تاثیرآنزیم بری به همراه امواج فراصوت و آنزیم آسپارژیناز برکاهش میزان آکریل آمید سیب زمینی سرخ شده

نادیا حسنی بایگی[1*]، پروین شرایعی[2]، حسین جلالی[3]

[1] دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی شیمی- صنایع غذایی، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران.

[2] استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،مشهد، ایران.

[3] استادیار گروه مهندسی شیمی- صنایع غذایی، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۴/۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۲۵

چکیده

این پژوهش با هدف‌بررسی‌تاثیر پیش فرآیندهای قبل از سرخ کردن (آنزیم بری به همراه فراصوت و استفاده از آنزیم آسپارژیناز) بر کاهش میزان آکریل‌آمید و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی(میزان دفع رطوبت، میزان جذب روغن، رنگ و سفتی) خلال سیب‌زمینی طی فرآیند سرخ کردن عمیق در دمای ۱۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴ دقیقه انجام پذیرفت. بدین منظور ابتدا پیش‌فرآیند آنزیم‌بری درآب مقطر ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه و به همراه صوت‌دهی با امواج فراصوت (شدت ۳۰، ۶۰ و۱۰۰وات بر میلی‌مترمربع به مدت ۰/۵، ۱ و ۱/۵ دقیقه) انجام شد. سپس نمونه‌ها در محلول حاوی آنزیم آسپارژیناز با غلظت ۵و ۱۰واحد بر لیتر بهمدت ۲۰ دقیقه غوطه‌ور گردیدند. نتایج نشان داد پیش فرآیندها بر کاهش میزان آکریل‌آمید و همچنین سایر خصوصیات کیفی تاثیر گذار بودند ($P<0/05$). با افزایش زمان و شدت صوت‌دهی به ترتیب از ۰/۵ به ۱ دقیقه و از ۳۰ به ۶۰ وات بر میلی‌متر مربع میزان جذب روغن و میزان آکریل‌آمید به طور معنی‌داری کاهش یافت؛ در حالیکه افزایش زمان و شدت فراصوت دهی به ترتیب از ۱ به ۱/۵ دقیقه و از ۶۰ به ۱۰۰ وات بر میلی‌متر مربع، افزایش میزان جذب روغن و میزان آکریل‌آمید را به دنبال داشت. از طرفی صوت‌دهی در زمان‌ها و شدت‌های مختلف تاثیر معنی‌داری بر میزان سفتی، تغییرات کلی رنگ و خصوصیات حسی نداشت.هرچند، آنزیم آسپارژیناز باعث کاهش چشم گیری در میزان آکریل آمید نمونه‌ها شد؛ اما میزان جذب روغن را افزایش داد. هم چنین نتایج نشان داد غوطه وری در آنزیم آسپارژیناز با غلظت ۵ واحد بر لیتر بر کاهش میزان آکریل آمید موثرتر از غلظت ۱۰ واحد بر لیتر بود.با ملاحظه اثرات متقابل آنزیم آسپارژیناز و صوت دهی، استفاده از صوت دهی با شدت ۶۰ وات بر میلی‌مترمربع به مدت ۱ دقیقه و غوطه‌وری در محول آسپارژیناز با غلظت ۵ واحد بر لیتر، باعث کاهش بیشتر میزان آکریل‌آمید با حفظ سایر خصوصیات کیفی و حسی گردید.

واژه های کلیدی: آکریل‌آمید، آنزیم آسپارژیناز، سیب زمینی سرخ شده، فراصوت.

*مسوول مکاتبات : hasaninadia68@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

سرخ کردن مواد غذایی به دلیل ایجاد خواص حسی منحصر به فرد امروزه به طور وسیعی در سطوح صنعتی و خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به کمک این روش آماده‌سازی، ماده غذایی با طعم دلپذیر، بافت ترد و ظاهر طلایی مطلوب تولید می-شود. حین سرخ کردن عمیق، در حضور اکسیژن و رطوبت ناشی از ماده غذایی، واکنش‌های اکسایشی و هیدرولیزی زیادی در روغن صورت گرفته، مواد نامطلوبی ایجاد می‌گردند که ضمن بروز آثار منفی بر طعم و رنگ محصول، سلامت انسان را نیز احتمالاً به خطر می‌اندازند (۲۶). مشخص شده است طی فرآیند سرخ کردن به میزان زیادی آکریل‌آمید[1] تشکیل می‌شود (۴۰).

آکریل‌آمید، ترکیب جامد بلوری، بی بو، بی رنگ با نقطه ذوب ۸۴/۵ درجه سانتیگراد است و در آب، استن و اتانول محلول می-باشد.برای اولین بار اداره ملی غذای کشور سوئد در ۲۴ آوریل ۲۰۰۲ وجود مقادیر بالای آکریل‌آمید را در غذاهای حرارت دیده غنی از کربوهیدرات اعلام کرد (۲۰).

این یافته که غذا مهم‌ترین منبع دریافت آکریل‌آمید برای انسان است، نگرانی وسیعی را در سطح بین المللی به دنبال داشت (۴۰). زیرا این ترکیب در سال ۱۹۹۴ توسط آژانس بین المللی تحقیقات سرطان به عنوانترکیب سرطان‌زای احتمالی برایانسان طبقه بندی - شد و از سوی دیگر، ایجاد اختلالات عصبی توسط آن، نه تنها در حیوانات آزمایشگاهی بلکه در انسان هم به اثبات رسیده است (۲۲). در حقیقت بین میزان جذب آکریل‌آمید و سرعت رشد سرطان خصوصا در ارگان‌های ریه، پوست، پستان و غده فوق کلیه رابطه مستقیمی وجود دارد. پس از این نتایج، بسیاری از محققین در خصوص منابع آکریل‌آمید در مواد غذایی و راه های کاهش آن تحقیق نمودند. مطالعات و بررسی‌های مستقل انجام شده نشان دادکه مسیر اصلی تشکیل آکریل‌آمید در غذاهای حرارت دیده، واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی بین گروه آمین آزاد اسیدآمینه آسپارژین[2] و یک منبع کربونیلی مانند قند احیاءکننده است. این واکنش مسئول طعم و آروما در غذاهای حرارت دیده می‌باشد. هر عاملی که بر واکنش میلارد[3] اثر بگذارد؛ مانند فرمولاسیون غذا، pH، فعالیت آبی (a_w)،دما و زمان حرارت‌دهی می‌تواند بر تشکیل آکریل‌آمید نیز موثر باشد.

همچنین، محیط حرارت‌دهی (نوع روغن) و مقدار پیش‌سازهای موجود در ماده اولیه، از عوامل مؤثر بر تشکیل آکریل‌آمید هستند(۲۴و۱۷). علاوه بر این آکریل‌آمید به واسطه‌ی آکرولئین نیز تشکیل می‌شود؛ آکرولئیندارای سه کربن آلدهید با ساختار بسیار شبیه آکریل‌آمید است. به طور کلی تشکیل آکریل‌آمید از آکرولئین به واسطه‌ی تغییر شکل مستقیم آکرولئین به وسیلهٔ واکنش با آمونیاک می‌باشد. عواملی مانند تفاوت در ترکیب غذا، تفاوت در پارامترهای فرآیند و شرایط پخت نهایی می‌تواند میزان آکریل‌آمید را در محصول نهایی تغییر دهد (۱۱).

از راههای اصلی برای کاهش آکریل‌آمید در صنعت کشاورزی می توان به انتخاب ماده خام با محتوای قند احیاء و آسپارژین کم و مداخلات تکنولوژیکی (پیش فرآیند[4]، تغییر فرمولاسیون و تغییر فرآیند) اشاره کرد (۶). آنزیم‌بری به عنوان یک پیش فرآیند یکی از مراحل مهم در فرآیند صنعتی تولید فرنچ فرایز و چیپس سیب‌زمینی است. طی فرآیند آنزیم‌بری، نشاسته نیز ژلاتینه شده و جذب روغن را محدود می‌کند که با بهبود بافت و یکنواختی رنگ محصول همراه است (۴۱). همچنین در این مرحله انتظار می‌رود پیش ساز ماده آکریل‌آمید از دسترس خارجشده و در نتیجه مقدار آکریل‌آمید در محصول نهایی کاهش یابد.

