چیپس از کیفیت پایین تری برخوردار است. در این رقم، زمان بلانچ تأثیر معنی داری بر میزان اکریلامید نداشت ($P > 0/05$). در این رقم نیز میزان اکریلامید در تیمار فرآوری شده با اسید استیک ۰/۵ مولار (LA2) به

1. t-Student

Table 5 Mean comparison of different pretreatment methods on the amount of acrylamide in chips prepared from Ladyrosetta varieties

Variety	Treatments	Code	Acrylamide (ppm)
	Control	CL	402.67±0.88 ^c
	Use of acetic acid at a concentration of 0.1 molar	LA1	231.67±5.49 ^c
	Use of acetic acid at a concentration of 0.5 molar	LA2	212.00±1.73 ^{ab}
Ladyrosetta	Blanching operation at 10 minutes	LB1	275.67±10.68 ^d
	Blanching operation at 15 minutes	LB2	268.00±2.31 ^d
	Use of L-asparaginase enzyme at 4 ppm	LE1	218.33±0.33 ^{bc}
	Use of L-asparaginase enzyme at 8 ppm	LE2	200.00±1.15 ^a

Means with at least one common letter have no significant difference ($P > 0.05$)

Table 6 Mean comparison of acrylamide between two varieties of Ladyrosetta (Control) and Agria (Control)

Variable	Treatments	Acrylamide (ppm)
	Ladyrosetta (Control)	402.67±0.88 ^a
	Agria (Control)	307.67±1.45 ^b

۳-۳-۲- تیمار فرآیند شده با اسید استیک ۰/۱ مولار
با اعمال اسید استیک ۰/۱ مولار به هر دو رقم، میانگین‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافتند و میانگین رقم آگریا در این تیمار ۲۳۰/۳ ppm و رقم رزتا ۲۳۱/۷ ppm مشاهده گردید.

Table 7 Mean comparison of acrylamide between two varieties of Ladyrosetta and Agria that processed with 0.1 molar acetic acid

Variable	Treatments	Acrylamide (ppm)
	Ladyrosetta	231.67±5.49 ^a
	Agria	230.33±4.48 ^a

۳-۳-۳- تیمار فرآیند شده با اسید استیک ۰/۵ مولار
در تیمار فرآیند شده با اسید استیک ۰/۵ مولار نیز میزان اکریلامید موجود در دو رقم به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت اما اختلاف معنی‌دار نبود. میانگین رقم آگریا در این تیمار ۲۰۹/۳ ppm و رقم رزتا ۲۱۲ ppm اندازه‌گیری شد.

Table 8 Mean comparison of acrylamide between two varieties of Ladyrosetta and Agria that processed with 0.5 molar acetic acid

Variable	Treatments	Acrylamide (ppm)
	Ladyrosetta	212.00±1.73 ^a
	Agria	209.33±1.45 ^a

۳-۳-۴- تیمار فرآیند شده با بلانچ حرارتی به مدت ۱۰ دقیقه
بررسی تأثیر تیمار بلانچ حرارتی به مدت ۱۰ دقیقه در دو رقم نشان داد که میزان اکریلامید در رقم آگریا به طور معنی‌داری کمتر از میزان آن در رقم رزتا می‌باشد. این اختلاف به میزان ۵۰/۳۳ ppm محاسبه گردید.

Table 9 Mean comparison of acrylamide between two varieties of Ladyrosetta and Agria that processed with blanche thermal in 10 minutes

Variable	Treatments	
	Ladyrosetta	Agria
Acrylamide (ppm)	275.67±10.68 ^a	225.33±3.53 ^b

۳-۳-۵- تیمار فرآیند شده با بلانچ حرارتی به مدت ۱۵ دقیقه نیز میزان اکریلامید در رقم آگریا به طور معنی‌داری کمتر از رقم رزتا محاسبه گردید. میانگین برای رقم آگریا ۲۱۴ ppm و برای رقم رزتا ۲۶۸ ppm اندازه‌گیری شد.