نتایج حاصل از پژوهش محققین مختلف نشان داده است که امواج فراصوت با مکانیسم های مختلف ممکن است منجر به افزایش میزان خروج رطوبت از ماده غذایی طی فرآیند خشک کردن شوند و مواد غذایی با درصد رطوبت نهایی کمتری خشک شوند (۱۲). از جمله می توان به افزایش دما در لایه مرزی، تغییر فشار در اثر کاویتاسیون، توسعه میکروکانال ها در اثر ایجاد ترک ناشی از تنش برشی حاصل از کاویتاسیون، اغتشاش در لایه مرزی و ایجاد تغییرات ساختمانی در محیط اشاره کرد. در واقع پیش فرآیند فراصوت از طریق انقباض و انبساط های پی در پی باعث ایجاد کانال های میکروسکوپی در ماده غذایی شده و خروج آب از داخل محصول را تسهیل می کند. با این حال، تاکنون مطالعات بسیار محدودی در زمینه استفاده از پیش فرآیند فراصوت در فرآیند سرخ کردن صورت گرفته است ولی انتظار می رود به دلیل شباهت فرآیندهای خشک کردن و سرخ کردن، استفاده از فراصوت قبل از فرآیند سرخ کردن، باعث افزایش ضریب انتشار

[1] Acrylamide
[2] Asparagine
[3] Maillard reaction
[4] Pre-treatment

Archive of SID

www.SID.ir

مؤثر رطوبت، کاهش زمان فرآیند و در نتیجه بهبود خصوصیات کیفی ماده غذایی گردد (۱۵).

یکی از روش های بیوتکنولوژیکی کاهش آکریل آمید، استفاده از آنزیم آسپارژیناز است. آسپارژیناز آنزیمی است که آسپارژین را به اسید آسپارتیک و آمونیاک هیدرولیز می کند. بنابراین بتواند با حذف پیش ماده آسپارژین، تشکیل آکریل آمید را کاهش دهد (۱۱). بنابراین، انتظار می رود استفاده از آنزیم آسپارژیناز با غلظت مناسب می تواند میزان آکریل آمید را بدون تغییر در طعم و مزه محصول نهایی تا حدود زیادی کاهش دهد . با توجه به توسعه روزافزون صنایع تولید سیب زمینی سرخ کرده و مصرف بالای این محصول در کشور و احتمال سرطان زا بودن آکریل-آمید ضرورت بررسی راهکارهای کاهش این ترکیب در سیب زمینی سرخ شده احساس می شود. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف کاهش غلظت پیش سازهای اولیه تولید آکریل آمید توسط آنزیم آسپارژیناز و آنزیم بری به همراه فرآیند صوت دهی و در نتیجه کاهش میزان تولید آکریل آمید انجام گرفت.

۲- مواد و روش

۲-۱- مواد اولیه

هگزان صنعتی و آنزیم آسپارژیناز از شرکت سیگما خریداری شد. سیب زمینی از مزارع مشهد تهیه گردید. روغن کانولای و پالم اولئین تصفیه شده بدون آنتی اکسیدان از کارخانه سه گل نیشابور و روغن زیتون از بازار تهیه شد. نمونه های روغن تا زمان مصرف در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگه داری شدند.

۲-۲- پیش تیمارهای قبل از سرخ کردن

سیب زمینی ها پس از پوست گیری با استفاده از قالب دستی به خلالهای ۰/۲ ± ۱×۱×۶ سانتیمتر برش زده شدند (یکنواختی نمونه ها با استفاده از کولیس کنترل شد). خلال هایی که در معرض هیچ گونه پیش فرآیندی قرار نگرفتند به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شدند. خلال ها به صورت زیر پیش تیمار شدند :

-تیمار شاهد.

-آنزیم بری به مدت ۵ دقیقه شامل: ۴،۴/۵ و ۳/۵ دقیقه درآب مقطر ۸۵ درجه سانتیگرادو۰/۵، ۱ و ۱/۵ دقیقه فراصوت دهی با شدت ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰وات بر میلی متر مربع.

-آنزیم بری به مدت ۵ دقیقه شامل: ۴،۴/۵ و ۳/۵ دقیقه درآب مقطر ۸۵درجه سانتیگرادو ۰/۵، ۱ و ۱/۵ دقیقه فراصوت دهی با شدت ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰وات بر میلی متر مربع و سپس غوطه وری درمحلول آسپارژیناز ۵ واحد بر لیتر به مدت ۲۰ دقیقه.

-آنزیم بری به مدت ۵ دقیقه شامل: ۴،۴/۵ و ۳/۵ دقیقه درآب مقطر ۸۵درجه سانتیگرادو ۰/۵، ۱ و ۱/۵ دقیقه فراصوت دهی با شدت ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰وات بر میلی متر مربع و سپس غوطه وری درمحلول آسپارژیناز ۱۰ واحد بر لیتر به مدت ۲۰ دقیقه.

لازم به توضیح است دما در فرآیند فراصوت دهی، ۸۵ درجهٔ سانتیگراد ثابت نگهداشته شد. هر نمونه بعد از خارج شدن از محلولهای ذکر شده به منظور خشک شدن قبل از فرآیند سرخ شدن به مدت ۳ دقیقه در آون ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت. همچنین فرآیند فراصوت با استفاده از دستگاه اولتراسونیک ساخت شرکت هلشر آلمان مدل یوپی ۴۰۰ اس با قدرت ۴۰۰ وات و پروب از نوع H7 از جنس تیتانیوم با قطر ۷ میلیمتر و طول ۱۰۰ میلیمتر صورت پذیرفت.

۲-۳- فرآیند سرخ کردن

خلال های سیب زمینی در سرخ کن خانگی مجهز به ترموستات (دمای ۲ ±۱۷۵درجه سانتیگراد) در مخلوط روغن کانولا، زیتون و پالم اولئین به نسبت ۷۵:۱۵:۱۰ سرخ شدند (۱۳). برای اطمینان از یکنواختی دمای روغن قبل از سرخ کردن، روغن مورد استفاده ۱ ساعت قبل از سرخ کردن در دمای مورد نظر (۱۷۵ درجه سانتیگراد) حرارت داده شد (۸ و۲۵). نمونه ها به مدت ۴ دقیقه سرخ شدند و در انتهای فرآیند، بلافاصله از سرخ کن خارج و روغن اضافی سطح آنها با کاغذ جاذب گرفته شد و پس از خنک شدن برای آزمونهای لازم مورد استفاده قرار گرفت. تا زمان انجام آزمایش های دیگر در فریزر ۱۸- درجه سانتیگراد نگهداری شدند. عملیات سرخ کردن در دو تکرار صورت گرفت (۳۹).

۲-۴-آزمون‌ها

۲-۴-۱- رطوبت

ابتدا مقدار معینی از خلال‌های سیب‌زمینی سرخ شده توزین شده و به مدت ۲۴ ساعت در آون ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار داده شد. پس از گذشت این زمان و خنک شدن در دسیکاتور دوباره توزین شدند. این عمل تا رسیدن به وزن ثابت تکرار شد. رطوبت نمونه‌های سیب‌زمینی از رابطه ۱ محاسبه شد (۳۶).

Archive of SID

www.SID.ir

رابطه (۱) $\text{رطوبت} = \frac{\text{وزن نمونه خشک}-\text{وزن نمونه مرطوب}}{\text{وزن نمونه مرطوب}} \times ۱۰۰$

۲-۴-۲- جذب روغن

اندازه‌گیری میزان روغن خلال‌های سیب‌زمینیبا دستگاه سوکسله مداوم به مدت ۴ ساعت با حلال هگزان نرمال (با خلوص ۸۵ درصد) در دمای ۱±۸۰ صورت گرفت. بدین منظور، نمونه‌ها ابتدا آسیاب و سپس ۳ گرم از آن‌ها در کارتوش قرار داده شدند. روغن حاوی حلال در آون ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار گرفت تا حلال تبخیر شود. میزان روغن نیز بر مبنای وزن مرطوب (رابطه ۲) محاسبه گردید (۳۶).

رابطه (۲) $\text{جذب روغن} = \frac{\text{وزن روغن}}{\text{وزن نمونه}} \times ۱۰۰$

۳-۴-۲- رنگ

ابتدا تصاویر نمونه های سیب زمینی توسط اسکنر(cannon, cano scan 9900f) اسکن شدند. سپس از نرم افزار Image J برای اندازه گیری فاکتورهای رنگ استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا عکس ها وارد محیط فتوشاپ شدند و قسمت های مورد نظر انتخاب شد و سپس عکس ها وارد محیط Image J 2009 شدند و پس از حذف نویز اطراف تصاویر شاخص های L (صفر تا صد مبین سیاهی تا سفیدی)، a- (سبزی) تا a+ (قرمزی) و b- (آبی) تا b+ (زردی) برای هر تصویر به دست آمد.

تغییرات کلی رنگΔE[1] با استفاده از رابطه زیر تعیین شد.

رابطه (۳)

$$\Delta E = \sqrt{((a-a^*)^2 + (b-b^*)^2 + (L-L^*)^2)}$$

* مولفه‌های رنگ نمونه خلال‌های سیب‌زمینی خام (سرخ نشده) را نشان می‌دهد.

$L^* = ۹۰/۸۲$ و $b^* = ۴۲/۶۰$، $a^* = -۶/۶۵$

برای رنگ سنجی سه قرائت ازسه نقطه مختلف خلالهای سرخ شده(نقطه وسط ودولبه انتهای هر خلال)دردمای محیط صورت گرفت ومیانگین قرائت ها ثبت شد (۱۴).

۴-۴-۲- ارزیابی بافت

ارزیابی بافت خلال سیب زمینی سرخ شده در فاصله زمانی دو ساعت پس از پخت با استفاده از دستگاه بافت سنج QTS مدلCNSFarnell, UK ساخت کشور انگلستان وبر اساس روش روندا وهمکاران انجام گرفت(۳۴). حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب با انتهای تیغه‌ای (به ضخامت ۰/۷ میلی‌متر، به طول ۶/۵ سانتی‌متر و عرض ۴ سانتی‌متر) باسرعت۶۰ میلیمتردر دقیقه از مرکز خلال سیب زمینی، به عنوان شاخص سفتی محاسبه گردید.

۵-۲-آکریل‌آمید

یک گرم از نمونه چربی زدایی شده را توسط مخلوط‌کنبا دور بالا با ۱۰ میلی لیتر آب مخلوط کرده، سپس مخلوط حاصل سانتریفوژ شد. محلول زلال بالایی با استفاده از کاغذ صافی با قطر ۰/۴۵ میکرون صاف شد. به ۳ میلی‌لیتر از آن ۳۰۰ میکرولیتر واکنشگر برمه کننده (آب برم اشباع) اضافه شد. پس از یک ساعت به آن ۱ قطره سدیم تیوسولفات افزوده شد و با ۲ میلی‌لیتر اتیل استات استخراج انجام شد. ۲ میکرولیتر از لایه آلی (اتیل استات) به دستگاه کروماتوگرافی گازی-اسپکتروسکوپی جرمی (varian ion trap Saturn2200) با ستون DB5 (30m*250µm*0.25 µm)و سایر مشخصات Injector: 180 C، Xfer line: 180 C، Trap: 120 C، Ionization mode: CIتزریق شد و میزان آکریل‌آمید به دست آمد (۳۳).

۶-۲- تجزیه تحلیل آماری

کلیه آزمایشها در قالب آزمایش فاکتوریل با پایه طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شدند. میانگینها با نرم-افزارMstatc و بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ($p<۰/۰۵$) مقایسه شدند. نمودارها با نرم افزار MicrosoftExcel ترسیم گردیدند.

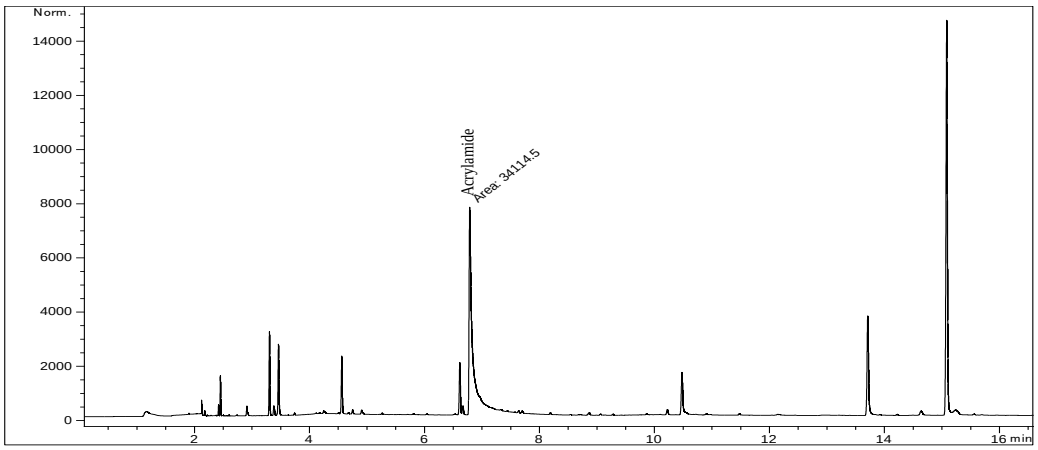
۳- نتایج و بحث

اثر مستقل مدت زمان صوت‌دهی (در فرآیند آنزیم بری به همراه فراصوت دهی) بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خلال سیب-زمینی سرخ شده در ۱۷۵ درجه‌سانتیگراد به مدت ۴ دقیقه در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر مستقل زمان صوت‌دهی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خلال سیب‌زمینی باستثنای میزان جذب روغن و میزان آکریل آمید معنی‌دار نبود. طبق نتایج جدول ۱ میزان جذب روغن در زمان ۰/۵ دقیقه صوت‌دهی ۱۹/۳۹ گرم بر گرم وزن مرطوب بود که با

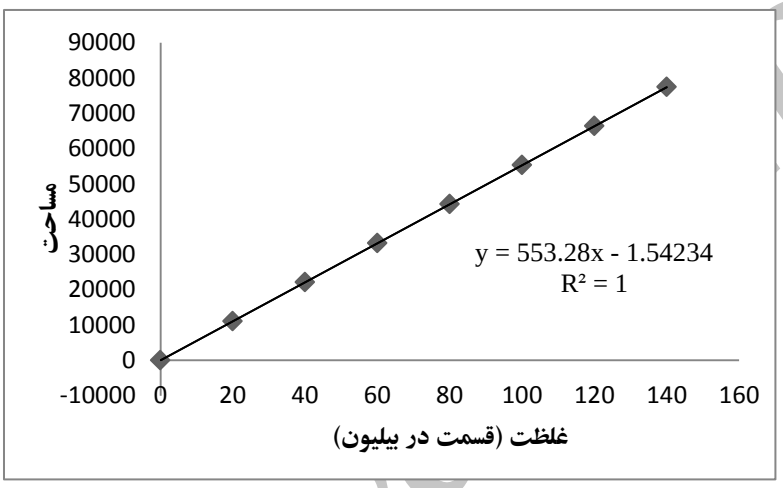
[1]Total colour difference

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- کروماتوگرام آکریل‌آمید حاصل از نمونه‌های سیب‌زمینی سرخ شده



شکل ۲- منحنی کالیبراسیون آکریل‌آمید

افزایش زمان به ۱ دقیقه فراصوت دهی میزان آن به ۱۸/۳۲ گرم بر گرم وزن مرطوب کاهش یافت($p<۰/۰۵$). کاهش محتوای روغن را می توان به اثر امواج فراصوت در ایجاد انقباض و انبساط های متوالی و تشکیل کانال های میکروسکوپی در بافت سیب زمینی نسبت داد که این پدیده هر چند خروج رطوبت از محصول را تسریع می کند؛ اما در اثر افزایش فشار بخار در داخل سیب زمینی، هنگام سرخ شدن، از ورود روغن به داخل سیب زمینی ممانعت به عمل آمده و در نتیجه باعث کاهش میزان روغن ساختاری می گردد. این یافته با نتایج فرناندز و همکاران، ؛ گامبل و همکاران، بوچان و همکاران، و پدرسچی و همکاران، مطابقت داشت(۹،۱۶،۱۵ و۲۹). با افزایش زمان صوت دهی به ۱/۵ دقیقه صوت دهی میزان جذب مجددا به میزان ۱۹/۲۹ گرم بر گرم وزن مرطوب افزایش پیدا کرد($p<۰/۰۵$). علت این افزایش احتمالاً به دلیل طولانی بودن مدت زمان اعمال امواج فراصوت است. طولانی شدن زمان صوت دهی موجب تخریب بافت سیب زمینی شده و باعث افزایش میزان دفع رطوبت و در نتیجه افزایش میزان جذب روغن می شود (۱).

روند مشابهی برای میزان آکریل آمید نیز مشاهده شد به طوریکه با افزایش زمان صوت دهی از ۰/۵ به ۱ دقیقه میزان آکریل آمید از ۱۷۱/۲۰ به ۹۵/۴۱ میکروگرم بر کیلوگرم کاهش یافت($p<۰/۰۵$)، در حالیکه با افزایش زمان از ۱ به ۱/۵ دقیقه مقدار آکریل آمید به ۱۰۳/۱۱ میکروگرم بر کیلوگرم افزایش داشت($p<۰/۰۵$). مناسبترین زمان صوت دهی از لحاظ کاهش میزان آکریل آمید، زمان ۱ دقیقه بود. کاهش میزان آکریل آمید را می توان علاوه بر تاثیری که آنزیم بری بر کاهش آسپارژین دارد؛ به زمان صوت دهی نیز نسبت داد.