Table 10 Mean comparison of acrylamide between two varieties of Ladyrosetta and Agria that processed with blanche thermal in 15 minutes

Variable	Treatments	
	Ladyrosetta	Agria
Acrylamide (ppm)	268.00±2.31 ^a	214.00±2.31 ^b

۳-۳-۶- تیمار فرآوری شده با آنزیم آسپاراژیناز با غلظت ۴ ppm نتایج مقایسه میانگین میزان اکریلامید در دو رقم فرآوری شده با آنزیم آسپاراژیناز در غلظت ۴ ppm نشان داد که میزان این ماده در رقم آگریا با میانگین ۲۰۲/۷ ppm به طور معنی‌داری کمتر از رقم رزتا ۲۱۸/۳ ppm می‌باشد.

Table 11 Mean comparison of acrylamide between two varieties of Ladyrosetta and Agria that treated with 4 ppm L-asparaginase enzyme

Variable	Treatments	
	Ladyrosetta	Agria
Acrylamide (ppm)	218.33±0.33 ^a	202.67±0.88 ^b

۳-۳-۷- تیمار فرآوری شده با آنزیم آسپاراژیناز با غلظت ۸ ppm نتایج مقایسه میانگین میزان اکریلامید در دو رقم فرآوری شده با آنزیم آسپاراژیناز در غلظت ۸ ppm نشان داد که میزان این ماده در رقم آگریا با میانگین ۱۹۲/۳ ppm به طور معنی‌داری کمتر از رقم رزتا ۲۰۰ ppm می‌باشد.

Table 12. Mean comparison of acrylamide between two varieties of Ladyrosetta and Agria that treated with 8 ppm L-asparaginase enzyme

Variable	Treatments	
	Ladyrosetta	Agria
Acrylamide (ppm)	200.00±1.15 ^a	192.33±2.03 ^b

۳-۳-۸- تاثیر روش های مختلف پیش تیمار بر میزان اکریلامید در چپس های تهیه شده از رقم آگریا و رزتا مطالعات نشان داده که نوع رقم سیب زمینی، عامل مهمی در تعیین مقدار پیش سازهای اکریلامید است به عبارت دیگر رقم سیب زمینی، شرایط کشت، زمین کشت، کود دهی، استفاده از

علف کش ها افت کش ها، زمان برداشت، مدت زمان نگهداری و دمای نگهداری سیب زمینی بر میزان آسپاراژین و به ویژه قند های احیا کننده موجود در سیب زمینی موثر است [۸]. آمرین و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه ای به بررسی پتانسیل تشکیل اکریلامید، قندهای احیا کننده و اسید آمینه آسپاراژین در ۱۷ رقم سیب زمینی کشت شده در مناطق

و همکاران (۱۳۹۱) نیز در مطالعه ای که بر تأثیر درجه استخراج آرد، میزان آنزیم آسپاراژیناز، دما و مدت زمان پخت بر تشکیل آکریلامید در نان سنگک انجام دادند، بیان نمودند که استفاده از آنزیم آسپاراژیناز به میزان ۵۰۰ میلی گرم/کیلوگرم باعث می شود تا میانگین تشکیل آکریلامید در نان سنگک به میزان ۲۲/۹۶٪ کاهش یابد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد [۱۳].

۳-۳-۱۰- تأثیر پیش تیمار بلانچینگ بر میزان تشکیل آکریلامید در چیپس های تهیه شده از رقم آگریا و رزتا

بلانچ کردن در دماهای متوسط و زمان بیشتر سبب بهبود کیفیت بافت سیب زمینی سرخ شده می شود و نیز جذب روغن طی سرخ شدن را کاهش می دهد. در عین حال استفاده از دماهای خیلی پایین در بلانچ ممکن است سبب فعال ماندن آنزیم پکتین متیل استراز گردد که این آنزیم باعث سفت شدن ساختار دیواره سلول های سیب زمینی و افزایش سفتی می گردد. هم چنین بلانچینگ سبب حذف پیش ساز های آکریلامید یعنی قندهای احیا کننده و اسید آمینه آسپاراژین می شود، در نتیجه میزان آکریلامید در فراورده نهایی کاهش می یابد [۱۷].