هرچند مکانیسم عمل تاثیر زمان صوت دهی بر کاهش میزان آکریل آمید هنوز مشخص نیست، اما در مورد تاثیر زمان فرآیند آنزیم بری بر کاهش میزان آکریل آمید، نظراتی وجود دارد. طی فرآیند آنزیم بری تکه های سیب زمینی در آب گرم یا داغ قبل از

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- اثرمستقل زمان فراصوت دهی برخصوصیات فیزیکیوشیمیایی ومیزان اکریل‌آمیدخلال سیب زمینی سرخ شده دردمای ۱۷۵ درجه سانتیگراد

زمان فراصوت دهی(دقیقه)	میزان رطوبت (گرم بر گرم وزن مرطوب)	جذب روغن (گرم بر گرم وزن مرطوب)	آکریل آمید (میکروگرم بر کیلوگرم)	سفتی (نیوتن)	مولفه رنگی (L)	مولفه رنگی (a)	مولفه رنگی (b)	تغییرات کلی رنگ (ΔE)
۰/۵	۴۲/۹۷^{a}	۱۹/۳۹^{a}	۱۷۱/۲۰^{a}	۴/۷۷^{a}	۷۲/۳۸^{a}	-۵/۲۴^{a}	۱۹/۵۹^{a}	۲۹/۴۷^{a}
۱	۴۷/۲۲^{a}	۱۸/۳۲^{b}	۹۵/۴۱^{c}	۴/۰۲^{a}	۷۴/۵۱^{a}	-۵/۶۲^{a}	۱۹/۷۴^{a}	۲۸/۱۱^{a}
۱/۵	۴۲/۴۸^{a}	۱۹/۲۹^{a}	۱۰۳/۱۱^{b}	۳/۸۵^{a}	۷۰/۲۹^{a}	-۵/۴۴^{a}	۲۰/۲۵^{a}	۳۰/۴۵^{a}

*میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن درسطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری دارند(آزمون دانکن، P<۰/۰۵).

فرآیند سرخ کردن، میزان مواد قندی و آسپارژین تا حد زیادی کاهش می یابد (۲۷ و۴۱).افزایش زمان آنزیم‌بری منجر به کاهش تشکیل آکریل آمید پس از سرخ شدن و محتوای کمتر گلوکز و آسپارژین در برش های سیب زمینی قبل از سرخ شدن می شود (۲۷). هم چنین، ویکلوند و همکارانگزارش کردند که آنزیم‌بری در ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه به ترتیب منجر به کاهش ۶۵ درصد و ۹۶ درصد میزان آکریل‌آمید فرنچ‌فرایز و سیب‌زمینی سرخ شده گردید (۴۱). این محققین همچنین بیان کردند که با تغییر شرایط آنزیم‌بری (دما، زمان) می‌توان استخراج قند احیاء کننده را بهبود بخشید. آنزیم‌بری برش‌های سیب‌زمینی با آب داغ (۱ تا ۸ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد) باعث کاهش لگاریتمی میزان قندهای احیاءکننده، قند کل و میزان گلوکز شد که این کاهش برای قندهای احیاءکننده ۵۲ تا ۶۲ درصد مقدار اولیه بود.

اثر مستقل شدت فراصوت دهی (در فرآیند آنزیم بری به همراه فراصوت دهی) بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و میزان اکریل آمید خلال سیب‌زمینی سرخ شده در ۱۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴ دقیقه در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر مستقل شدت صوت‌دهی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خلال سیب‌زمینی باستثنای میزان جذب روغن و هم چنین میزان آکریل آمید، معنی‌دار نبود. میزان جذب روغن خلال سیب‌زمینی تهیه شده در شدت ۱۰۰ وات بر میلی متر مربع بیشترین مقدار بود(p<۰/۰۵).میزان جذب روغن در شدت‌های ۳۰ و ۶۰ وات بر میلی‌متر مربع با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند؛ هرچند در شدت ۶۰ وات بر میلی‌متر مربع، نمونه‌ها کمترین میزان جذب روغن را داشتند. معمولا با افزایش شدت امواج فراصوت،تعداد بسیار زیادی حباب به صورت ابری متراکم در زیر پروب تشکیل می‌شوند. تراکم بیش ازحد این حبابها باعث می شودکه بخش اعظم امواج فراصوت توسط حبابهای سطحی به اطراف پراکنده شوند و انرژی اندکی به حبابهای واقع در بخشهای داخلی برسد. دراین شرایط، این حبابها با یکدیگر امتزاج پیدا کرده و به حبابهای بزرگی تبدیل می شوندکه در اثر نیروی

جدول۲- اثر مستقل شدت فراصوت دهی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و میزان آکریل‌آمید خلال سیب زمینی سرخ شده در دمای ۱۷۵ درجه سانتیگراد

شدت فراصوت دهی (وات بر میلی متر مربع)	میزان رطوبت (گرم بر گرم وزن مرطوب)	جذب روغن (گرم بر گرم وزن مرطوب)	آکریل آمید (میکرو گرم بر کیلو گرم)	سفتی (نیوتن)	مولفه رنگی(L)	مولفه رنگی (a)	مولفه رنگی (b)	تغییرات کلی رنگ (ΔE)
۳۰	۴۴/۶۴^{a}	۱۸/۰۵^{b}	۱۳۰/۹۱^{b}	۴/۴۹^{a}	۷۴/۲۰^{a}	-۵/۷۲^{a}	۱۹/۷۱^{a}	۲۸/۳۱^{a}
۶۰	۴۵/۸۵^{a}	۱۷/۱۶^{b}	۱۰۵/۴۳^{c}	۴/۰۴^{a}	۷۱/۸۵^{a}	-۵/۳۷^{a}	۱۹/۷۸^{a}	۲۹/۶۷^{a}
۱۰۰	۴۲/۱۸^{a}	۱۹/۸۰^{a}	۱۳۳/۳۸^{a}	۴/۰۹^{a}	۷۱/۰۷^{a}	-۵/۲۳^{a}	۲۰/۰۹^{a}	۳۰/۰۴^{a}

*میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن درسطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری دارند(آزمون دانکن، P<۰/۰۵).

Archive of SID

www.SID.ir

رانشی به سطح مایع می آیند و از محیط خارج می شوند و یا اینکه در داخل توده باقیمانده، ولی به تدریج تحلیل شده و از بین می روند. درنتیجه از تعداد حبابهای فعال، شدت انفجارآنها ونیزسرعت واکنشهای فیزیکوشیمیایی کاسته می شود (۳۵ و۲۳). همچنان که در جدول نیز مشاهده می شود با افزایش شدت از ۳۰ به ۶۰ وات بر میلی‌متر مربع میزان آکریل آمید از ۱۳۰/۹۱ به ۱۰۵/۴۳ میکروگرم بر کیلوگرم کاهش یافت($p<۰/۰۵$)؛ در حالیکه با افزایش شدت از ۶۰ به ۱۰۰ وات بر میلی‌متر مربع میزان آکریل آمید به ۱۳۳/۳۸ میکروگرم بر کیلوگرم افزایش نشان داد($p<۰/۰۵$). علت افزایش میزان آکریل آمید در شدت ۱۰۰ وات بر میلی متر مربع همان طور که قبلاً نیز اشاره شد می‌توان به کاهش تعداد حباب‌های فعال و کاهش شدت انفجار آنها نسبت داد (۳۵).

اثر مستقل غلظت آنزیم آسپارژیناز بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خلال سیب‌زمینی سرخ شده در ۱۷۵ درجه‌سانتیگراد به مدت ۴ دقیقه در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر مستقل غلظت آنزیم آسپارژیناز بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و میزان اکریل‌آمید خلال سیب-زمینی معنی‌دار بود($p<0.05$)مطابق جدول ۳ غلظت آنزیم بر میزان رطوبت و جذب روغن خلال های سیب‌زمینی سرخ شده تاثیرگذار بود ($p<۰/۰۵$). کمترین میزان رطوبت و بیشترین میزان جذب روغن مربوط به خلال سیب زمینی تیمار شده با آنزیم با غلظت ۱۰ واحد بر لیتر بود و تیمار فاقد آنزیم دارای بیشترین میزان درصد رطوبت و کمترین میزان جذب روغن بود.

با توجه به نتایج میزان دفع رطوبت، ملاحظه می‌شود نمونه‌هایی که میزان رطوبت بیشتری را طی فرآیند سرخ کردن از دست داده‌اند (حاوی رطوبت نهایی کمتر) به میزان بیشتری روغن جذب نموده‌اند. این نتایج، رابطه میان میزان حذف رطوبت و جذب روغن را تایید می‌کند (۳۷).

جدول۳- اثر مستقل غلظت آنزیم آسپارژیناز بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و میزان آکریل‌آمید خلال سیب‌زمینی سرخ شده در دمای ۱۷۵ درجه سانتیگراد

غلظت آنزیم (واحد بر لیتر)	رطوبت (گرم بر گرم وزن مرطوب)	جذب روغن (گرم بر گرم وزن مرطوب)	آکریل آمید (میکروگرم بر کیلوگرم)	سفتی (نیوتن)	مولفه رنگی(L)	مولفه رنگی (a)	مولفه رنگی (b)	تغییرات کلی رنگ (ΔE)
۰	۵۱/۳۵^{a}	۱۵/۲۰^{c}	۲۰۵/۹۲^{a}	۸/۴۷^{a}	۷۰/۴۷^{a}	-۳/۶۵^{a}	۲۲/۳۹^{a}	۲۸/۶۰^{a}
۵	۴۷/۰۵^{a}	۱۸/۱۱^{b}	۷۰/۷۲^{c}	۱/۲^{b}	۷۴/۳۹^{a}	-۶/۲۵^{b}	۱۷/۹۳^{b}	۲۹/۵۲^{a}
۱۰	۳۴/۲۸^{b}	۲۳/۷۰^{a}	۹۳/۰۸^{b}	۲/۹۶^{b}	۷۲/۲۵^{a}	-۶/۴۵^{b}	۱۹/۲۶^{b}	۲۹/۹۰^{a}

*میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن درسطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری دارند(آزمون دانکن، P<۰/۰۵).

در واقع حجم کل روغن جذب شده تقریباًبرابر مقدار آب جدا شده از ماده غذایی در حین سرخ کردن می باشد (۱۶). در تایید صحت این نتیجه می توان گفت طی فرآیند سرخ کردن عمیق، آب داخل ماده غذایی تبخیر می شود؛ به دلیل تبخیر آب، روزنه های بزرگ ایجاد شده و زبر شدن سطح اتفاق می افتد. با توجه به پایین بودن فشار بخار، روغن به مادهٔ غذایی وارد می شود. در واقع این مکانیسم، ارتباط مستقیم بین کاهش آب و جذب روغن را طی فرآیند سرخ عمیق، بیان می کند (۳۱). تغییر در میزان دفع رطوبت و جذب روغن را می توان به پیش فرآیند آنزیم بری و یا استفاده از آنزیم آسپارژیناز نسبت داد. در مورد مکانیسم عمل و تاثیر آنزیم بر میزان درصد رطوبت و جذب روغن اطلاعاتی در دسترس نبود؛ اما گزارشات متناقضی در خصوص تاثیر فرآیند آنزیم بری منتشر شده است. به گزارش بسیاری از محققین، عملیات آنزیم بری به دلیل افزایش رطوبت سطحی، میزان جذب روغن را افزایش می دهد (۳۰). اما برخی محققین گزارش کرده اند آنزیم بری باعث بهبود رنگ توماسولا و همکاران، و بافت

Archive of SID

www.SID.ir

اندرسون و همکاران، می شود و میزان جذب روغن را به دلیل ژلاتینه شدن نشاسته موجود در سطح ماده غذایی کاهش می دهد (۱۶ و۱۹). هم چنین آلورز و همکاران دریافتند که آنزیم بری در دماهای بالا و مدت زمان کم (دمای ۹۷ درجه سانتیگراد و مدت زمان ۲ دقیقه)، قبل از سرخ کردن سیب زمینی، منجر به افزایش میزان جذب روغن در مقایسه با تکه های تازه می شود (۳). با این وجود بعضی محققان در گزارشات خود به این موضوع اشاره کرده اند که دمای پایین و مدت زمان بالای آنزیم بری (۵۵ تا ۷۰ درجه سانتیگراد و مدت زمان ۱۵ تا ۶۰ دقیقه) قبل از سرخ کردن، آنزیم های حساس را فعال نموده و واکنش های ایجاد شده تخلخل ماده را کاهش داده، بنابراین میزان جذب روغن را کاهش می دهد (۷). با توجه به میزان جذب روغن در نمونه های مورد مطالعه در پژوهش حاضر، آنزیم بری در دما بالا و مدت زمان کم (۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه) احتمالا باعث کاهش میزان رطوبت سطحی و در نتیجه افزایش میزان جذب روغن شده است. اثر مستقل آنزیم باعث ایجاد تغییر معنی دار در میزان آکریل آمید خلال های سیب زمینی سرخ شده است ($p<۰/۰۵$). به طور کلی آنزیم آسپارژیناز باعث کاهش میزان آکریل آمید شد. اثر آنزیم آسپارژیناز در کاهش آکریل آمید، توسط بسیاری از محققین در غذاهای مختلف فرآوری شده مانند اسنک، چیپس، غذاهای خمیری و غیره نشان داده شده است. سیساروا و همکاران نیز گزارش کردند استفاده از پودر خشک آسپارژیناز نوع L می تواند باعث کاهش قابل ملاحظهٔ میزان آکریل آمید (به میزان ۹۰ تا ۹۷درصد) در محصول نهایی شود (۱۱). هم چنین کاهش میزان اکریل آمید را به فرآیند آنزیم بری نیز می توان نسبت داد. آنزیم بری با تغییر ساختار مولکولی سیب زمینی، اجازه واکنش داخلی بین آسپارژین و محلول آنزیمی را مهیا می سازد؛ به طوریکه آنزیم بری باعث حرکت آسپارژین به سمت سطح خارجی ماده و به سمت محلول آنزیمی آسپارژیناز می شود (۲۸). همان طور که از جدول ۳ مشاهده می شود، با افزودن آنزیم آسپارژیناز به مقدار ۵ واحد بر لیتر میزان آکریل آمید از ۲۰۵/۹۲ به ۷۰/۷۲ میکروگرم بر کیلوگرم کاهش یافت. در حالیکه با افزایش غلظت آنزیم از ۵ به ۱۰ واحد بر لیتر مقدار آکریل آمید به ۹۳/۰۸ میکروگرم بر کیلوگرم افزایش پیدا کرد؛ هر چند انتظار می رفت. در غلظتهای بالاتر آنزیم، میزان کاهش آکریل آمید بیشتر باشد. سیساروا و همکاران به نتایجی مشابه دست یافتند (۱۱). آنها علت این پدیده را به مدت زمان نگهداری سیب زمینی قبل از فرآیند سرخ کردن نسبت دادند و گزارش کردند آنزیم آسپارژیناز تاثیر قابل ملاحظه ای بر کاهش میزان آکریل آمید در انواع سیب زمینی های تازه ذخیره شده دارد. نگهداری سیب زمینی قبل از استفاده در دمای زیر ۸ درجه سانتیگراد، محتوای مواد قندی به شدت افزایش می یابد که در نتیجه پتانسیل ایجاد آکریل آمید به طور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد .

همان طور که جدول ۳ نیز نشان می دهد تغییر در غلظت آنزیم بر میزان سفتی خلال های سیب زمینی سرخ شده تاثیرگذار بود ($p<۰/۰۵$). بین غلظت ۵ و۱۰ واحد بر لیتر آنزیم اختلاف معنی داری در میزان سفتی خلال های سیب زمینی مشاهده نشد. بیشترین میزان سفتی مربوط به نمونه های سیب زمینی سرخ شده فاقد آنزیم بود. در موردمکانیسم عمل و تاثیر آنزیم بر سفتی بافت خلال سیب زمینی اطلاعاتی در دسترس نبود؛ اما به طور کلی سفتی بافت در فرآورده های سیب زمینی ارتباط مستقیمی با ماده خشک دارد؛ بطوری که در خلال ها با بیش از ۲۵ درصد ماده خشک، بافت سفت است و اگر میزان ماده خشک کم باشد، بافت چرب و چسبناک می شود (۱۸،۲۱ و۳۲)