بختیاری و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه ای که به بررسی تأثیر دماهای مختلف بلانچینگ (۵۰°C، ۷۰°C و ۹۰°C به مدت ۳ دقیقه) بر میزان آکریلامید تشکیل شده در چیپس های حاصله از سیب زمینی آگریا پرداختند، بیان نمودند که استفاده از دمای بیشتر در فرآیند بلانچینگ سبب کاهش بیشتر آکریلامید در محصول می گردد. به طوری که دمای ۹۰°C سبب کاهش ۶۰٪ آکریلامید نسبت به نمونه شاهد شد. در این مطالعه نیز بلانچینگ سبب کاهش تشکیل آکریلامید در چیپس های حاصل از هر دو رقم شد [۱۲]. شجاعی علی آبادی و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش نمودند که بلانچ کردن در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۹ دقیقه و دمای ۸۳ درجه سلسیوس و به مدت ۲/۵ دقیقه، سبب کاهش آکریلامید به ترتیب به میزان ۷۴٪ و ۶۲/۹٪ در سیب زمینی های سرخ شده (ارقام آگریا و ساوالان) می شود که با یافته های این تحقیق مطابقت دارد [۴].

مختلف سوییس با روش های مختلف کشاورزی پرداختند و بیان نمودند که میزان قندهای احیا کننده و آسپاراژین در ارقام و شرایط کاشت مختلف متفاوت است و در نتیجه میزان تشکیل آکریلامید به میزان زیادی تحت تأثیر رقم سیب زمینی و شرایط کاشت می باشد که با نتایج به دست آمده از این تحقیق مطابقت دارد [۱۵].

۳-۳-۹- تأثیر پیش تیمار با آنزیم L-آسپاراژیناز بر میزان تشکیل آکریلامید در چیپس های تهیه شده از رقم آگریا و رزتا

مطالعات صورت گرفته توسط محققان پیشین نشان می دهد، آسپاراژین فراوان ترین اسید آمینه سیب زمینی است و پیش ساز اصلی تشکیل آکریلامید نیز محسوب می شود. از این رو استفاده از آنزیم L-آسپاراژیناز به منظور کاهش این اسید آمینه یکی از راه های اصلی کاهش آکریلامید به شمار می رود. مطالعات انجام شده توسط سیسارووا و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان داد که استفاده از آنزیم L-آسپاراژیناز در سطوح مختلف با دو رقم سیب زمینی رزارا^۱ و مارابل^۲ در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه و سپس حرارت دادن سیب زمینی ها در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه، سبب کاهش تشکیل آکریلامید می گردد. البته میزان کاهش آکریلامید در دو رقم یکسان بود اما با توجه به نتایج بیشترین کاهش هنگام استفاده از ۲ u/g از آنزیم L - آسپاراژیناز حاصل شد (۹۷٪ کاهش آکریلامید) در حالیکه تیمار کردن با ۰/۲ u/g آنزیم L- آسپاراژیناز میزان تشکیل آکریلامید را ۴۵٪ کاهش داد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد [۸]. پدرسچی و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تأثیر همزمان بلانچینگ (دمای ۸۵ درجه سلسیوس به مدت ۳/۵ دقیقه) و غوطه وری در محلول آنزیم آسپاراژیناز (ASNU/L ۱۰۰۰۰) به مدت ۲۰ دقیقه، بر میزان تشکیل آکریلامید طی سرخ کردن در شرایط (۱۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۵ دقیقه) پرداختند و بیان نمودند که میزان آکریلامید در چیپس های حاصل از سیب زمینی های تیمار شده با هر دو روش به طور هم زمان، به میزان ۹۰٪ کاهش یافت که نتایج مطالعه حاضر را در خصوص کاهش آکریلامید هنگام استفاده از آنزیم آسپاراژیناز تأیید می کند [۱۶]. واحدی