مطابق جدول۳، اختلاف در غلظت آنزیم آسپارژیناز باعث تغییر درمولفه رنگیL (روشنایی) و) ΔE (تغییرات کل رنگ) خلال های سیب زمینی سرخ شده نگردید؛ در حالی که بر مولفه های رنگی a و b تاثیر گذار بود ($p<۰/۰۵$). تنها اختلاف معنی دار مولفه های رنگی a و b مربوط به تیمار فاقد آنزیم بود. همچنان که در جدول مشاهده می شود کمترین میزان قرمزی (مولفه رنگی a) و کمترین میزان زردی (مولفه رنگی b) و بیشترین میزان روشنایی (مولفه رنگی L) نیز مربوط به خلال سیب زمینی سرخ شده در غلظت ۵ واحد بر لیتر آنزیم آسپارژیناز بود. بیشترین میزان قرمزی (a) و زردی (b) و کمترین میزان روشنایی (L) مربوط به خلال سیب زمینی سرخ شده فاقد آنزیم بود. بهبود رنگ در تیمارهای دارای آنزیم آسپارژیناز را میتوان به فرآیند آنزیم بری و آنزیم آسپارژیناز نسبت داد. این پدیده احتمالا به دلیل کنترل واکنش های تشکیل پوسته و واکنش میلارد می باشد. گزارشات مؤید این مطلب است که آنزیم بری به عنوان یک پیش فرآیند قادر است رنگ و مزه چیپس ها را بهبود بخشد (۱۰). کاهش مواد قندی و آسپارژین با آنزیم بری و همچنین هیدرولیز آسپارژین به اسید آسپارتیک و آمونیاک توسط آنزیم

Archive of SID

www.SID.ir

آسپارژیناز سبب کاهش واکنش میلارد می شود (۴ و۴۳). کنترل واکنش های میلارد تا حدود زیادی رنگ فرآورده های سیب زمینی را بهبود می بخشد(۳۸).

اثر متقابل آنزیم آسپارژیناز، زمان و شدت صوت دهی (در فرآیند آنزیم بری) بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و میزان اکریل آمید خلال سیب زمینی سرخ شده در ۱۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴ دقیقه در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل آنزیم آسپارژیناز، زمان و شدت صوت دهی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خلال سیب زمینی معنی دار بود ($p<۰/۰۵$).

نتایج نشان داد نمونه های آنزیم بری شده به کمک فرایند صوت دهی با شدت ۶۰ وات بر میلی متر مربع و مدت زمان ۱/۵ دقیقه و غوطه ور شده در آنزیم آسپارژیناز با غلظت ۱۰ واحد بر لیترکمترین میزان رطوبت و نمونه های آنزیم بری شده به کمک فرایند صوت دهی با شدت های ۳۰ و ۶۰ وات بر میلی متر مربع و مدت زمان ۱ دقیقه و بدون غوطه وری در محلول آنزیمی، بیشترین میزان رطوبت را داشتند .

مطابق جدول ۴، اثر متقابل غلظت آنزیم، زمان و شدت صوت دهی بر میزان جذب روغن معنی دار بود ($p<۰/۰۵$). نتایج نشان می دهد کمترین میزان جذب روغن مربوط به نمونه های آنزیم بری شده به کمک فراصوت با شدت ۶۰ وات بر میلی متر مربع و زمان ۰/۵ دقیقه و همچنین تیمار بدون غوطه وری در محلول آنزیمی و بیشترین آن مربوط به نمونه های آنزیم بری شده به کمک فراصوت با شدت ۶۰ وات بر میلی متر مربع و زمان ۱/۵ دقیقه بود .

مطابق جدول ۴ اثر متقابل غلظت آنزیم، زمان و شدت فراصوت بر میزان آکریل آمید تاثیر گذار بود ($p<۰/۰۵$).کمترین مقدار آکریل آمید مربوط به غلظت ۵ واحد بر لیتر و صوت دهی شده با زمان ۰/۵ دقیقه و شدت ۶۰ وات بر میلی متر مربع و همچنین غلظت ۱۰ واحد بر لیتر آنزیم و صوت دهی شده با زمان ۱ دقیقه و شدت ۶۰ وات بر میلی متر مربع بود. بیشترین میزان آن مربوط به تیمار فاقد آنزیم، صوت دهی شده با زمان ۰/۵ دقیقه و شدت ۳۰ وات بر میلی متر مربع بود؛ که این تیمار را می توان نزدیکترین نمونه از لحاظ میزان آکریل آمید به تیمار شاهد در نظر گرفت. با توجه به یافته های ال طاهر و همکاران، قرار دادن تکه های خام سیب زمینی در معرض امواج فراصوت در حضور فعالیت آنزیمی آسپارژیناز موثرتر از فعالیت آنزیمی به تنهایی است و میزان آکریل آمید را بیشتر کاهش می دهد اما در حال حاضر مکانیسم عمل آن مشخص نیست(۲).

مطابق جدول ۴ نتایج حاکی از آن است که غلظت آنزیم، زمان و شدت صوت دهی به طور متقابل بر سفتی خلالهای سیب زمینی سرخ شده تاثیرگذار بود ($p<۰/۰۵$). بیشترین میزان سفتی مربوط به تیمار فاقد آنزیم و صوت دهی شده با مدت زمان ۰/۵ دقیقه و شدت ۳۰ وات بر میلی متر مربع بود. کمترین آن مربوط به غلظت ۵ واحد بر لیتر آنزیم و صوت دهی شده با زمان ۰/۵ دقیقه و شدت ۶۰ وات بر میلی متر مربع بود. تیمار با غلظت ۱۰ واحد بر لیتر و صوت دهی شده با مدت زمان ۱ دقیقه و شدت ۳۰ وات بر میلی متر مربع نزدیکترین نمونه به شاهد بود. مکانیسم عمل و تاثیر آنزیم بر سفتی بافت خلال سیب زمینی نیز هنوز مشخص نیست.

کمترین میزان زردی (b) مربوط به غلظت ۵ واحد بر لیتر آنزیم و صوت دهی شده با مدت زمان ۱ دقیقه و شدت ۳۰ وات بر میلی متر مربع بود. نزدیکترین میزان قرمزی به نمونه شاهد تیمار فاقد آنزیم و صوت دهی شده با مدت زمان ۱ دقیقه و شدت ۶۰ وات بر میلی متر مربع بود. همچنان که در جدول مشاهده می شود کمترین تغییرات کلی رنگ (ΔE) مربوط به غلظت ۵ واحد بر لیتر آنزیم و صوت دهی شده با زمان ۰/۵ دقیقه و شدت ۳۰ وات بر میلی متر مربع بود. نزدیکترین تغییرات کلی رنگ به تیمار شاهد غلظت ۱۰ واحد بر لیتر آنزیم و صوت دهی شده با مدت زمان ۱/۵ دقیقه و شدت ۶۰ وات بر میلی متر مربع بود. به دلیل همگن سازی بهتر نمونه های تیمار شده با امواج فراصوت و شکسته شدن ذرات سیب زمینی موجب شد که با کوچک تر شدن ذرات پراکنش نور افزایش می یابد و این تغییر منجر به افزایش مولفه رنگی (L) می گردد. در نتیجه مشابه این موضوع می توان به تحقیقات پورلیس و سالوادور، در بررسی رنگ نان با اعمال فراصوت اشاره کرد. آنها بیان نمودند که تغییرات سطح نان مسئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به سطوح چین دار توانایی بیشتری در انعکاس نور و افزایش میزان مولفه رنگی (L) دارند (۳۲).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- اثر متقابل آنزیم آسپارژیناز، زمان و شدت فراصوت دهی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خلال سیب زمینی سرخ شده در دمای ۱۷۵ درجه سانتیگراد

غلظت آنزیم (واحد بر لیتر)	زمان فراصوت دهی (دقیقه)	شدت فراصوت دهی (وات بر میلیمتر مربع)	میزان رطوبت (گرم بر گرم وزن مرطوب)	جذب روغن (گرم بر گرم وزن مرطوب)	آکریل آمید	سفتی (نیوتن)	مولفه رنگی (L)	مولفه رنگی (a)	مولفه رنگی (b)	تغییرات کل رنگ (ΔE)
۰	۰/۵	۳۰	abcde۴۴/۸۳	fgh۲۰/۷۸	a۳۶۸/۱۸	a۱۳/۹	abcd۷۵/۲۵	l-۵/۸۴	ab۲۳/۸۳	ijk۲۴/۳۱
۰	۰/۵	۶۰	ab۵۳/۱۶	m۱۱/۵۸	b۳۴۹/۲۴	bc۸/۸۵	abcd۷۳/۸۹	ijn-۴/۸۶	abcd۲۲/۴۴	jk۲۳/۸۷
۰	۰/۵	۱۰۰	abcd۵۱/۲۷	hi۱۹/۲۲	c۳۳۸/۷۰	bc۷/۱۰	hi۶۴/۵۰	kl-۵/۳۵	abcde۲۱/۷۵	jk۲۴/۰۸
۰	۱	۳۰	a۵۶/۵۲	m۱۱/۲۲	f۱۲۲/۲۰	b۹/۵۷	abcd۷۳/۶۵	fghij-۴/۲۳	a۲۴/۱۰	defghij۲۸/۰۴
۰	۱	۶۰	a۵۶/۲۱	m۱۱/۵۶	h۱۱۰/۹۹	bcd۶/۸۸	defgh۶۹/۱۱	def-۳/۳۴	cdefg۲۰/۸۹	cijk۲۴/۲۷
۰	۱	۱۰۰	abcd۵۰/۸۷	hi۱۹/۹۷	e۱۳۴/۳۴	bc۸/۵۳	defgh۷۳/۳۷	defgh-۳/۷۸	abcde۲۲/۳۵	ghijk۲۶/۱۴
۰	۱/۵	۳۰	abcdef۴۴/۸۳	gh۲۰/۲۲	g۱۱۵/۴۵	cde۶/۳۷	defghi۶۹/۰۵	bc-۱/۷۶	abc۲۳/۱۱	abcde۳۲/۷۳
۰	۱/۵	۶۰	ab۵۳/۱۶	l۱۳/۱۱	j۹۸/۷۰	bc۷/۰۵	efghi۶۸/۶۶	ab-۰/۰۴	abcde۲۱/۹۵	abc ۳۴/۵۹
۰	۱/۵	۱۰۰	abcd۵۱/۲۷	hi۱۹/۴۵	d۲۱۵/۴۵	bc۷/۹۷	abc۶۶/۷۹	hijk-۰/۹	cdegf۲۱/۰۹	abcd۳۳/۶۴
۵	۰/۵	۳۰	abcde۴۸/۲۶	gh۲۰/۱۱	s۵۴/۰۲	hi۰/۸۳	bcdefg۷۶/۱۶	defg-۴/۶۹	kl۱۵/۰۸	k۲۱/۸۵
۵	۰/۵	۶۰	abcd۵۰/۲۶	gh۲۰/۰۰	t۴۱/۹۱	hi۰/۶۷	abcdef۷۲/۲۲	fghij-۳/۶۶	ghi۱۸/۷۵	defghij۲۸/۴۲
۵	۰/۵	۱۰۰	gh۳/۶۲	b۲۶/۴۵	p۷۱/۲۸	fghi۱/۹۱	ab۷۲/۷۳	defah-۴/۱۸	ghi۱۸/۷۳	hijk۲۵/۰۰
۵	۱	۳۰	abc۵۲/۱۳	k۱۵/۶۷	h۱۱۰/۷۴	hi۰/۹۴	cdefgh۷۷/۸۳	de-۳/۸۵	l۱۴/۷۴	ghik۲۵/۹۷
۵	۱	۶۰	abcdef۴۴/۵۷	efg۲۱/۴۵	r۶۱/۴۰	hi۰/۹۷	ab۷۰/۶۴	def-۳/۲۲	jkl۱۵/۶۲	ab۳۵/۴۳
۵	۱	۱۰۰	abc۵۱/۷۲	k۱۶/۵۶	n۷۶/۱۱	ghi۱/۰۱	bcdg۷۷/۸۰	de-۳/۵۲	abcd۲۲/۵۹	bcdefgh۳۰/۵
۵	۱/۵	۳۰	abcd۵۱/۴۲	ij۱۸/۲۲	l۸۴/۴۶	ghi۱/۱۹	ab۷۱/۵۶	ghijk-۳/۲۳	hi۱۸/۲۲	hijk۲۴/۹۸
۵	۱/۵	۶۰	abc۵۱/۶۰	jk۱۷/۰۰	q۶۳/۳۲	fghi۲/۱۶	abcdf۷۷/۷۹	defgh-۴/۴۸	bij۱۷/۸۰	defghij۲۸/۲
۵	۱/۵	۱۰۰	bcdef۴۲/۹۰	def۲۱/۸۹	d۷۳/۲۵	ghi۱/۱۲	abcd۷۲/۷۸	def-۳/۸۵	efgh۱۹/۸۷	fghijk۲۶/۵۳
۱۰	۰/۵	۳۰	efgh۳۶/۳۹	d۲۳/۱۱	e۱۳۵/۰۹	fghi۲/۹۱	abc۷۴/۵۳	defg-۳/۳۴	ghi۱۸/۶۶	efghijk۲۷/۳
۱۰	۰/۵	۶۰	efgh۳۷/۴۵	d۲۳/۱۱	i۱۰۱/۰۴	fghi۲/۷۸	fghi۷۵/۸۸	def-۳/۷۴	defgh۲۰/۲۳	bcdefg۳۱/۳
۱۰	۰/۵	۱۰۰	fgh۳۴/۵۳	c۲۴/۷۸	m۸۱/۳۵	efg۳/۹۶	bcdef۶۶/۲۷	def-۳/۵۴	ijkl۱۶/۸۶	cdefghij۲۸/۹
۱۰	۱	۳۰	fgh۳۴/۴۳	bc۲۵/۷۸	l۸۵/۵۷	fghi۱/۸۶	abc۷۲/۵۶	hijk-۴/۶۵	ghi۱۸/۶۴	cdefghij۲۹/۱
۱۰	۱	۶۰	cdefg۳۹/۶۰	de۲۲/۵۶	t۴۱/۰۲	fghi۲/۷۰	a۷۶/۱۲	jk-۴/۸۷	bcdef۲۱/۴۰	bcdefg۳۰/۸
۱۰	۱	۱۰۰	defg۳۸/۹۵	de۲۲/۶۷	g۱۱۶/۳۰	fgh۳/۶۸	abc۷۹/۴۹	ijk-۴/۷۷	ijk۱۷/۳۳	bcdefghi۲۹/۹
۱۰	۱/۵	۳۰	fgh۳۲/۹۸	bc۲۶/۱۱	i۱۰۲/۴۷	fghi۲/۸۰	abc۷۷/۲۲	efghi-۳/۹۵	cdefg۲۱/۰۴	fghijk۲۶/۹۲
۱۰	۱/۵	۶۰	h۲۶/۶۱	a۳۰/۲۲	m۸۱/۲۶	def۴/۳۴	i۶۲/۳۲	a-۱/۹۵	fghi۱۸/۹۵	a۳۷/۲۶
۱۰	۱/۵	۱۰۰	gh۲۷/۵۳	b۲۶/۷۰	k۹۳/۶۲	fghi۱/۵۸	ghi۶۵/۸۷	d-۲/۹۵	defgh۲۰/۱۹	abcdef۳۲/۰۶
مقادیر شاهد			۵۶/۷۳	۱۳/۳۳	۴۱۸/۰۱	۱/۷	۵۹/۶۵	۱/۱۱	۲۰/۵۱	۳۸/۵۵

*میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن درسطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری دارند(آزمون دانکن، P<۰/۰۵).

Archive of SID

www.SID.ir

۴- نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف‌بررسی‌تاثیر پیش فرآیندهای قبل از سرخ کردن بر میزان کاهش آکریل آمید، میزان دفع رطوبت، میزان جذب روغن، سفتی، رنگ (مولفه‌های رنگی a، b، L وتغییرات کل رنگ ΔE) خلال‌های سیب‌زمینی طی فرآیند سرخ کردن عمیق در روغن (مخلوط روغنهای کانولا، پالم اولئین و زیتون بکر به نسبت ۷۵:۱۵:۱۰) در دمای ۱۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴ دقیقه انجام پذیرفت. نتایج حاکی از آن بود که اثر غلظت‌های مختلف آنزیم آسپارژیناز، زمان و شدت فراصوت دهی ، بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و میزان اکریل آمید خلال سیب زمینی سرخ شده معنی‌دار است ($p<۰/۰۵$).

در خصوص پیش فرآیند فراصوت دهی ، با افزایش زمان و شدت فراصوت دهی به ترتیب از ۰/۵ به ۱ دقیقه و از ۳۰ به ۶۰ وات بر میلی‌متر مربع میزان جذب روغن و میزانفراصوت دهی آکریل-آمید به طور معنی‌داری کاهش یافت؛ در حالی‌که افزایش زمان و شدت به ترتیب از ۱ به ۱/۵ دقیقه و از ۶۰ به ۱۰۰ وات بر میلی‌متر مربع، افزایش میزان جذب روغن و میزان آکریل‌آمید را به دنبال داشت.

استفاده از آنزیم آسپارژیناز هر چند باعث کاهش چشم گیری در میزان آکریل آمید نمونه‌ها شد، اما میزان جذب روغن را افزایش داد. به طور کلی با افزایش میزان دفع رطوبت، میزان جذب روغن در نمونه ها افزایش پیدا کرد. همچنین نتایج نشان داد مقدار آکریل آمید با افزایش غلظت آنزیم آسپارژیناز از ۵ به ۱۰ واحد بر لیتر افزایش می یابد. همچنین خصوصیات سفتی و تغییرات کلی رنگ مربوط به تیمارهای استفاده شده از آنزیم با غلظت ۵ و ۱۰ واحد بر لیتر نسبت به نمونه فاقد آنزیم از مطلوبیت بیشتری برخوردار بودند.