۳-۱۱- تاثیر غوطه وری در اسید استیک بر میزان

تشکیل اکریلامید در چپس های تهیه شده از رقم

آگریا و رزتا

غوطه وری سیب زمینی در محلول های اسیدی سبب کاهش و حذف پیش سازهای اکریلامید شامل اسید آمینه آسپارژین و گلوکز از سطح برش های سیب زمینی می گردد در نتیجه می تواند به عنوان راهی برای کاهش تشکیل اکریلامید در نظر گرفته شود [۱۱]. پدرسچی و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی روش های مختلف پیش تیمار بر میزان اکریلامید تشکیل شده در برش های سیب زمینی طی فرآیند سرخ کردن پرداختند. آن ها گزارش کردند که غوطه وری سیب زمینی ها به مدت ۶۰ دقیقه در محلول ۱۰ g/l اسید سیتریک و سپس سرخ کردن در دماهای ۱۵۰، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سلسیوس به ترتیب سبب کاهش ۸۶٪، ۴۷٪ و ۲۸٪ اکریلامید در محصول سرخ شده می گردد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد [۱]. جونگ و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش نمودند که غوطه وری برش های سیب زمینی در محلول ۱۰ g/l اسید سیتریک، سبب کاهش ۷۳٪/۱ میزان اکریلامید در سیب زمینی های سرخ شده در دمای ۱۹۰°C درجه سلسیوس می گردد [۱۸]. باسانی و عرفات (۲۰۱۳) گزارش کردند که غوطه وری برش های سیب زمینی در محلول ۱٪ اسید سیتریک به مدت ۲۰ و ۴۰ دقیقه قبل از سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس سبب کاهش قابل توجه میزان اکریلامید در محصول نهایی در مقایسه با نمونه شاهد (۶۰۰۰ μg/kg) می گردد به طوری که میزان اکریلامید پس از ۲۰ دقیقه غوطه وری به ۴۸۰۰ μg/kg و پس از ۴۰ دقیقه غوطه وری در اسید به ۳۱۰۰ μg/kg کاهش یافت. این یافته ها نیز با نتایج این پژوهش مطابقت دارد [۱۱].

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش سه روش پیش تیمار شامل بلانچینگ در دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه، غوطه وری در آنزیم L-آسپاراژیناز به مدت ۳۰ دقیقه و در دو سطح ۴ ppm و ۸ و غوطه وری در محلول اسیداستیک ۰/۱ و ۰/۵ مولار به مدت ۳۰ دقیقه برای برش های سیب زمینی دو رقم آگریا و لیدی رزتا، به منظور کاهش پیش سازهای اکریلامید شامل اسید آمینه آسپارژین و قندهای احیا کننده مورد استفاده گرفت.

سپس این برش ها در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۴/۱۵ دقیقه سرخ شدند. نتایج نشان داد که هر سه روش پیش تیمار و نوع ارقام بر کاهش میزان اکریلامید در فرآورده سرخ شده نهایی نسبت به نمونه شاهد به طور معنی داری موثر هستند به گونه ای که تیمار فرآوری شده با ۸ ppm آنزیم L-آسپاراژیناز در رقم آگریا (AE2) کمترین میزان اکریلامید در بین تیمارهای هر دو رقم را به خود اختصاص داد و به عنوان تیمار برتر در نظر گرفته شد. بیشترین میزان اکریلامید نیز در تیمار شاهد رقم لیدی رزتا (CL) مشاهده شد. در رقم لیدی رزتا نیز غوطه وری در ۸ ppm آنزیم L-آسپاراژیناز (LE2) سبب بیشترین کاهش در تشکیل اکریلامید، نسبت به سایر روش ها گردید.

۵- منابع

- [1] Pedreschi, F. 2009. Processing Effects on Safety and Quality of Foods. Acrylamide Formation and Reduction in Fried Potatoes. 231-252.
- [2] Vasper, H. C. 2008. Investigation into cancer and nutrition study. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 56(22). 6046-6053.
- [3] Zhang, Y., and Zhang, Y. 2007. Formation and reduction of acrylamide in Maillard reaction: a review based on the current state of knowledge. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 47: 521-542.
- [4] Shojaee- Aliabadi, S., Nikoopour, H., Kobarfard, F., Parsapour, M., Molehishad, M., Hassanabadi, H., Frias, J. M., Hashemi, M., and Dahaghin, E. 2013. Acrylamide reduction in potato chips by selection of potato variety grown in Iran and processing conditions. School of Food Science and Environment Health.
- [5] Qagharbeigi, P., Kamkar, A., Jannat, B., and Haj Hosseini Babaei, A. 2012. Inhibitory effects of rosemary extract and vitamins niacin(B3) and pyridoxine(B6) on acrylamide formation in potato chips. Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology, 7(2): 67-74. (In Persian).
- [6] Vahedi, H., Azizi, M. H., Kobarfard, F., Barzegar, M., and Hamidi Esfahani, Z. 2012. The effect of flour extraction rate, amount of asparaginase enzyme, and baking temperature and time on acrylamide

- [13] Vahedi, H., Azizi, M. H., Kobarfard, F., Barzegar, M., and Hamidi Esfahani, Z. 2011. Effect of flour extraction rate and amount of asparaginase enzyme on reduction free asparagine in bread dough. *Horizon of Medical Sciences*, 18(7): 37-45. (In Persian).
- [14] Lehotay, J., and Mastovska, K. 2006. Rapid sample preparation method for LC-MS/MS or GC-MS analysis of acrylamide in various food matrices. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, 54: 7001-7008.
- [15] Amrein, T. M., Bachman, S., and Noti, A. 2003. Potential of acrylamide formation sugars and free asparagine in potatoes: a comparison of cultivars and farming systems. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51: 556-560.
- [16] Pedreschi, F., Mariotti, S., Granby, K., and Risum, J. 2011. Acrylamide reduction in potato chips by using commercial asparaginase in combination with conventional blanching. *LWT - Food Science and Technology*, 3:1-4.
- [17] Mestdagh, F., DeWilde, T., Fraselle, S., Govaert, Y., Ooghe, W., Degroot, J. M., Verhe, R., Van Peteghem, C., and DeMeulenaer, B. 2008. Optimization of the blanching process to reduce acrylamide in fried potatoes. *LWT - Food Science and Technology*, 41(9): 1648-1654.
- [18] Jung, M.Y., Choi, D. S., and Ju, J. W. 2003. A novel technique for limitation of acrylamide formation in fried and baked corn chips and in French fries. *Journal of Food Science*, 68: 1287-1290.
- formation in Sangak bread. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*, 7(3): 51-60. (In Persian).
- [7] Pedreschi, F., Kaack, K., and Granby, K. 2004. Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying. *LWT. Food Science and Technology*, 37(6): 679-685.
- [8] Ciesarova, Z., Kiss, E., and Boegl, P. 2006. Impact of L-asparaginase on acrylamide content in potato products. *Journal of Food and Nutrition Research*, 45: 141-146.
- [9] Huang, W., Yu, S., Zou, Q., and Tilley, M. 2008. Effects of frying conditions and yeast fermentation on the acrylamide content in you-tiao, a traditional Chinese, fried, twisted dough-roll. *Food Research International*, 41: 918-923.
- [10] Kim, B., Perkins, L. B., Calder, B., LeBlanc, L. A., and Bushway, R. J. 2009. Comparison of the Efficacy of Sodium Acid Sulfate and Citric Acid Treatments in Reducing Acrylamide Formation in French Fries. *MAFES Technical Bulletin* 201.
- [11] Basuny, A. M. M., and Arafat, S. M. 2013. Reduction of acrylamide formation, polymer compounds and oil uptake in potato slices during frying. *Current Research in Microbiology and Biotechnology*, 1(3): 111-118.
- [12] Bakhtiary, D., Asadollahi, S., and Yasini Ardakani, S. A. 2014. The effect of blanching process on acrylamide formation in potato crisps. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 3(12): 1220-1224.

Comparison of physical, chemical and enzymatic pre-treatment for reducing acrylamid in potato chips in Agriya and Ladyrosetta varieties

Ghorban Alizaddeh, M. ¹, Asadollahi, S. ^{2*}, Zargari, K. ³

1. MSc Student, Department of Food Science, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Food Science, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

3. Assistant Professor, Department of Biology- Genetics, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

(Received: 2015/12/18 Accepted:2016/11/05)

There are different concentrate of glucose, fructose and asparagine in various varieties of potato. This is one of the most important reasons for production different amount of acrylamide during heat processing. In order to decrease acrylamide precursors, three methods, including: Blanching of potato slices (80°C, 10, 15 min), Immersion of potato slices in L-asparaginase soluble (4, 8 ppm), Immersion of potato slices in acetic acid soluble (0.1, 0.5 mol/lit) were used in two potato varieties, Agria and Ladyrosetta. Then treated potato slices were fried at 180°C and the amount of acrylamide in potato chips was measured. The results showed that, the effect of potato varieties and pretreatment method are significant on acrylamide production. According to the result, the sample of Agria variety that had been processed by 8 ppm L-asparaginase, had the minimum level of acrylamide but the highest level of it was observed in control sample of Ladyrosetta, and it had significant difference with other samples. Regarding to the result, Agria variety is more appropriate than Lady rosetta for potato chips producing. Furthermore, in order to reduce of acrylamide in final fried product, use of L-asparaginase is more effective than other methods.

Key words: Acrylamide, Potato chips, L-asparaginase, Blanching, Acetic acid

*Corresponding Author E-Mail Address: asadollahi@iauvaramin.ac.ir