۵- منابع

۱- رزاق‌پور ا،دهقان نیا ج،قنبرزاده ب. ۱۳۹۲. تاثیر پیش تیمار با فراصوت و آنزیم بری روی جذب روغن سیب زمینی طی سرخ کردن عمیق. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی جلد۲،۴:۳۲۳-۳۳۸.

2- Al-TaherF, Jackson L , Cappozzo J. 2009 . Use of Ultrasound to Reduce AcrylamidFormation in French Fries. Available form:http://www. Ultrasound Technology Schools.org.

3- MD Alvarez, Morillo MJ, Canet W. 2000. Characteization of the frying process of fresh and blanched potato strips using response surface methodology. European Food Research and Technology, 211:326-335.

4- Amerm T.M, Bachman S, Biederman M, Barbosa M.F, Keisee A, Realini P, Amado R. 2003. Potential of acrylamide formation, Sugers and free aspargine potatoes. A Comparison of cultures and forming systems. J. Agr. Food. Chem, 51: 5556-5560

5- Andersson A, Gekas V, Lind I, Oliveira F, Oste R. 1994. Effect of preheating on potato texture. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 34: 229–251.

6- Anece M, Suman M, Nikoli C. 2009. Technological Strategies to Reduce Acrylamide Levels in Heated Foods. Journal of Engineering 1: 169–179.

7- Aguilera JM, Gloria HJ. 1997. Determination of oil in fried potato products by differential scanning calorimetry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45:781-785.

8- Blumenthal, M.M. 1991. A new look at the chemistry and physics of deep –fat frying. Food Technology, 45: 65- 94.

9- Bouchon P, Aguilera J.M, Pyle D.L. 2003. Structure oil absorption relationships during dep-fat frying.Journal of Food Science, 68: 2711- 2716.

10- Califano A.N,Calvelo A. 1987. Adjustment of surface concentration of reduction sugars befor frying of potato strips. Journal of Food processing and Preservation 12:1-9.

11- Ciesarova Z, Kiss E, Boegl P. 2006. Impact of L-asparaginase on acrylamide content in potato products. Journal of Food and Nutrition Research, 45: 141-146.

12- Dolatowski Z. J, Stadnik J, Stasiak D. 2007. Applications of ultrasound in food technology ACTA ScientiarumPolonorum 6(3): 89-99.

13- Farhoosh R., Esmailzadeh Kenari R., Poorazarang H .2009. Frying stability of canola oil blended with palm olein, olive, and corn oils. Journal of American oil chemistry society, 86: 71-76.

14- Fengxia S.D, Zhanming Z. 2001. Determination of oil color by image analysis. Journal of American oil chemistry society, 78:749-752.

15- Fernandes F. A. N, Gallao M. I, Rodrigues, S. 2009. Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. Journal of Food Engineering, 90(2): 186-190.

16- Gamble M.H, Rice P, Selman J.D. 1987. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from C.V Record

Archive of SID

www.SID.ir

U.K.tubers. International Journal of Food Science and Technology, 22: 233-241.
17- Granda C, Moreira R.G. 2005. Kinetics of acrylamide formation during traditional and vacuum frying of potato chips. Journal of Food Process Engineering, 28: 478-493.
18- Jafarian S. 2000. Effect of pre heating anduse of some of hydrocolloids in reduction oiluptake and quality of potato French fries. Athesis Submitted to Msc degree of foodscience and technology, Isfahan University of technology, 120p.
19- Kadam S.S, Wankier B.N, Adsule R.N. 1991. Processing. In: Potato: Production, Processing, and Products .Salunkhe, D.K., Kadam, S.S., and Jadhav, S.J. CRC Press, Boca Raton, FL.
20- Keramat J, lebali A, prost C, jafari M. 2011. Acrylamid in baking product: A Review Article journal of Food Bioprocess Technol 4: 530–543.
21- Lisinska G, Leszczynski W. 1989.Potato science and technology, Elsevierscience publishers, 166-227.
22- Lopachin R.M. 2004. The changing view of acrylamide neurotoxicity.Neurotoxicol.; Journal of Agricultural and Food chemistry, 25: 617–630.
23- Mohammadpour Karizaki V, Sahin S, Sumnu G,Hamed Mosavian, M.T, Luca A. 2013. Effect of Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration as a Pretreatment on Deep Fat Frying of Potatoes.Food Bioprocess Technol 6:3554–3563.
24- Mottram D.S, Wedzicha B.L, Dodson A.T. 2002. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. Nature Journal of food chemistry, 419: 448-449.
25- Moyano, P., and Pedreschi, F. 2006. Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: Effect of pre-treatments. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 39: 285–291.
26- Orthoefer, F.T., Gurkin, S., and Liu, K. 1996. Dynamics of frying. In: Deep Frying: Chemistry, Nutrition, and Practical Applications. Perkins E.G., and Erickson, M.D. AOCS Press, Champaign Illinois,USA.
27- Pedreschi F, Kaack K, Grady K, Troncoso E. 2007.Acrylamide reduction under different pre-treatment in french fies. Journal of Food Engineering, 79:1287-1294.
28- Pedreschi F, Kaach K, Granby K. 2004.Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying. Journal of food science and technology, 70: 679-685.
29- Pedreschi F, Travisany X, Reyes C, Troncoso E, Pedreschi R. 2009. Kinetics ofextraction of reducing sugar during blanching of potato slices. Journal of Food Engineering,91: 443-447.
30- Pedreschi F, Moyano P. 2005. Oil uptake and texture development in fried potato slices. Journal ofFood Engineering, 70:557-563.
31- Pinthus E.J, Weinberg P, Saguy I.S. 1993. Criterion for oil uptake during deep-fat frying Journal of Food Science, 58: 204-209.
32- Purlis E, Salvadori V. 2009. Modellingthe browning of bread during baking. FoodResearch International, 42: 865-870.
33- Robarge T, Phillips E, Conoley M. 2003. Optimizing the analysis of acrylamide in food by quadrupole GC/MS. Application Note # 9195, Thermo Electron Corporation, Austin, TX; http://www. thermo. com/ com/ cda/ products/ product_ application_ details/ 1,1063, 11640, 00. htm.
34- Ronda F, Oliete B, Gomez M, Caballero P, Pando V. 2011.Rheological study of layer cake batters madewith soybean protein isolate and differentstarch sources. Journal of Food Engineering, 112: 272-277.
35-Sivakumar M, Pandit A.B. 2001.Ultrasound enhanced degradation ofRhodamine B: optimization with powerdensity. Ultrasonics Sonochemistry, 8: 233-240.
36- ran M, Dong cheng X, Southern C. 2006. Reducing oil content of fried potato crips considerably using a sweet pre-treatment technique. Journal of food engineering, 80: 719-726.
37- Troncoso E, Pedreschi F. 2009. Modeling water loss and oil uptake during vaccum frying of pre-treated potato slices. Lebensmmittel – Wissenschaft und Technologio, Journal ofFood Engineering, 42: 1164-1173.
38- Tulburt WF, Ora-Smith MS. (1975). Potato processing .3 rd ed, Westport, Connecticut: AVI Publishing Company, Journal ofFood Engineering ;80: 403-33.
39- yagi V.K, Vasishtha A.K. 1996. Changes in the characteristics and composition of oils during deep-fat frying. Journal of the American Oil Chemists' Society, 73: 499–506.
40- Vesper H, Perez H, Meyers T, Ospina M, Mayers G. 2005. L Pilot study on the impact of potato chips consumption on biomarkers of acrylamide expoture. Journal ofFood Engineering, 5:89-97.
41- Viklund G. A. I, Olsson K. M, Sjoholm I. M, Skog K. I. 2010. Acrylamide in crisps: Effect of blanching studied on long-term stored potato clones. Journal of Food Composition and Analysis, 23: 194-198.
42- Wil V.L. 2005. Process innovation andquality aspects of French fries.PhD thesisWageningen University, The Netherlands with summary in Dutch.

Archive of SID

www.SID.ir

43- Zyzak D, Sanders R.A, Stojanovic M, Tallmadge D.H, Ebehart I, Ewald D.K, Gruber D.c, Morsch T.R, Strothers M.A, Rizzi G.P, Villagran M.D. 2003. Acrylamide formation mechanism in heated foods. J. Agric. Food. Chem, 51: 4782-4787.

Archive of SID

www.SID.ir